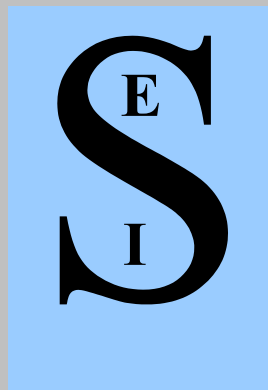


**BERICHT DER HERBSTTAGUNG DER  
STUDIENGRUPPE FÜR ELEKTRONISCHE INSTRUMENTIERUNG**

23. bis 25. September 2002

Johann Wolfgang Goethe-Universität

**INSTITUT FÜR KERNPHYSIK FRANKFURT**



**BERICHT DER HERBSTTAGUNG DER  
STUDIENGRUPPE FÜR ELEKTRONISCHE INSTRUMENTIERUNG**

**23. BIS 25. SEPTEMBER 2002,**

Johann Wolfgang Goethe-Universität

**INSTITUT FÜR KERNPHYSIK FRANKFURT**

**S  
E  
I**

**Herausgeber: Dr.-Ing. F. Wulf  
HMI-B 589 Berlin, September 2002**

**ISSN 1438-496**



Teilnehmer der SEI-Herbsttagung 2002, Institut für Kernphysik in Frankfurt

## S

### Teilnehmerliste

Badura, Dr. Eugen	GSI Darmstadt
Arnold, Wolfgang	Universität Frankfurt
Balzer, Matthias	FZ Karlsruhe IPE
Becker, Heinz	HMI, Berlin
Bonnes, Uwe	TU Darmstadt
Borutta, Dr. Hans	TÜV Thüringen
Chevalley, Raymond	Acqiris Deutschland
Drochner, Dr. Matthias	FZ Jülich
Ehret, Dr. Günter	FZ Karlsruhe IPE
Graefe, Hans-Jürgen	T-Systems S+R GmbH
Hürttlen, Werner	FZ Jülich
Jagutzki, Ottmar	Universität Frankfurt
Jainsch, Roland	FZ Rossendorf
Köhler, Erwin	Universität Frankfurt
Meisel, Dr. Ulrich	HMI, Berlin
Meyer, Dr. Ullrich	DESY-Zeuthen
Müller, Dr. Klaus	FZ Jülich
Muentz, Dr. Christian	GSI Darmstadt
Namaschk, Dr. Bernhard	HMI, Berlin
Notz, Dr. Dieter	DESY Hamburg
Naparty, Dirk	HMI, Berlin
Nowack, Dr. Gerd	Ruhr-Universität Bochum
Probst, Klaus	MEN Mikro Elektronik GmbH
Przybilla, Waldemar	HMI, Berlin
Rausch, Rainer	FZ Jülich
Renfordt, Dr. G.	Universität Frankfurt
Richter, Günter	HMI, Berlin
Richter, Dr. Mathias	GSI Darmstadt
Rüschmann, Gustav	Universität Frankfurt
Schweitzer, Christian	T-Systems S+R GmbH
Spelthann, H.D.	Acqiris Deutschland
Stolper, Matthias	DESY Hamburg
Urban, M.	Universität Frankfurt
von Hünerbein, Dr. Karen	Zoologisches Institut d. J.W.G. Uni
Winkelkemper, Dr. Wolfgang	WTM Elektronik GmbH
Wulf, Dr. Friedrich	HMI, Berlin
Wüstner, Dr. Peter	FZ Jülich
Zillikens, Hans-Peter	FZ Jülich

# S

## Vorträge

	<b>Seite</b>
<b>Begrüßung und Organisatorisches</b> Dr. Friedrich Wulf (HMI)	I 1
<b>Die Auslese-Elektronik für die TPC des Alice-Experimentes am CERN</b> Dr. R. Renfordt (IKF)	26
<b>Planung und Entwicklung des Tests der Auslese-Elektronik für die TPC des Alice-Experimentes</b> G.W. Rüschemann (IKF)	48
<b>Pulssystem für die TPC am Alice-Experiment (FPGA-basierter Pulsgenerator und Verteilersystem)</b> E. Köhler, G.W. Rüschemann, M. Urban (IKF)	62
<b>Orts- und zeitaufgelöster Teilchenschauernachweis mit Micro-Channel-Plate Detektoren</b> Ottmar Jagutzki, Till Janke (IKF)	63
<b>Technisches Konzept und Eigenschaften des GPS Flugschreibers für Brieftauben</b> Dr. Karen von Hünerbein (Zoologisches Institut der Johann Wolfgang Goethe Uni)	88
<b>Zuverlässigkeitstheorie</b> Dieter Notz (DESY Hamburg)	103
<b>Duale Schaltungen für die Kurzzeitmessung</b> G. Nowack (Ruhr-Universität Bochum)	112
<b>Acqiris: Profile und Produkte</b> D. Spelthann (Acqiris)	114
<b>Flexible und kostengünstige Instrumentierung mit PXI</b> K. Probst (MEN Mikro Elektronik GMBH)	135
<b>Präzisionsmessung an einem Josephson-Spannungsnormale</b> Dr. Hans Borutta (TÜV Thüringen)	152
<b>Neue Technologien im Bereich der frei programmierbaren Gate Arrays</b> M. Balzer (FZK IPE)	162
<b>Messdatenerfassung zur Zyklisierung von Batteriesystemen</b> W. Przybilla (HMI Berlin)	183
<b>Datenerfassung mit LabWindows CVI am Elektronenbeschleuniger ELBE</b> R. Jainsch (FZR)	183



## Vorträge

	<b>Seite</b>
<b>Neue Generation der Bussysteme</b> M. Drochner (FZJ)	<b>186</b>
<b>ITC-Services für die Wissenschaft</b> Christian Schweitzer (T-Systems Solution for Research GmbH)	<b>206</b>



Beginn der Tagung im Hörsaal

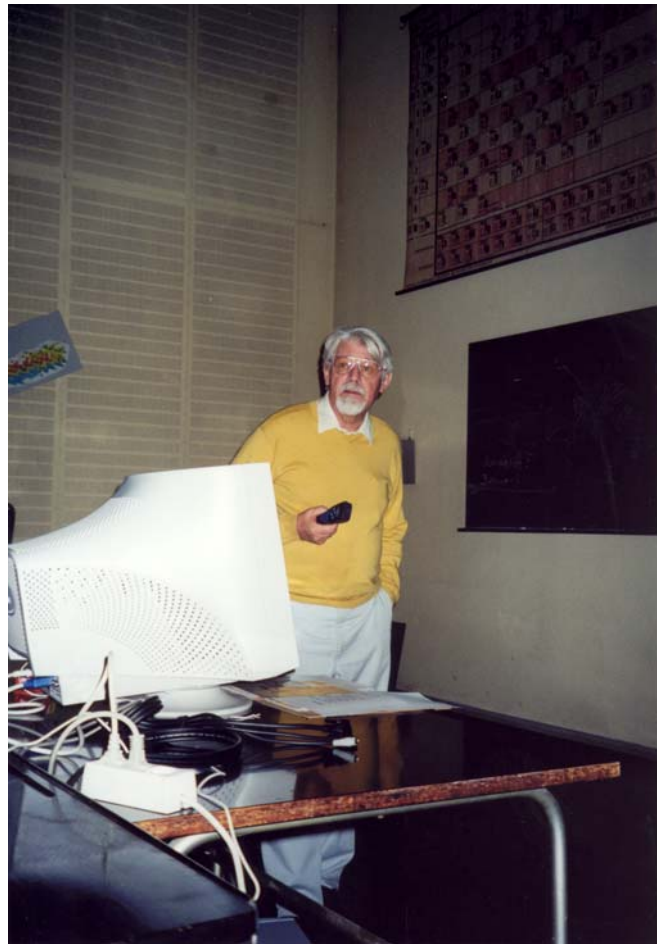


F. Wulf und G.W. Rüschemann

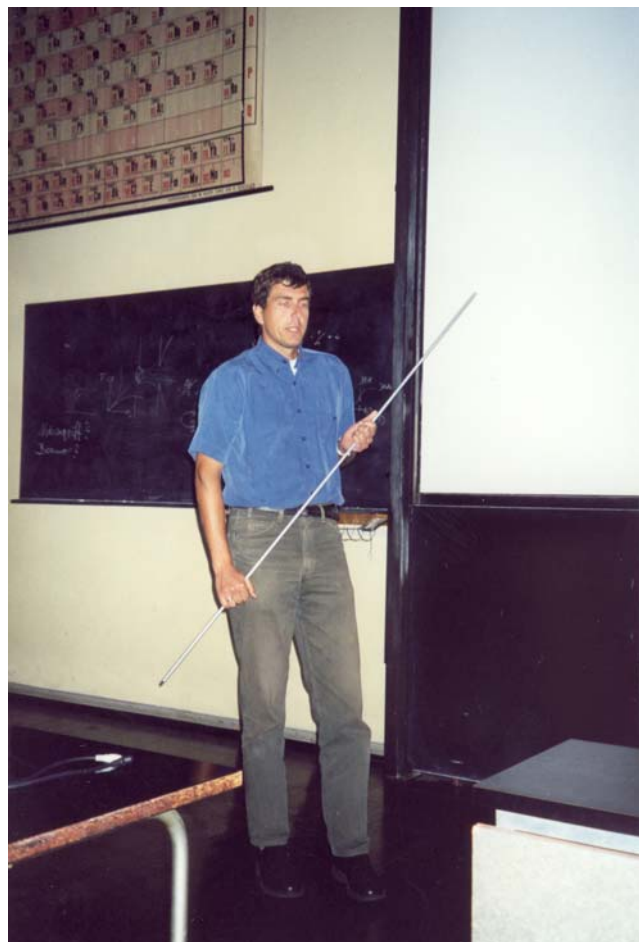


Dr. R. Renfordt





G. W. Rüschemann



O. Jagutzki



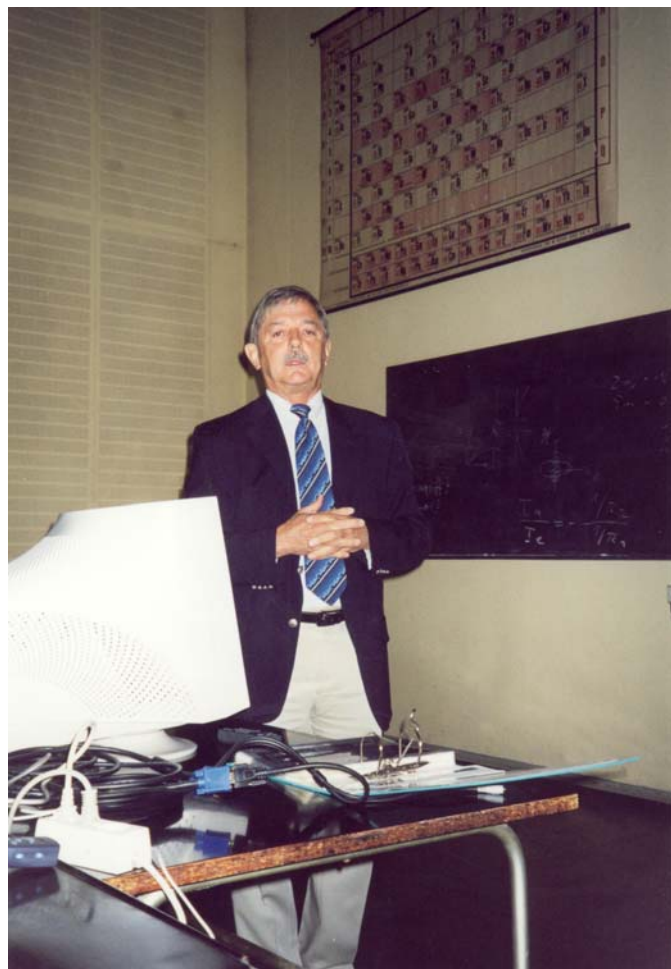
Dr. K. von Hühnerbein



Dr. D. Notz VIII



Dr. G. Nowack



R. Chevalley

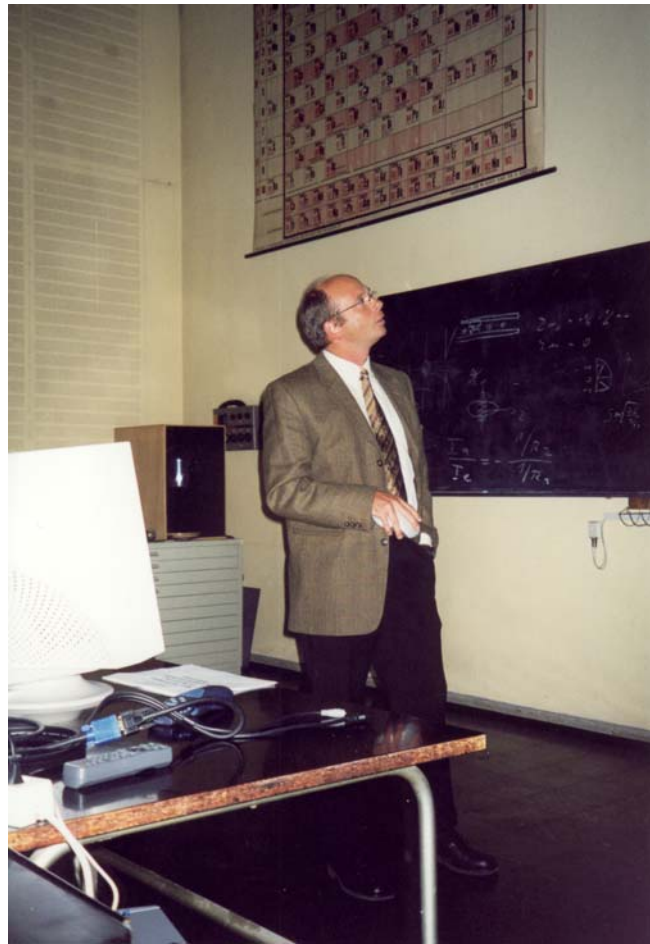


K. Probst



Dr. H. Borutta

x

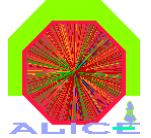


M. Balzer





# Die Ausleseelektronik für die TPC des Alice Experiments am CERN



Rainer Renfordt (IKF)

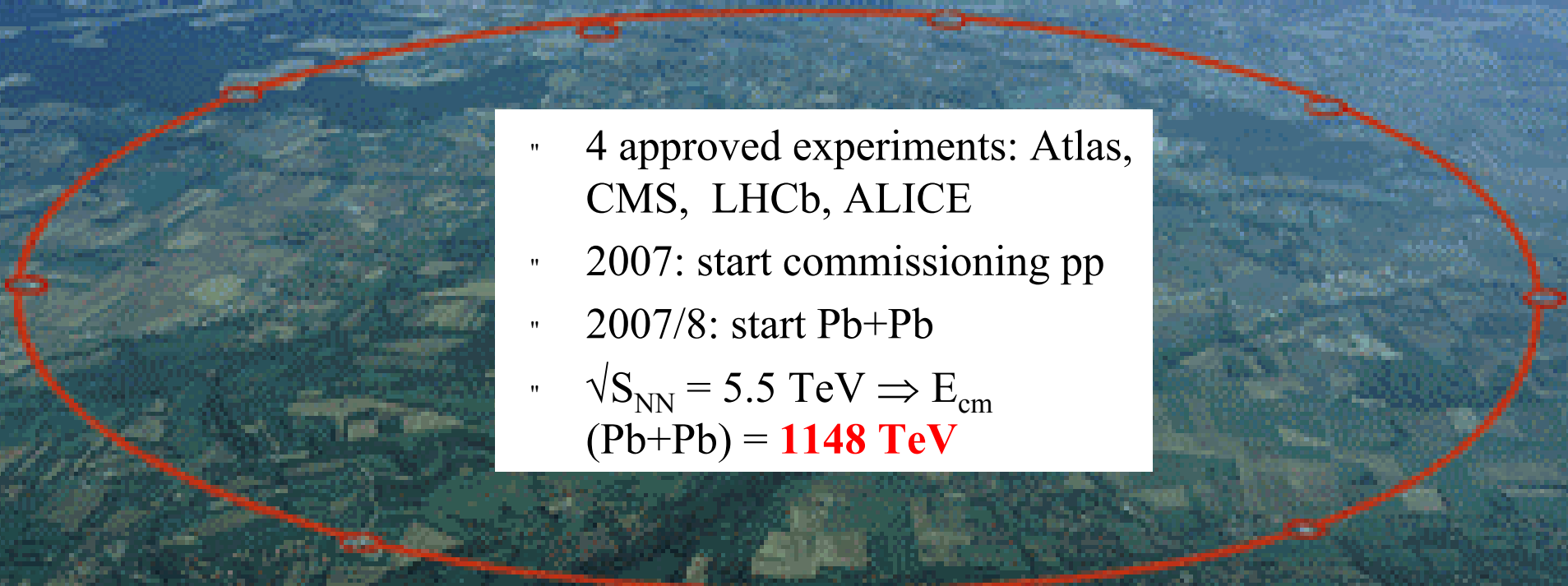
## Alice Experiment

- allgemein
- TPC

### " Auslese:

- Preamplifier/Shaper: PASA
  - ADC/digital processor: ALTRO
  - Readout Control Unit: RCU
- } *Front End Card: FEC*

## Aussicht

- 
- " 4 approved experiments: Atlas, CMS, LHCb, ALICE
  - " 2007: start commissioning pp
  - " 2007/8: start Pb+Pb
  - "  $\sqrt{s_{NN}} = 5.5 \text{ TeV} \Rightarrow E_{\text{cm}}$   
(Pb+Pb) = **1148 TeV**

# Alice Setup

RICH

L3-Magnet

PMD

PHOS

TOF

TRD

TPC

ITS

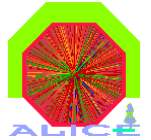
$\mu$ -ARM

- 
- 1• L3 MAGNET
  - 2• HMPID
  - 3• TOF
  - 4• DIPOLE MAGNET
  - 5• MUON FILTER
  - 6• TRACKING DETECTOR
  - 6• TRIGGER CLUSTER
  - 7• ABSORBER
  - 8• TPC
  - 9• PHOS
  - 10• ITS





# ALICE Experiment am Large Hadron Collider des CERN



(A Large Ion Collider Experiment)

SEI-Herbsttagung, 23. - 25.9.2002

4

Institut für Kernphysik Frankfurt

Pb + Pb (Ca + Ca, p + p) Kollisionen bei  $\sim 5.5$  TeV Schwerpunktsenergie  
(NA49:  $\sim 17$  GeV, STAR:  $\sim 200$  GeV)

Studium der nicht-perturbativen Aspekte der QCD

Deconfinement

Wiederherstellung der chiralen Symmetrie

durch Erzeugung ausgedehnter Volumina von stark wechselwirkender Materie  
bei hoher Dichte und hoher Temperatur

Observable:

Hadronen: Impuls, Identifikation(dE/dx, TOF)  
sek. Vertices (Hyperonen, Charm)

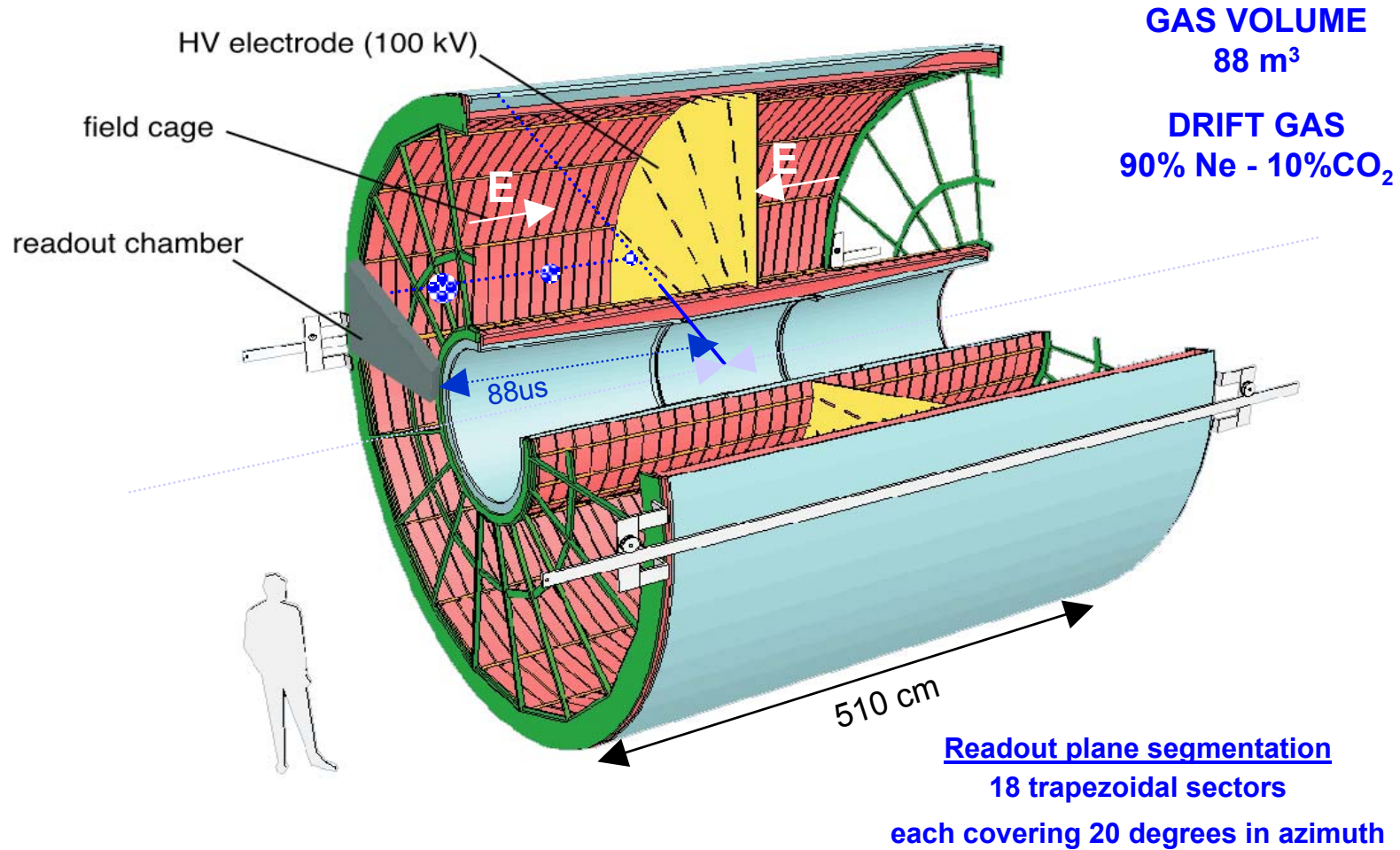
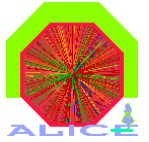
Myonen: Forwärts Myonen Spektrometer

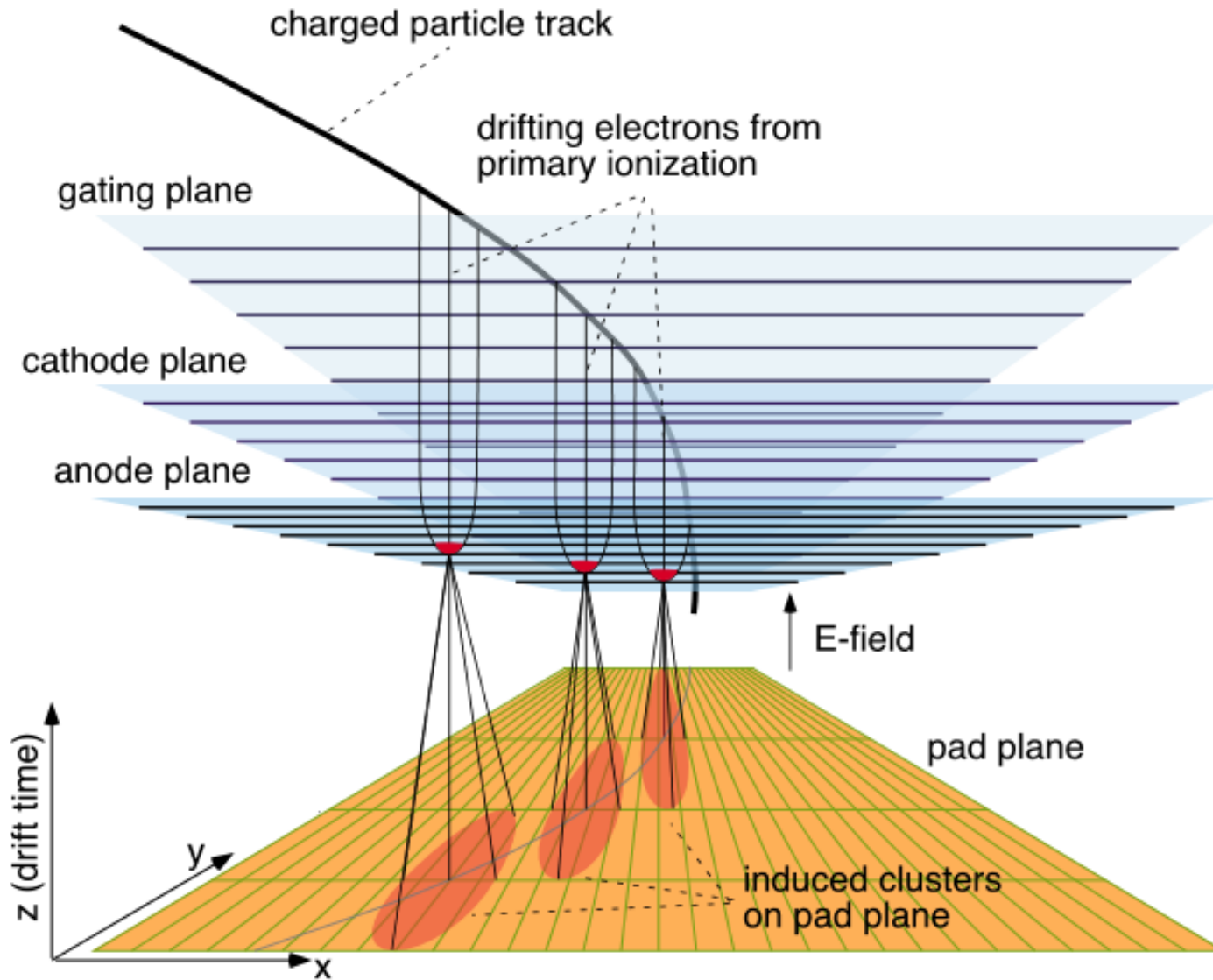
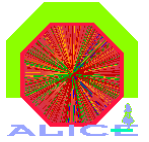
Elektronen: Impuls, Identifikation (dE/dx, TRD)

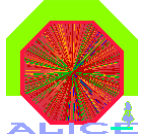
Photonen: Kalorimeter



# ALICE TPC Layout







# Comparison SPC-RHIC-LHC

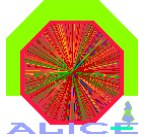
Pb+Pb, central collision ( $b < 0.5$  fm)

	SPS	RHIC	LHC
$E_{\text{cm}}$ [GeV]	17	200	5500
$dN_{\text{ch}}/dy$	500	700	3000 - 8000
$\epsilon_{\text{Bj}}$ [GeV/fm <sup>3</sup> ] <sub><math>\tau_0=1\text{fm}/c</math></sub>	$\sim 2.5$	$\sim 3.5$	15 - 40
$V_{\text{freeze}}$ [fm <sup>3</sup> ]	$\sim 10^3$	$\sim 9 \cdot 10^3$	$\sim 3.7 \cdot 10^4 - 1.0 \cdot 10^5$
$\tau_{\text{QGP}}$ [fm/c]	$< 1$	$\sim 1$	$\sim 4.5-12$

$\Rightarrow$  significant increase in relevant parameters ( $\epsilon$ ,  $V$ ,  $\tau$ ):  
factor 10 from SPS to LHC



# Herausforderungen an die TPC



- ALICE Pb+Pb @  $\sqrt{s_{nn}}=5.5$  TeV
  - ⇒ 6000-16000 geladene Teilchen in der TPC Akzeptanz (+ 30% Untergrund)
  - Problem #1: hohe Spurdichte
  - Problem #2: hohe Spurdichte
  - Problem #3: hohe Spurdichte
    - Raumladungsprobleme: positive Ionen , bis zu  $\sim 2$  mm
    - Stabilität (Entladungen, Funken, Ströme)
    - Beschleunigte Alterung: Ablagerungen auf Drähten und Oberflächen
    - Hohe Besetzungsdichte:
      - Reduzierte Spurfindungseffizienz
      - Reduzierte Auflösung in  $dE/dx$  und Impuls
      - Grosse Anzahl von Auslesekanälen und riesiges Datenvolumen
      - Kosten der Frontend Elektronik ( $\sim$  Zahl der Kanäle)

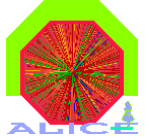


SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

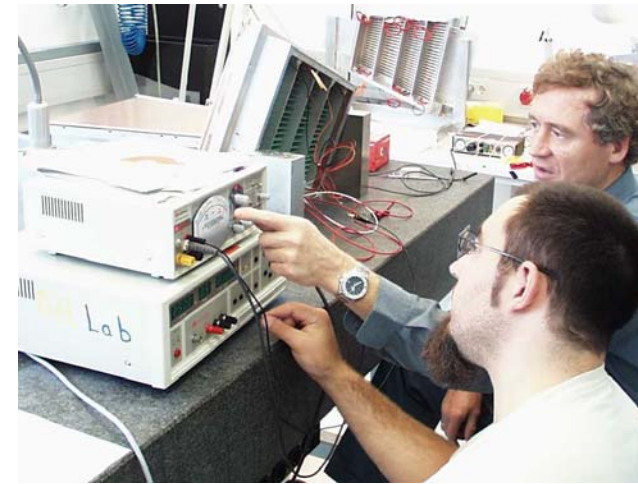
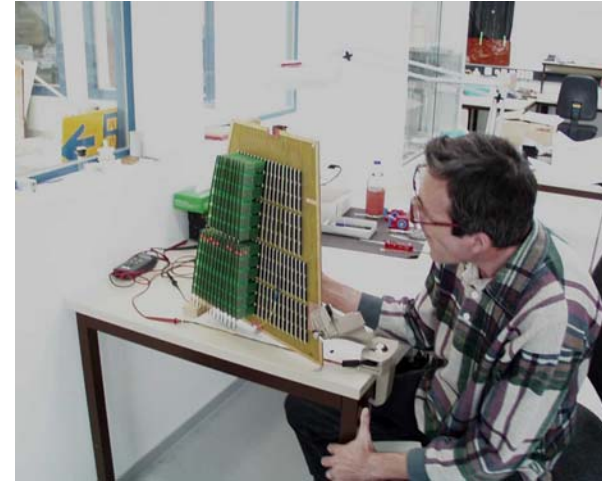
9SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

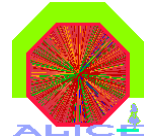
5

# Produktion der Auslesekkammern bei GSI

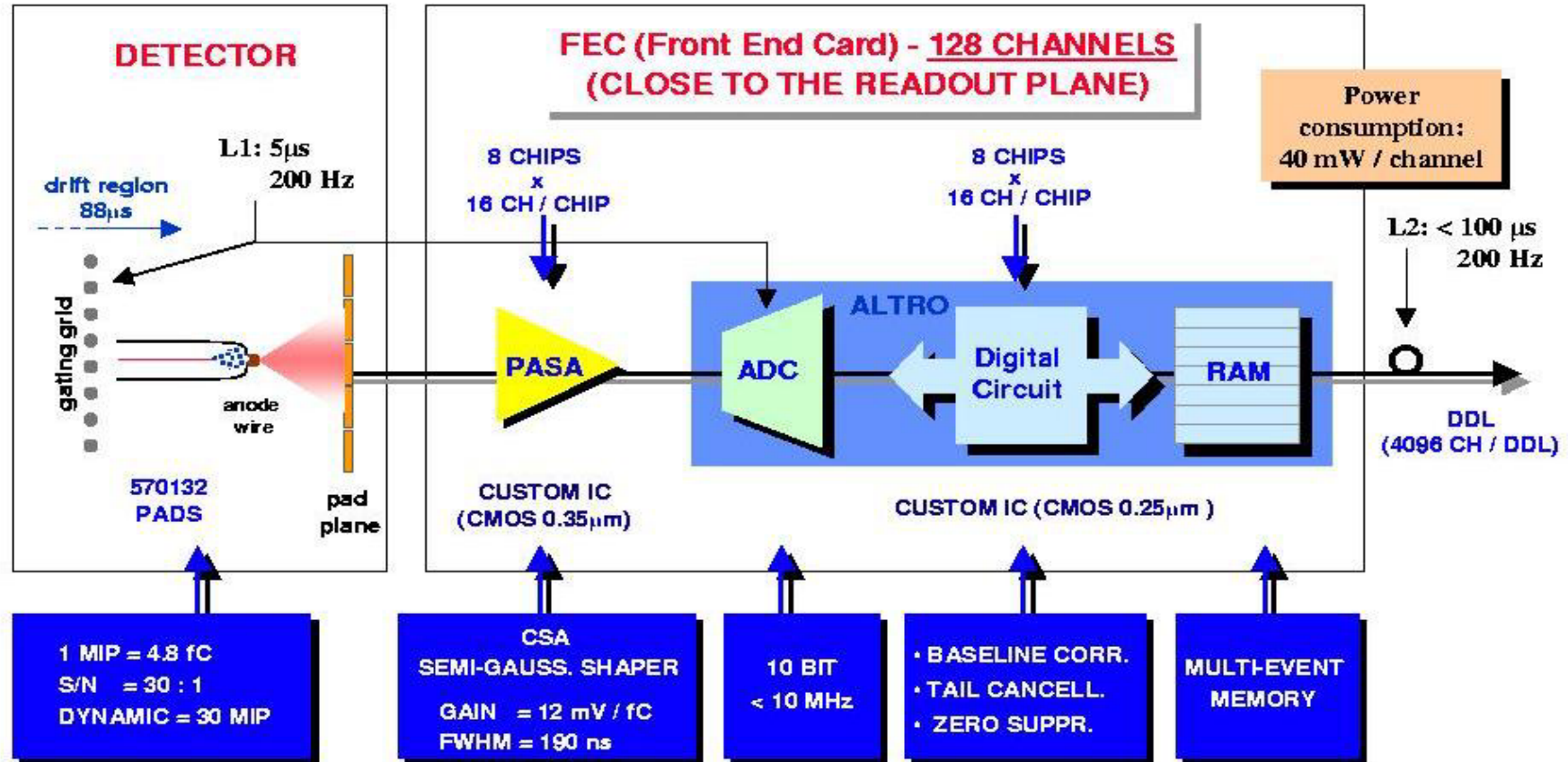


(20 Stück der inneren Auslesekkammern bereits gebaut)





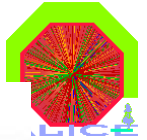
# FEE ARCHITECTURE



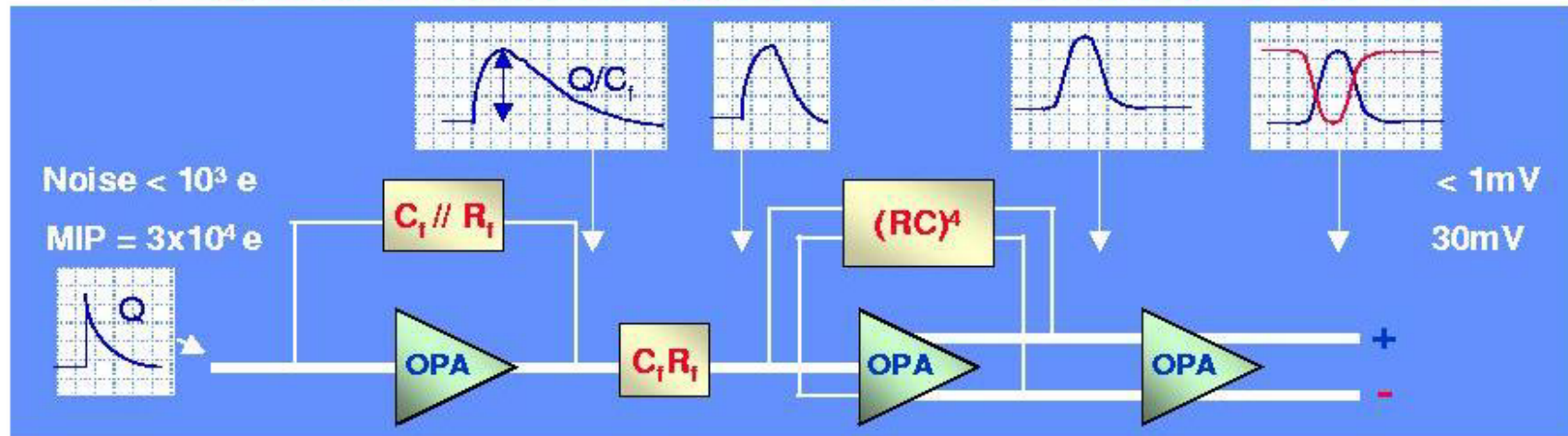
SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

10

Institut für Kernphysik Frankfurt

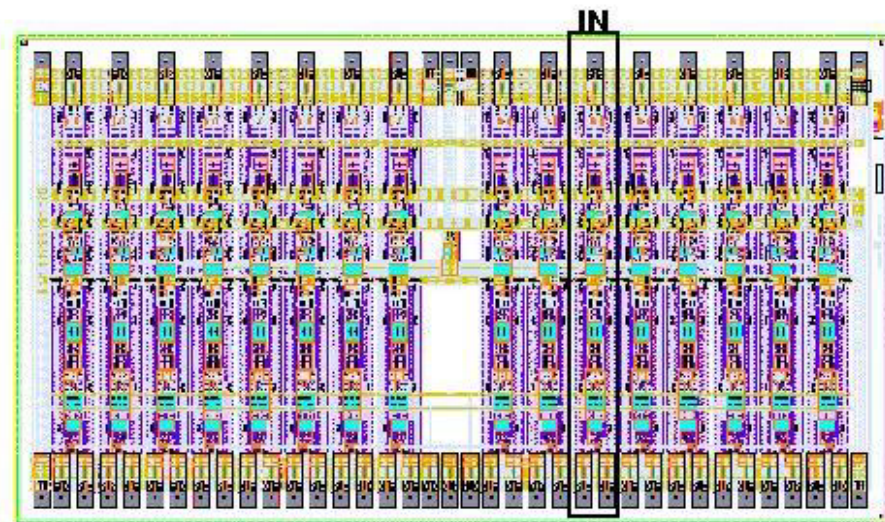


## PRE-AMPLIFIER SHAPING AMPLIFIER (PASA) MAIN FEATURES



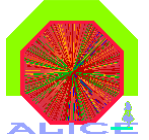
### 16-ch Amplifier / Shaper (PASA)

- ◆ CMOS 0.35  $\mu m$  (AMS)
- ◆ Area: 16.7 mm<sup>2</sup>
- ◆ Power: 12 mW / ch
- ◆ Gain: 12mV / fC
- ◆ Noise: 400 e
- ◆ Crosstalk:  $< 0.4\%$

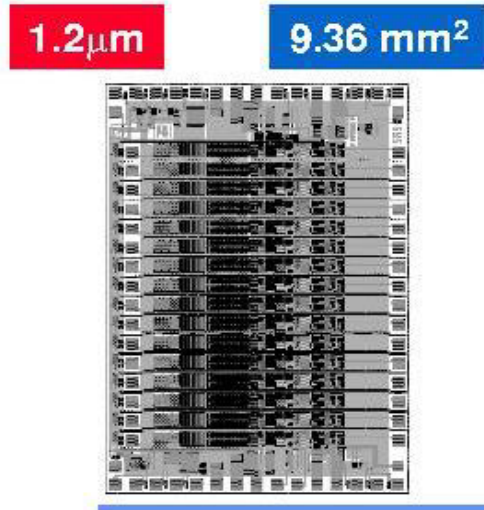


CHIP LAYOUT IN OUT

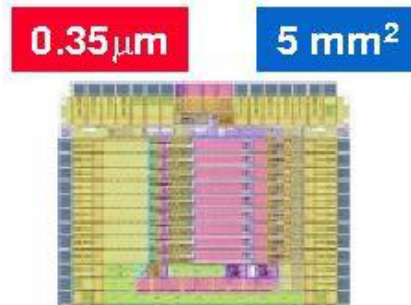




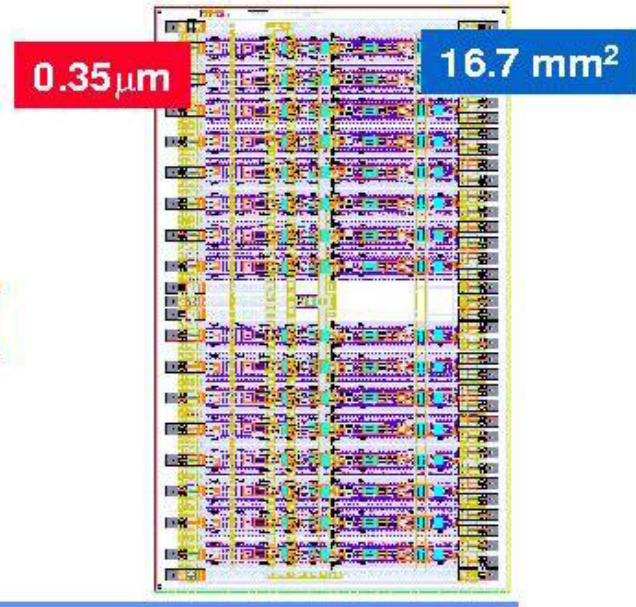
# THE PASA CONTEST



Nr. CH: 16  
**POWER/CH: 47mW**  
 NOISE (12pF): 722 e

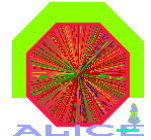


Nr. CH: 9  
 POWER/CH: 7.25mW  
 NOISE (12pF): 670 e



Nr. CH: 16  
 POWER/CH: **12mW**  
 NOISE (12pF): 400 e

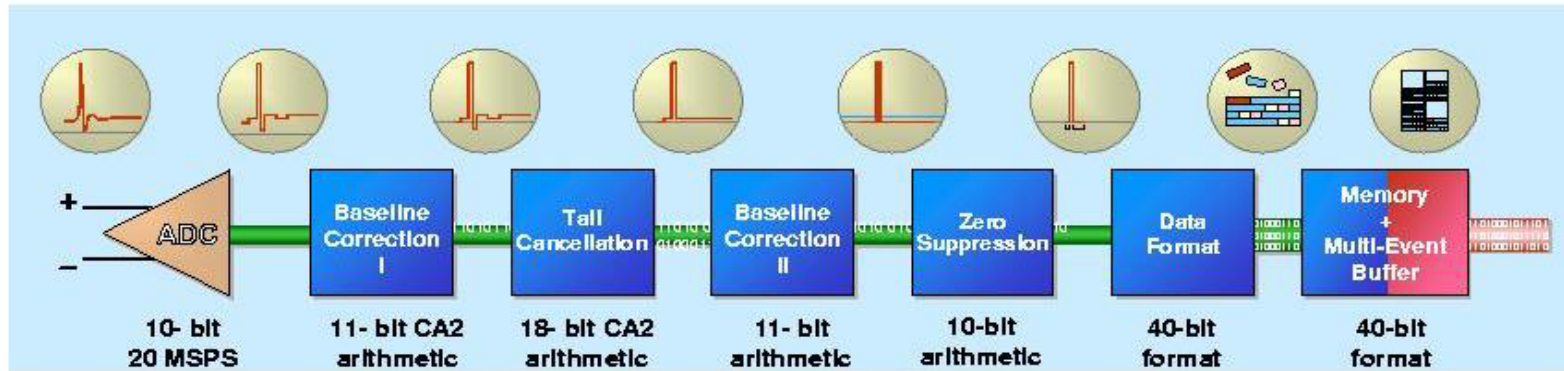




SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

13

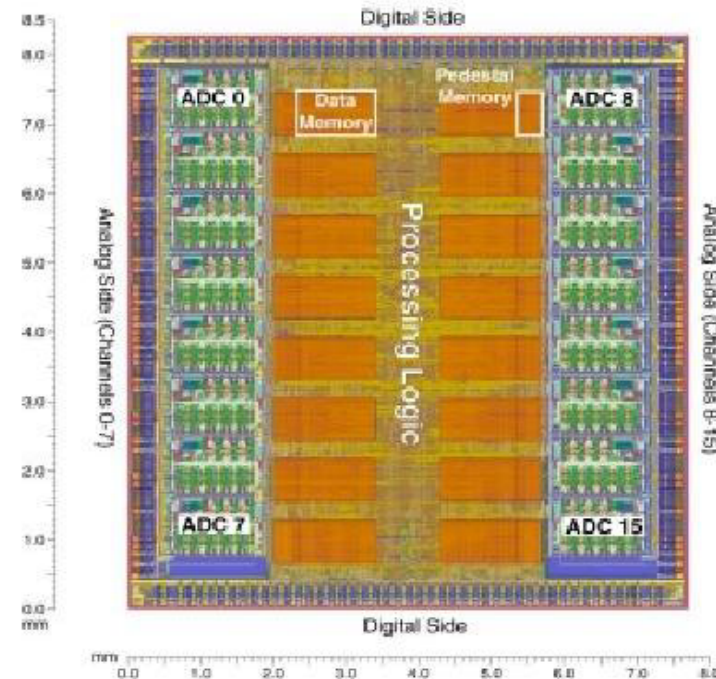
Institut für Kernphysik Frankfurt



- MAX SAMPLING CLOCK 40 MHz
- MAX READOUT CLOCK 60 MHz

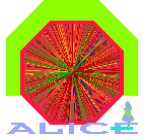
### 16-ch signal digitizer and processor

- ◆ HCMOS7 0.25  $\mu\text{m}$  (ST)
- ◆ area: 64  $\text{mm}^2$
- ◆ power: 16 mW / ch
- ◆ prototype delivery: Feb '02
- ◆ 300 samples fully tested
- ◆ delivery of  $4 \times 10^4$  chips: Dec '02



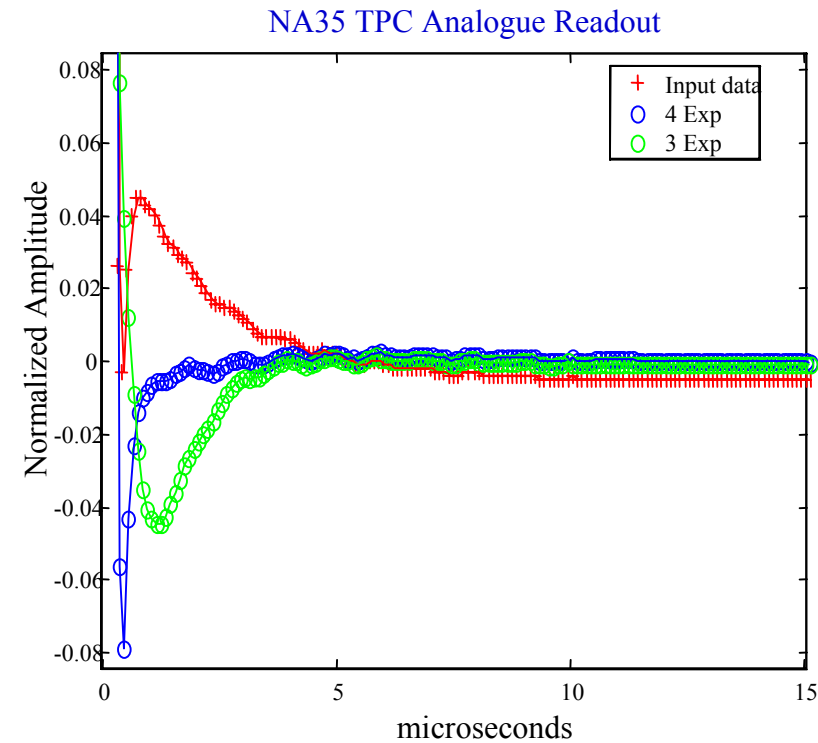
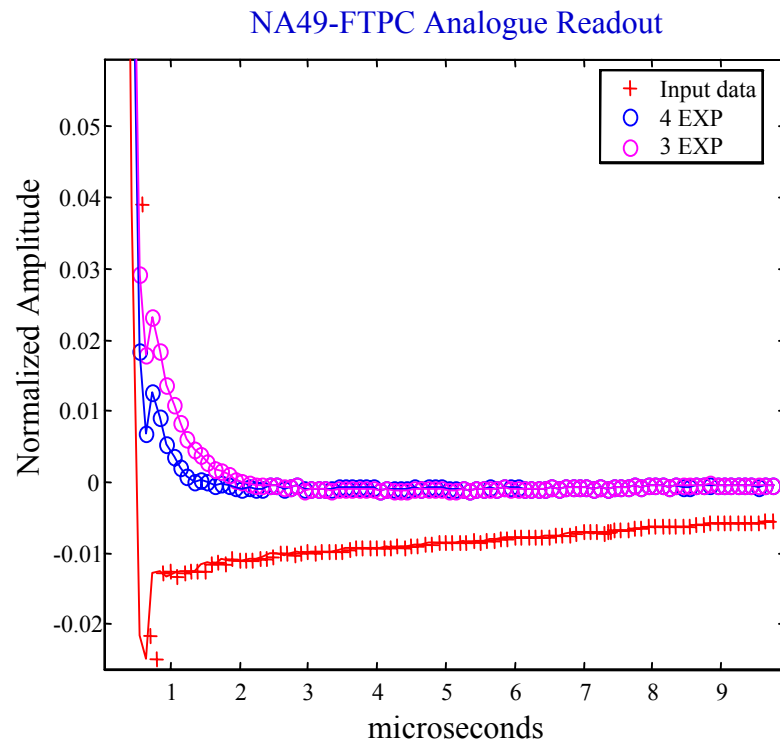


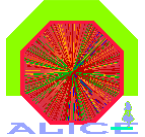
# FEE: Digital Tail Cancellation Filter



- Test of the digital filter with signals from ALICE TPC prototype
  - Two different analogue readout: NA35 PASA, NA49-FTPC PASA
  - Digitization with 10-MHz 10-bit ADC

## Experimental results





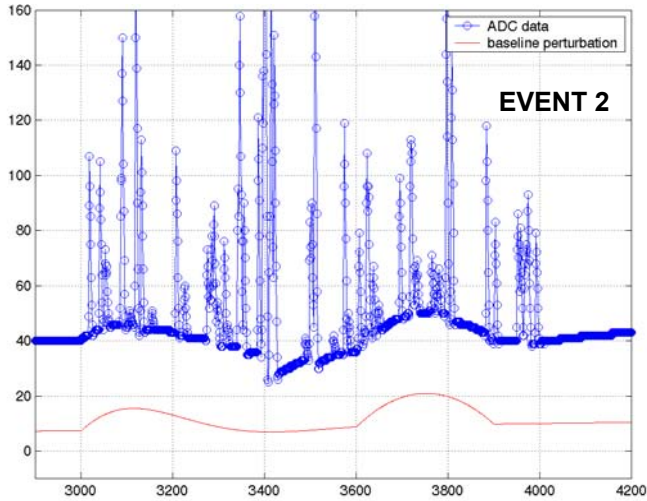
# FRONT-END SIGNAL PROCESSING

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

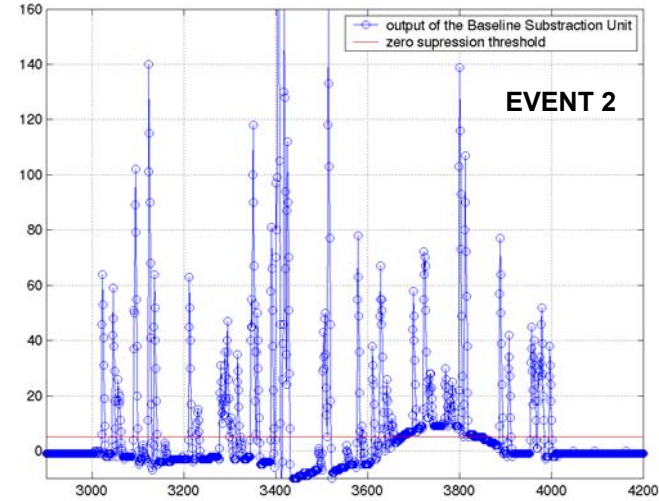
15

Institut für Kernphysik Frankfurt

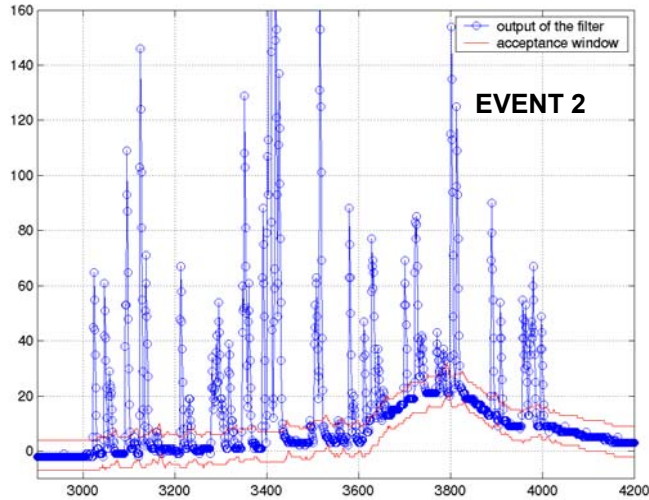
INPUT SIGNAL



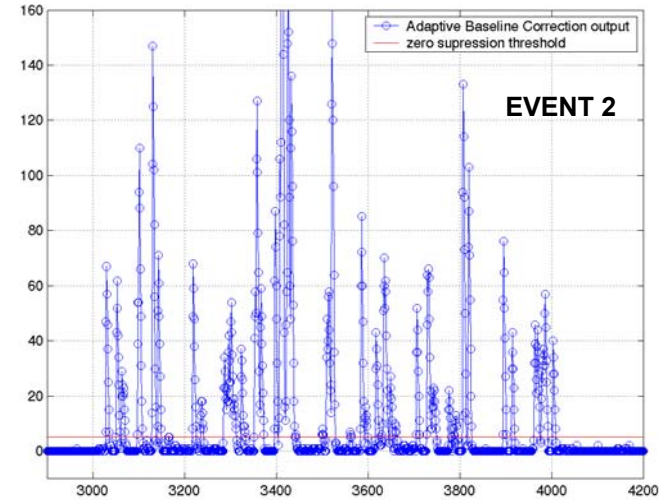
AFTER 1<sup>st</sup> BASELINE CORRECTION

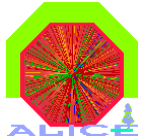


AFTER TAIL CANCELLATION



AFTER 2<sup>nd</sup> BASELINE CORRECTION



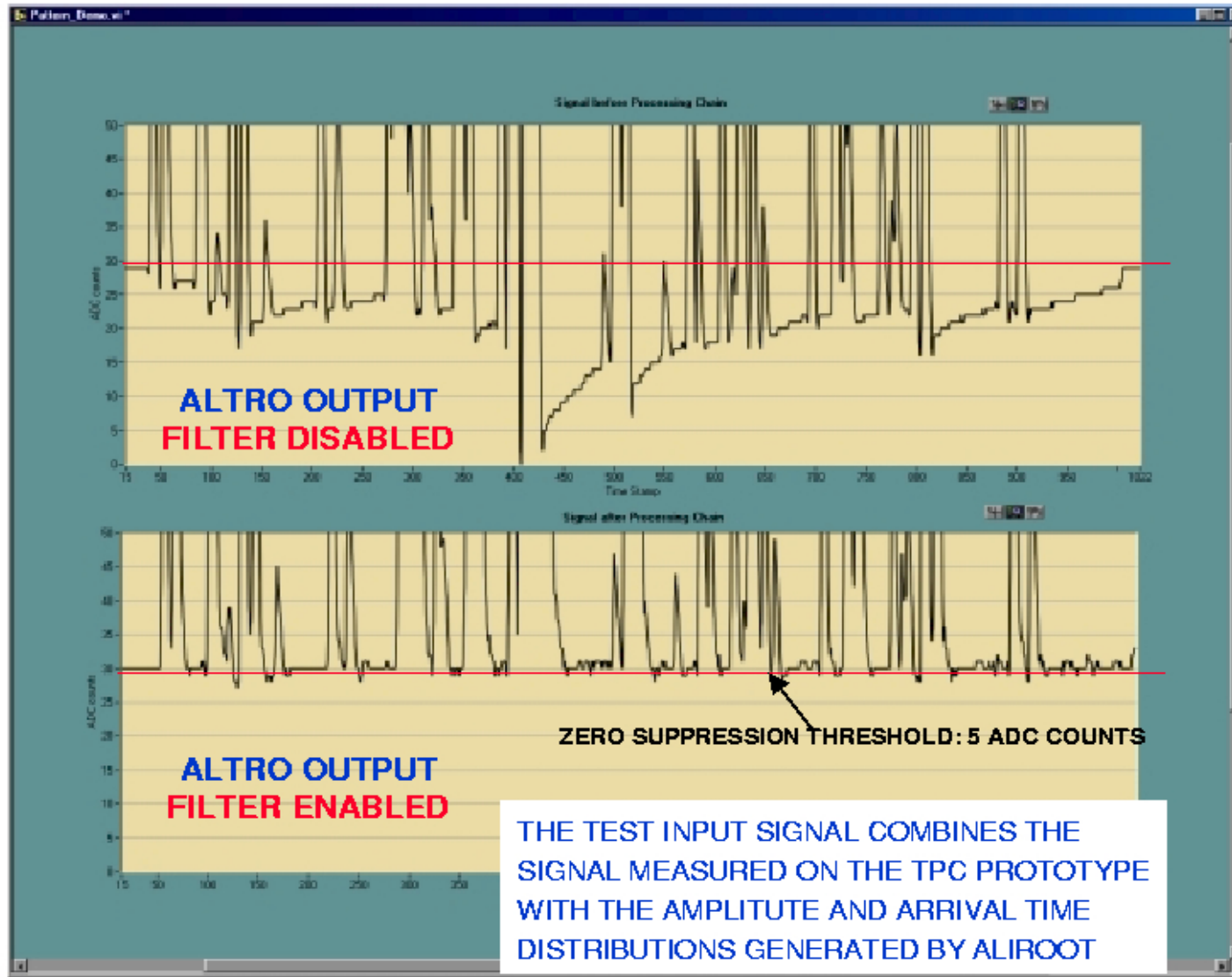


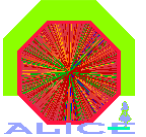
## FUNCTIONAL VALIDATION

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

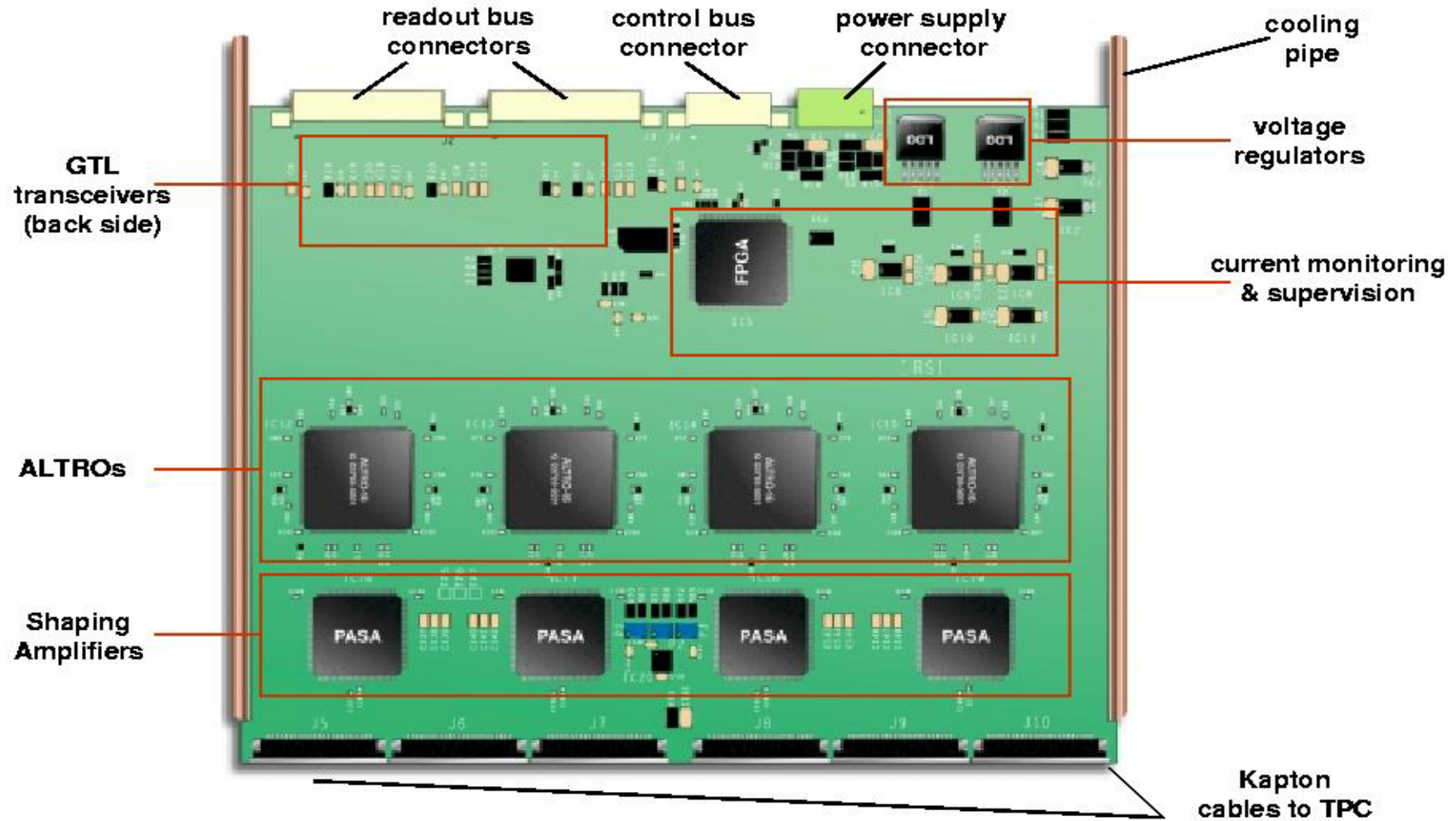
16

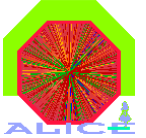
Institut für Kernphysik Frankfurt





# FRONT END CARD ARCHITECTURE (128 CHANNELS)



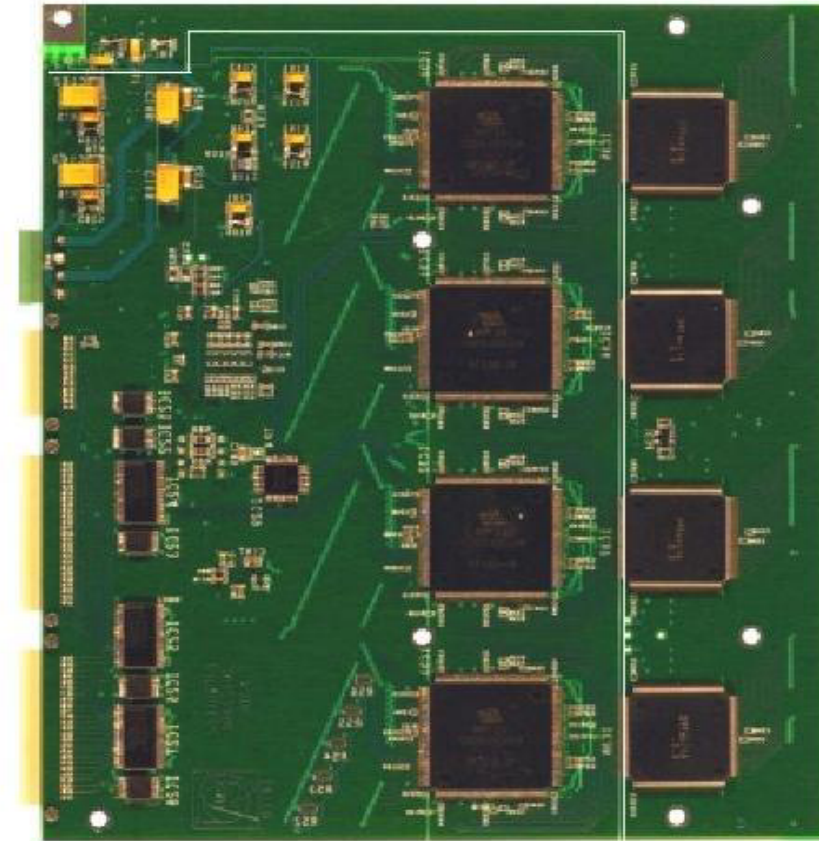
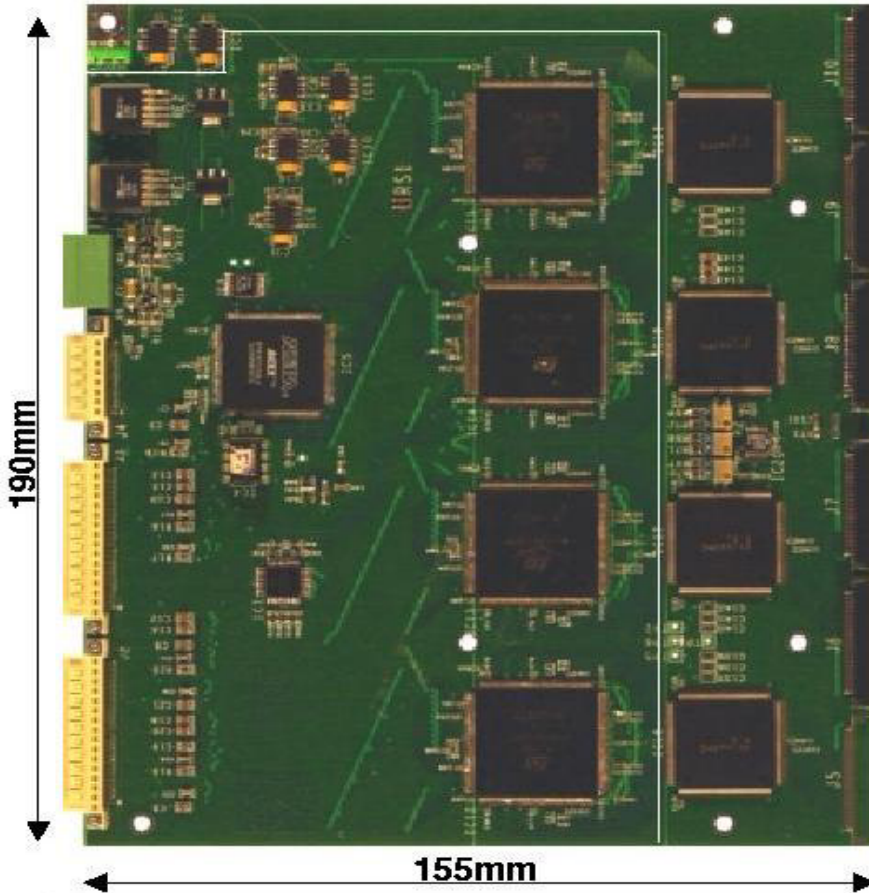


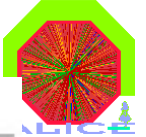
TPC FEE – FRONT END CARD (2/3)

**FRONT END CARD**

TOP SIDE

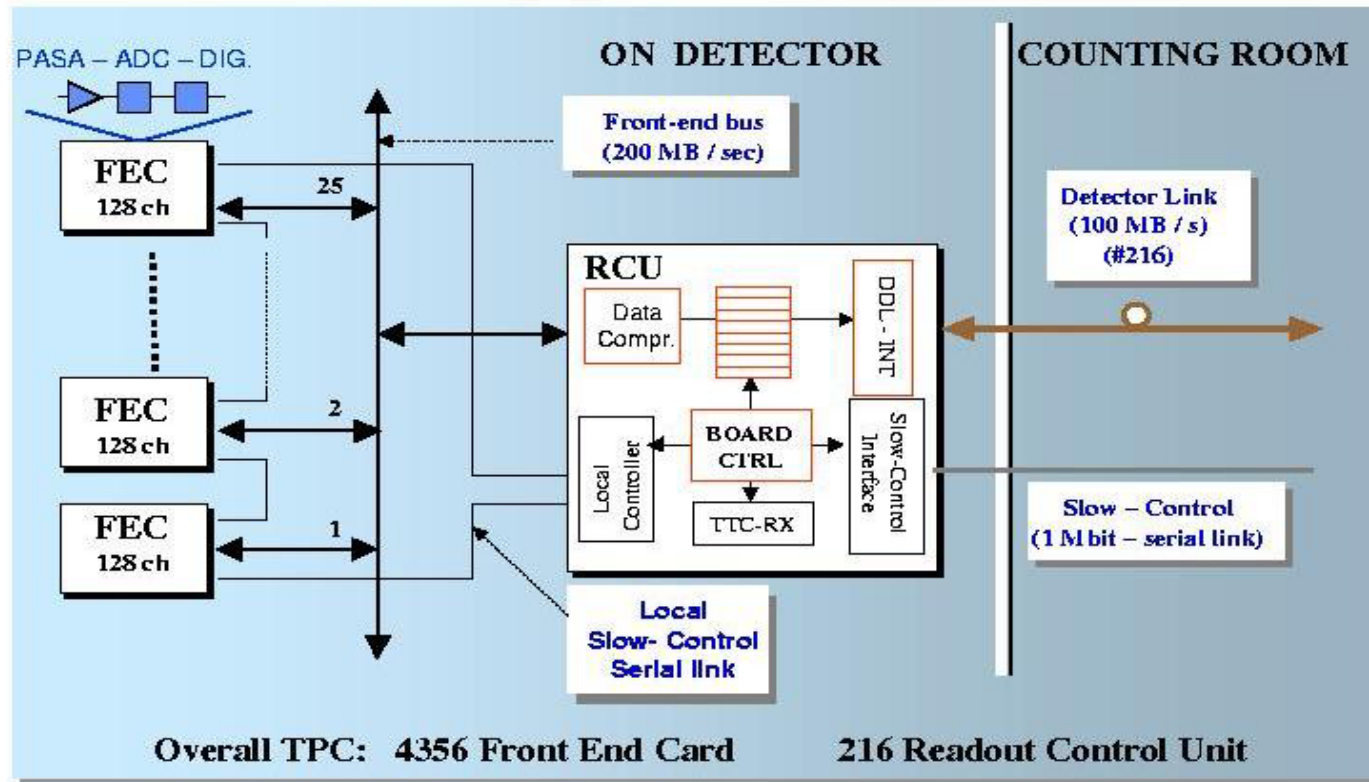
BOTTOM SIDE



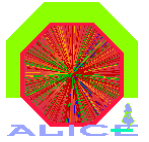


# GLOBAL ARCHITECTURE

Each TPC Sector is served by 6 Readout Subsystems



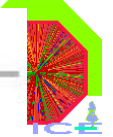




# RCU prototype II - motherboard (Univ. Bergen + Oslo)



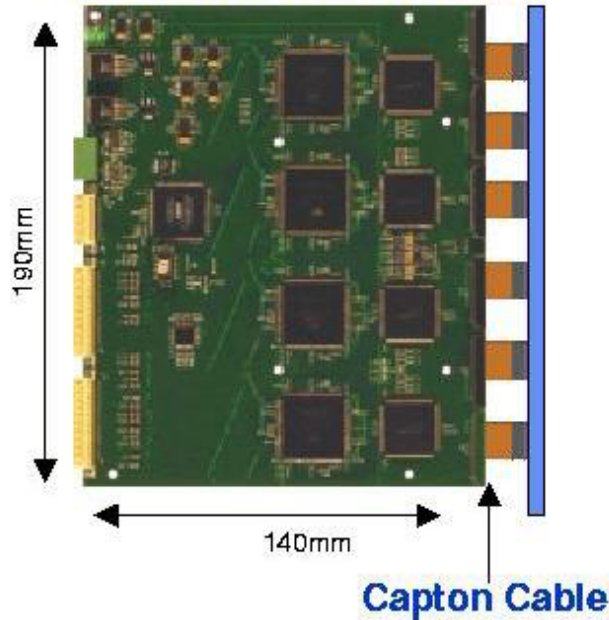
107 mm X 314 mm



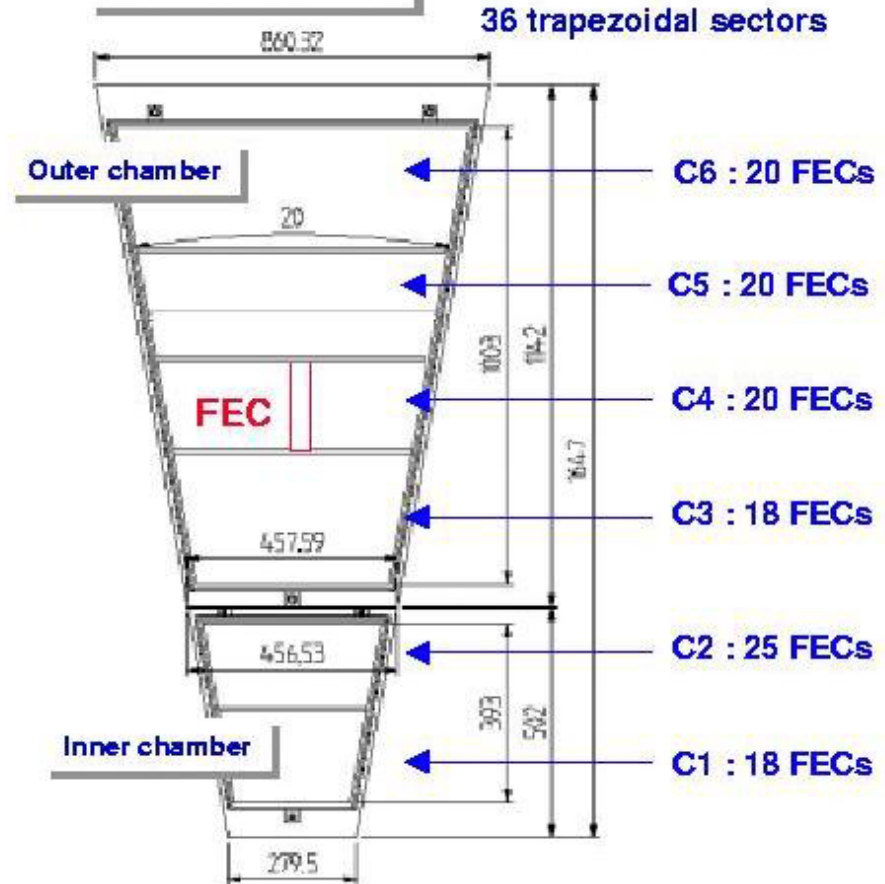
# MOUNTING

## SIDE VIEW

128 channels  
Front End Card (FEC)

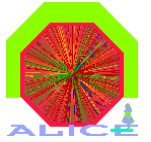


## FRONT VIEW



### FEE POWER:

- ◆ CHANNEL: 40 mW
- ◆ BOARD: 6.9 W
- ◆ SECTOR: 832 W
- ◆ TOTAL: 30.2 KW



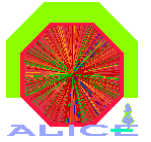
## Datenrate TPC:

$570.000 \text{ pads} \times 512 \text{ time bins} \times 10 \text{ bits} = 292 \text{ Mbytes Rohdaten}$

Füllfaktor (occupancy)  $\sim 25\%$ :  $\text{---} \rightarrow \sim 72 \text{ Mbytes (ohne Nullen)}$

$\times 200 \text{ Ereignisse/s} \text{ ---} \rightarrow 14 \text{ Gbytes/s}$

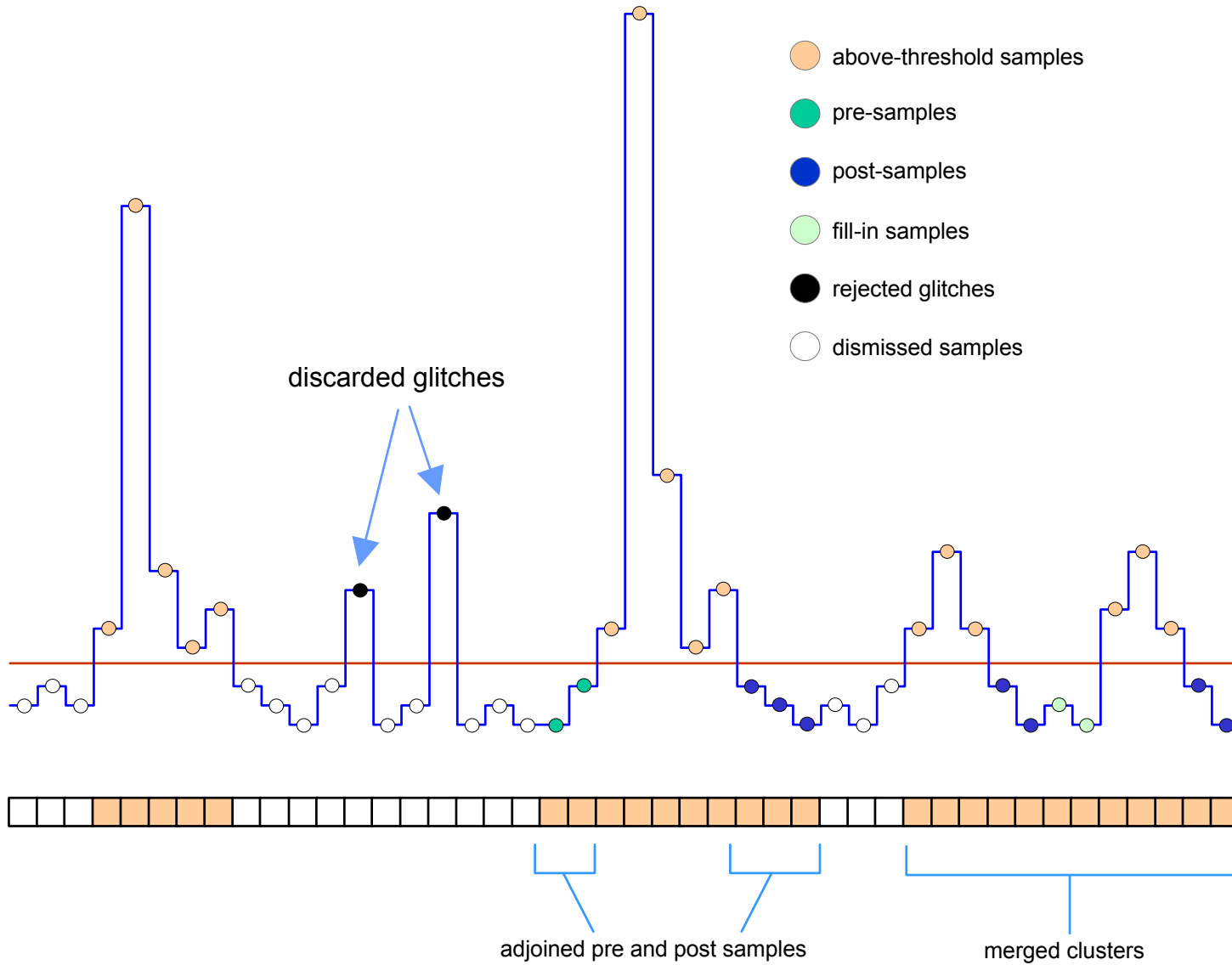
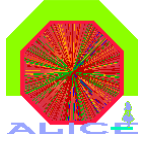
Max Schreibgeschwindigkeit auf Magnetband:  $1,3 \text{ Gbytes/s}$   
 $\text{--} \rightarrow$  Reduktion durch **High Level Trigger** notwendig

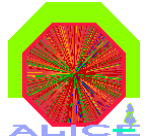


# Ausblick:

Im nächsten Jahr zu testen:

- 40,000 PASA Chips
- 40,000 ALTRO Chips
- 4,500 FECs
- 230 RCUs



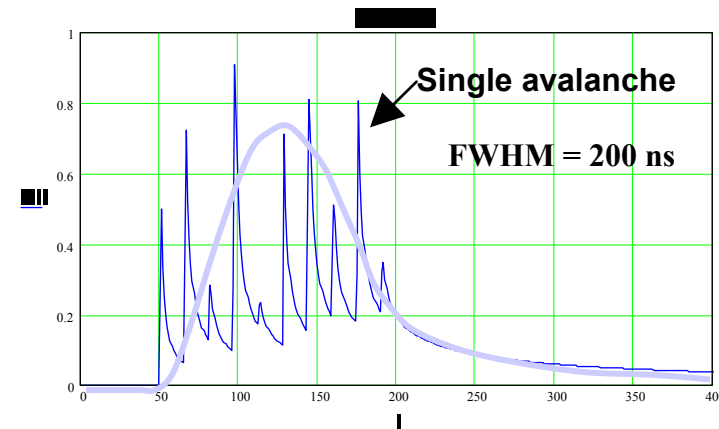


# HOW TO MEASURE IN A HIGH TRACH / CLUSTER DENSITY?

" Z (time direction): fewer time bins

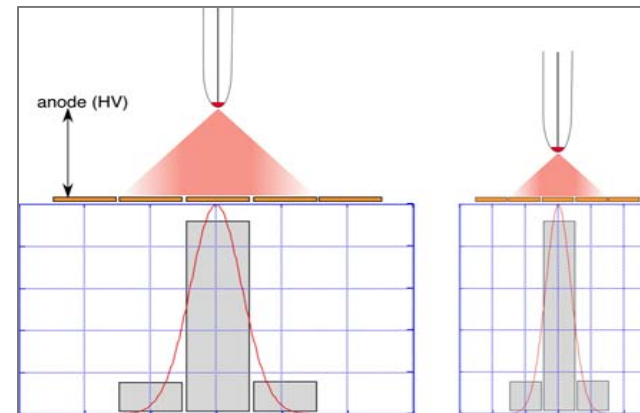
- limitations:**
- signal/noise gets critical for  $t_{FWHM} < 200$  ns**
- temporal signal is diffusion limited**

**oversampling**



" R- $\phi$  (pad direction): smaller pads

- limitations:**
- # of channels (cost!)**
- HV-GND gets critial**
- PRF is diffusion limited**
- for a given pad area optimize aspect ratio**
- minimize diffusion:  cold gas , use high drift field**



Planung und Entwicklung des Tests der Ausleseelektronik für die TPC des ALICE Experimentes.

G.W.Rüschmann , Bialas, E.Köhler ,Dr.R. Renfordt, M.Urban

Für die Ausleseelektronik der TPC am ALICE Experiment sind sehr umfangreiche Tests vorgesehen. An der Planung, Entwicklung und Durchführung dieser Prüfungen ist die Gruppe des Institutes für Kernphysik in Frankfurt maßgeblich beteiligt.

Die geplante TPC wird ca. 570 000 Meßkanäle haben, deren Komponenten nach dem Einbau nur noch schwer zugänglich sein werden. Während des Experimentbetriebes kann der Bereich des Detektors gar nicht betreten werden. Die Betriebssicherheit der verwendeten Komponenten ist daher soweit wie möglich in der Erstellungsphase zu sichern.

Die Gesamtzahl der Meßkanäle ist aufgeteilt in Gruppen von jeweils 128, die auf einer **Front-End-Card (FEC)** zusammengefasst sind. Für diese Karten sind zwei spezielle ASICS entwickelt worden :

ein Chip **Puls and shaper amplifier (PASA)**

ein Chip **Alice TPC Read Out (ALTRO)**.

Die beiden Bausteine enthalten jeweils 16 eigenständige Messkanäle und sind sorgfältig aufeinander abgestimmt (siehe auch Vortrag von Dr. Renfordt).

Es ergibt sich für die TPC folgender Messaufwand:

Test von Ca. 40 000 PASA-Chips

Test von Ca. 40 000 ALTRO-Chips

Test von Ca. 5 000 FEC

Es ist auch geplant, die Front-End-Cards einige Stunden einem Wärmestress (BURN-IN) auszusetzen. Dieser Vorgang soll in, dem Experiment ähnlichen, Gruppen geschehen.

Die Prüfung muß in mehreren Schritten erfolgen. Im ersten Schritt sind die speziell entwickelten Bausteine zu testen, ihre ordnungsgemäße Funktion festzustellen, ihre Kenndaten zu ermitteln und für die spätere Auswertungen in einer Datenbank zu speichern. Es wird auch angestrebt, die getesteten Bausteine nach gleichen Kenndaten zu selektieren und dies bei der Bestückung der FEC zu berücksichtigen.

Die Planung und Durchführung der Tests an den ALTRO-Bausteinen wird von einer Gruppe in Lund (Schweden) übernommen.

Für die Tests der PASA-Bausteine entwickelt Herr Bonnes von der Kernphysik der TU-Darmstadt einen Teststand. Die Durchführung der Arbeiten soll in Frankfurt erfolgen.

Die Teststände für die *Front-End-Cards* entstehen am IKF in Frankfurt. Dort sollen auch die Tests durchgeführt werden.

Es wird angestrebt, die Bedienung der Teststände so einfach wie möglich zu gestalten, die Ergebnisse automatisch zu sichern und die Selektion der Baugruppen automatisch anzuzeigen.

Die Arbeiten sollen dann von angelernten Kräften ausgeführt werden.

Die Funktionalität der FEC sowohl auf der digitalen als auch auf der analogen Signalseite wird zunächst an der Einzelkarte getestet (siehe Folie 11).

Zum Test des digitalen Teiles der FEC ist geplant, die originale **READOUT CONTROL UNIT (RCU)** zu nutzen, die in Bergen (Schweden) in der Gruppe von Prof. Röhrich entwickelt wird. Für den Analogtest wird in jeden Eingang der FEC über das im IKF entwickelte **Single Source Board (SSB)** eine Ladung eingebracht und das Ergebnis der angestoßenen Messung über den digitalen Teil in den angeschlossenen PC geholt. Mechanisch werden die beiden Karten in einer leicht bedienbaren Vorrichtung zusammengefügt (Folie 18).

Das **SSB** wird von einer Kontrollkarte angesteuert, die neben einem Signalgenerator und einer Messeinrichtung für die Stromaufnahme der FEC die Anpassung an den PC durchführt.

Für System-/ BURN-IN Test wird eine Gruppe von Kombinationen von FEC und SSB zusammengestellt und in einem geschlossenen, temperaturüberwachten Gehäuse mit Zwangsbelüftung betrieben; wobei Kontrollkarte und RCU außerhalb verbleiben (Folie 19). Durch die elektrische Leistung der Karten wird sich das Gehäuses erwärmen und zu gegebener Zeit durch das Zugeschalten der Zwangsbelüftung wieder abgekühlt. Auf diese Weise wird der Wärmestress für die Karten erzeugt. Während der Dauer des Tests sind die Systeme in dauernden Messzyklen auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Die Prüfarbeiten sollen im März des Jahres 2003 beginnen und bis ca. Mitte des Jahres 2004 abgeschlossen sein.

Entsprechend der Experimentplanung ist es nötig, einen Teil der Testeinrichtungen für die Dauer des Experimentes betriebsfähig zu halten. Leider ist nicht davon auszugehen, dass die verwendeten Bauteile für diese Zeit im Markt verfügbar bleiben werden. Dies bedeutet: Für die gesamte Zeit sind die verwendeten Bauteile vorzuhalten!



# **Planung und Entwicklung des Tests der Ausleseelektronik für die TPC des Alice-Experiments**

G.W. Rüschemann, Bialas, E. Köhler, Dr. Renfordt, M. Urban (IKF)

## **Übersicht**

- Motivation zu den Tests**
- Testaufgaben**
- Umfang der Testaufgaben**
  - Organisatorische Verteilung**
- Front-End-Card Tests**
  - Testeinrichtungen**
- Stand der Entwicklungen**

## Motivation

- Komponenten sind nach dem Einbau  
nur schwer oder gar nicht zu erreichen**
- Austausch einzelner Komponenten  
während des Betriebes unmöglich  
in Betriebspausen nur sehr bedingt möglich**
- daher ist unbedingt nötig, die Betriebssicherheit  
aller Komponenten vor der Verwendung zu  
überprüfen und sicherzustellen.**

# Testaufgaben

## Test der Einzelbausteine

- Prüfung auf einwandfrei Funktion
- Ermittlung von Kenndaten
- Selektierung nach ähnlichen Kenndaten
- Einsortieren in Gruppen als Vorbereitung für die Bestückung

# Testaufgaben

## Test Front-End-Card (FEC)

### Einzelkarten

#### **Prüfung :**

**einwandfreie Verarbeitung**

**Funktion des Read-Out- Controll (RCU)  
Anschlusses**

**Einwandfreie Signalumwandlung und –  
Verarbeitung**

**Ermitteln von Kenndaten und deren  
Speicherung in einer Datei**

**Selektieren in Gruppen ähnlicher  
Kenndaten**

### Systemtest

**Burn in einer Gruppe von FEC in  
mehreren Temperaturzyklen**

**Test der Zusammenarbeit von bis zu  
30 FEC an einer RCU**

## Umfang der Testaufgaben

### Anzahl der Komponenten:

**Gesamte TPC : 570 132 Meßkanäle**

**128 Kanäle auf einer Front End Card (FEC)  
zusammengefaßt bedeutet:**

**570132/128 ~ 4455 d.h ca 4500 FEC**

**2 speziell entwickelte Bausteine**

**PASA-Chip (Puls and shaper amplifier)**

**ALTRO-Chip (Alice TPC Read Out)**

**erfassen je 16 Meßkanäle**

**Je Baustein  $4500 * 128 / 16 = 36000$  Chips**

**Tests sind durch-  
zuführen an:**

**Ca 5000 FEC**

**Ca 40.000 PASA**

**Ca 40.000 ALTRO**

**Ca 500 BURN-IN  
Läufe mit je 10 FEC  
sind durch-zuführen.**

## Nötige Testeinrichtungen

**Testplatz für den Test des ALTRO-Chip**

**Testplatz für den Test des PASA-Chip**

**Testplatz für den Test der FEC**

**Systemtestplatz für BURN IN**

**Fortsetzung**

**Umfang Test-  
aufgaben**

## Durchführung

**Bedienung durch angelernte Kräfte**

**Automatische Abwicklung des Prüf-vorganges**

**Automatische Erfassung des Ergebnisses**

**Automatische Selektierung**

## Organisatorische Verteilung

### ALTRO-Chip :

**Planung, Entwicklung der Teststationen und  
Durchführung der Tests in Lund (Schweden)**

### PASA-Chip :

**Planung, Entwicklung der Teststation an der Kernphysik  
TU-Darmstadt und Durchführung am IKF in Frankfurt**

### FEC :

**Planung, Entwicklung und Durchführung am IKF in  
Frankfurt**

## Testeinrichtung für FEC-Test Signaleinkoppelung

- **digitale I/O-Karte im PC**
  - mit 32 Bit Aus- und 8 Bit Eingabe
- **Control-Board (1 Karte pro Testsystem)**
  - Anpassung der Testeinrichtung an PC
  - Puls-Generator zur Erzeugung des Testpulses
  - Ansteuerung der Signal-Source-Boards
  - Meßschaltung für Spannungs-/Strommessung an FEC
- **Signal-Source-Board (Anzahl von System abhängig)**
  - 16 adressierbare Register mit je Bit zur Ansteuerung der schaltbaren Verstärker
  - 128 schaltbare Signalverstärker
  - 128 Koppelkondensatoren je 1 pF
  - Spannungsregelung auf der Karte



## Testeinrichtung für FEC-Test Interface zur READ OUT CONTROL

**READ OUT CONTROL UNIT (RCU) wird in Bergen  
(Norwegen) (Gruppe von Prof. Dr. Röhrig) entwickelt.**

**Bedienung des FEC-Bus im Testsystem mit RCU**

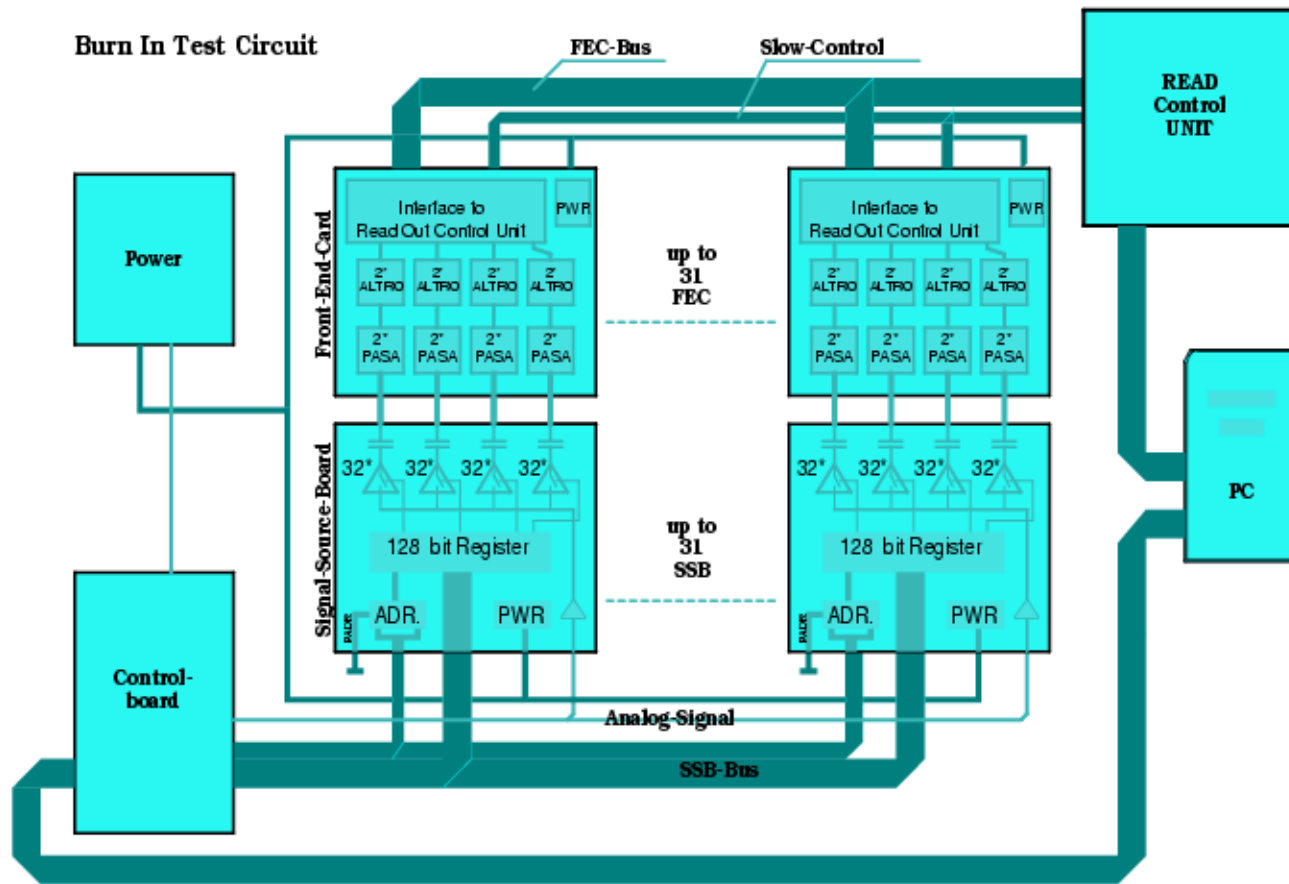
**FPGA gestützte Karte in PC bedient RCU**

**Testen der Funktionalität der FEC :**

**Funktionen des FEC-BUS**

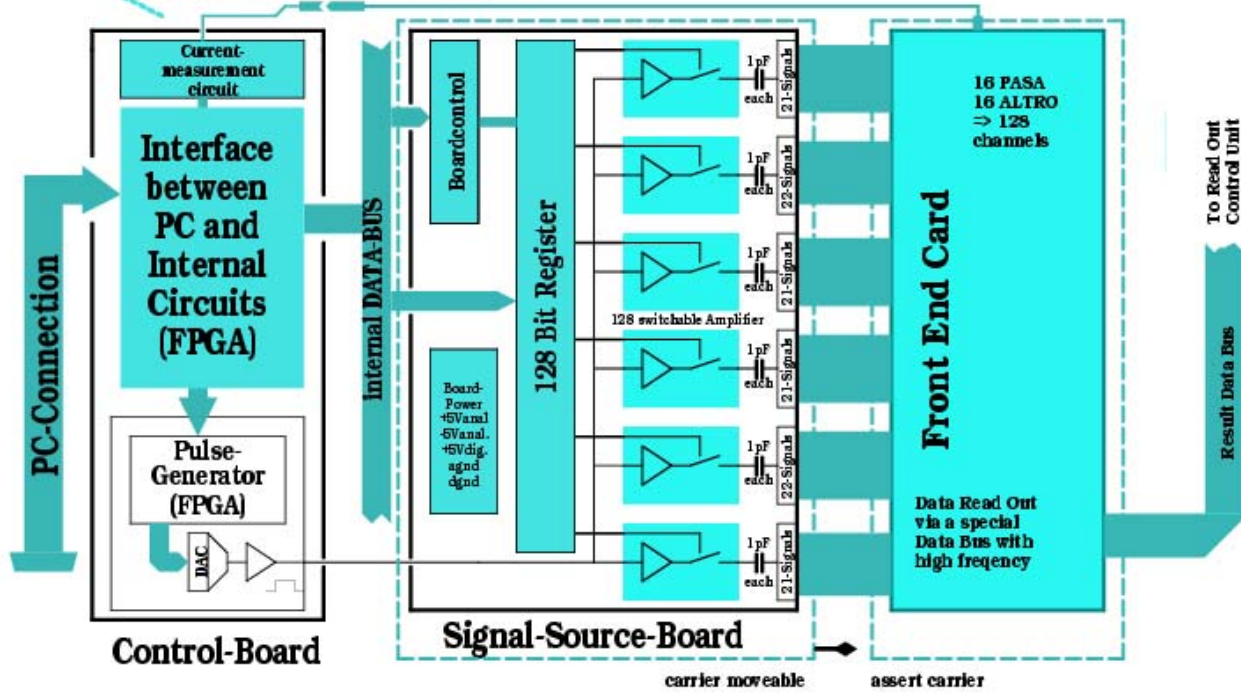
**Alle Funktionen des ALTRO-Chips**

**Einlesen des Speicherinhaltes nach Signalwandlung in den PC**



# Systemüberblick für den BURN-IN und Systemtest

# Test equipment Single Board Test



## Entwicklungen dazu in Frankfurt

### **Control Board**

- **Interface zwischen PC und den Testsystem**
- **Pulsgenerator für die Signalgenerierung**
- **Überwachung der Stromaufnahme**

**Strom-/Spannungsmessung**

- **Ansteuerung Schalter auf Signal-Source Board**

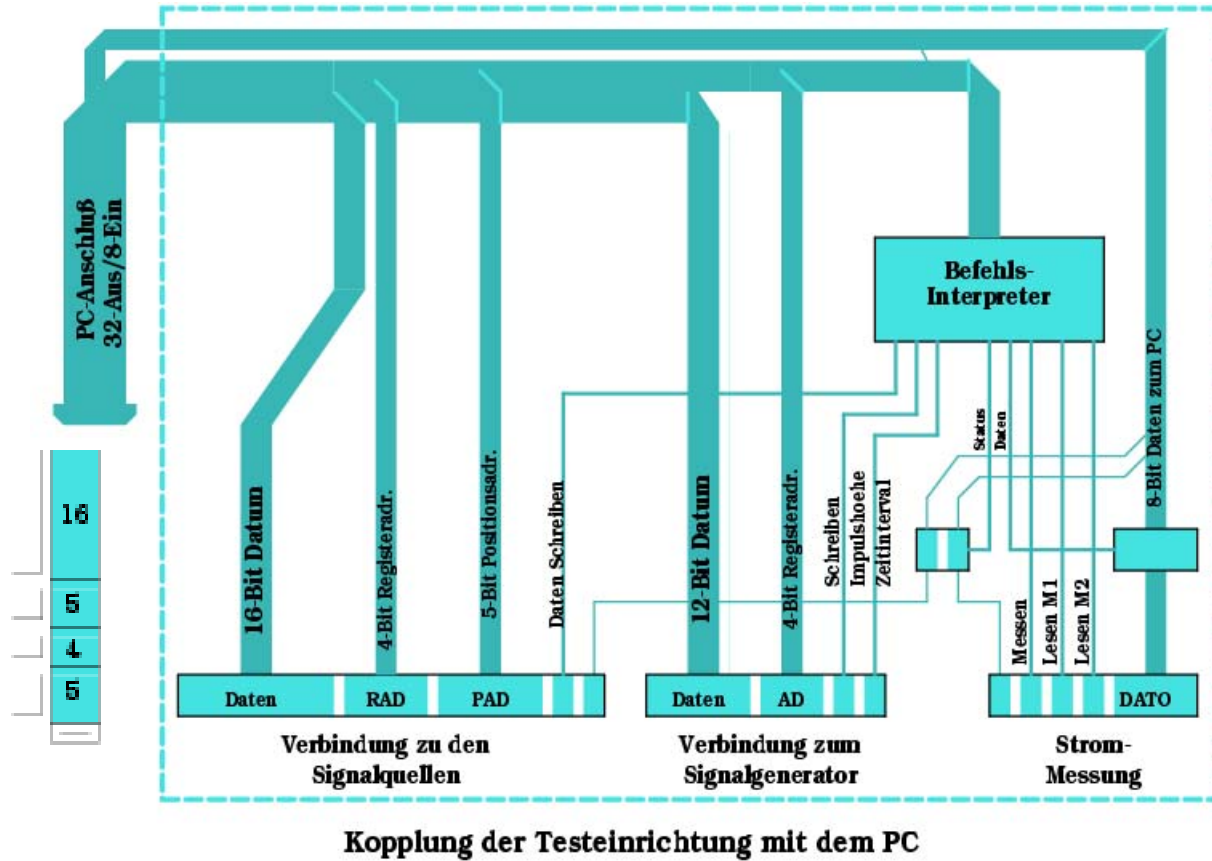
**Interner BUS zur Bedienung von bis zu 31 SSB mit 16 Bit breitem Datenwort und 5+3 Bit Adresse**

### **Signal-Source-Board**

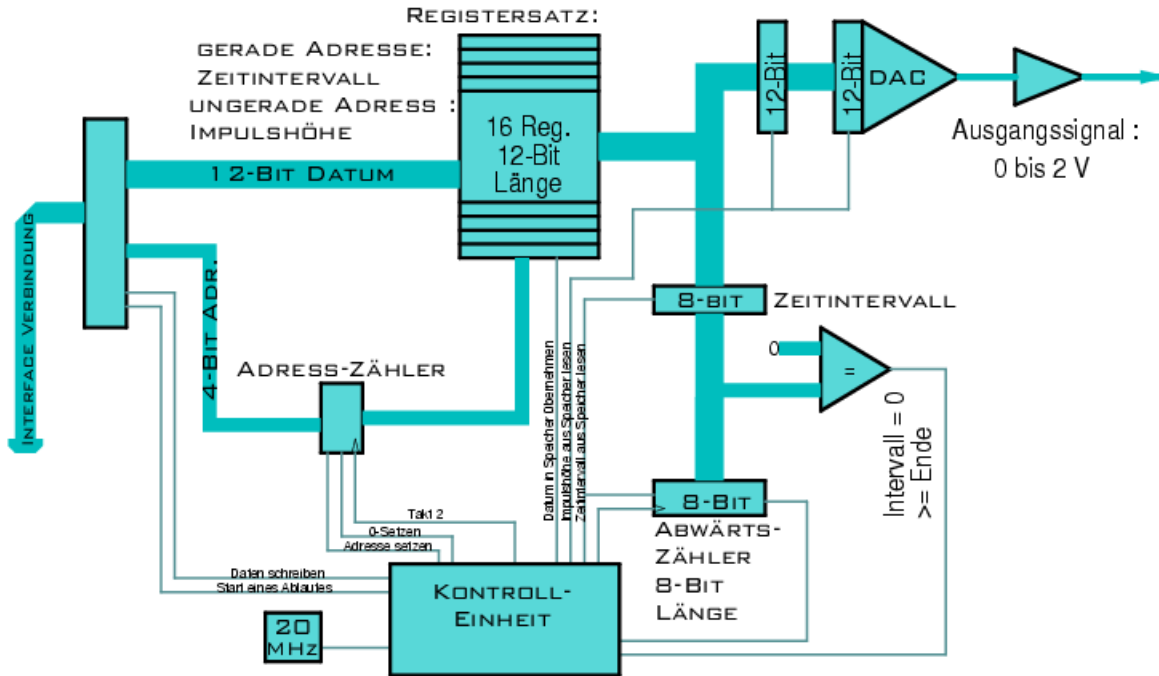
- **geregelte Spannungen für Analog und digital Teil**
- **8 Register mit je 16 Bit zur Ansteuerung der Schalter**
- **128 schaltbare Signalwege zur Einspeisung der Signale in die FEC über 1 pF Kondensatoren (Verstärker MAX4218)**
- **Adressdekodierung zur Karten- und Registeradressierung**

# Struktur der Anbindung an den PC

- Befehlswort
- 16 Bit Daten schreiben
- 5 Bit Comand
- 4 Bit Reg. Adr.
- 5 Bit Pos.Adr.



## Entwicklungen dazu in Frankfurt



Blockschaltbild des Signalgenerierteiles

**Generator:**

**Grundtakt 20 MHz**

**8 Register zu 12 Bit für den Ausgangsspannungswert**

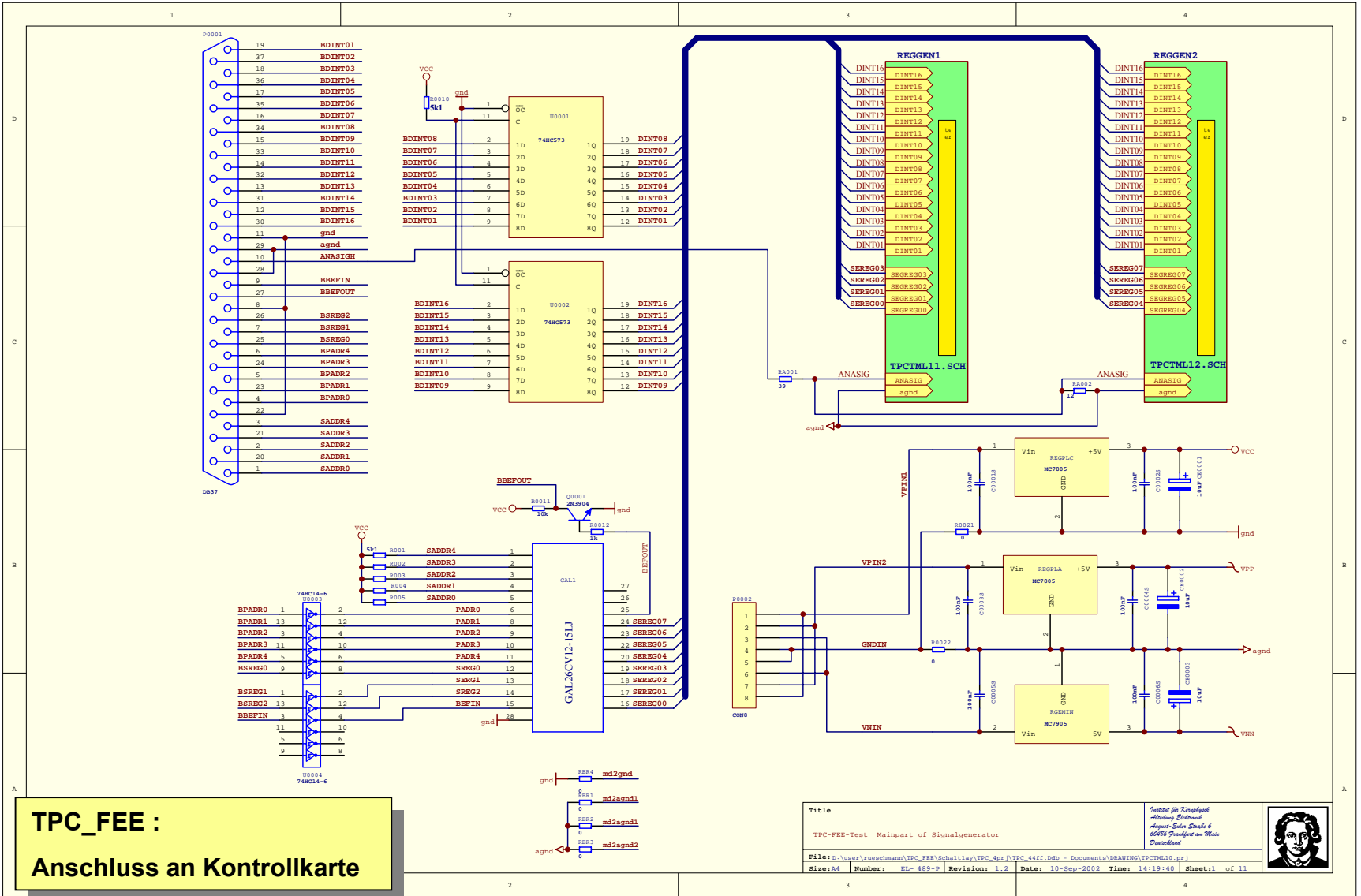
**8 Register zu 8 Bit für den Zeitintervall zwischen den Spannungswerten**

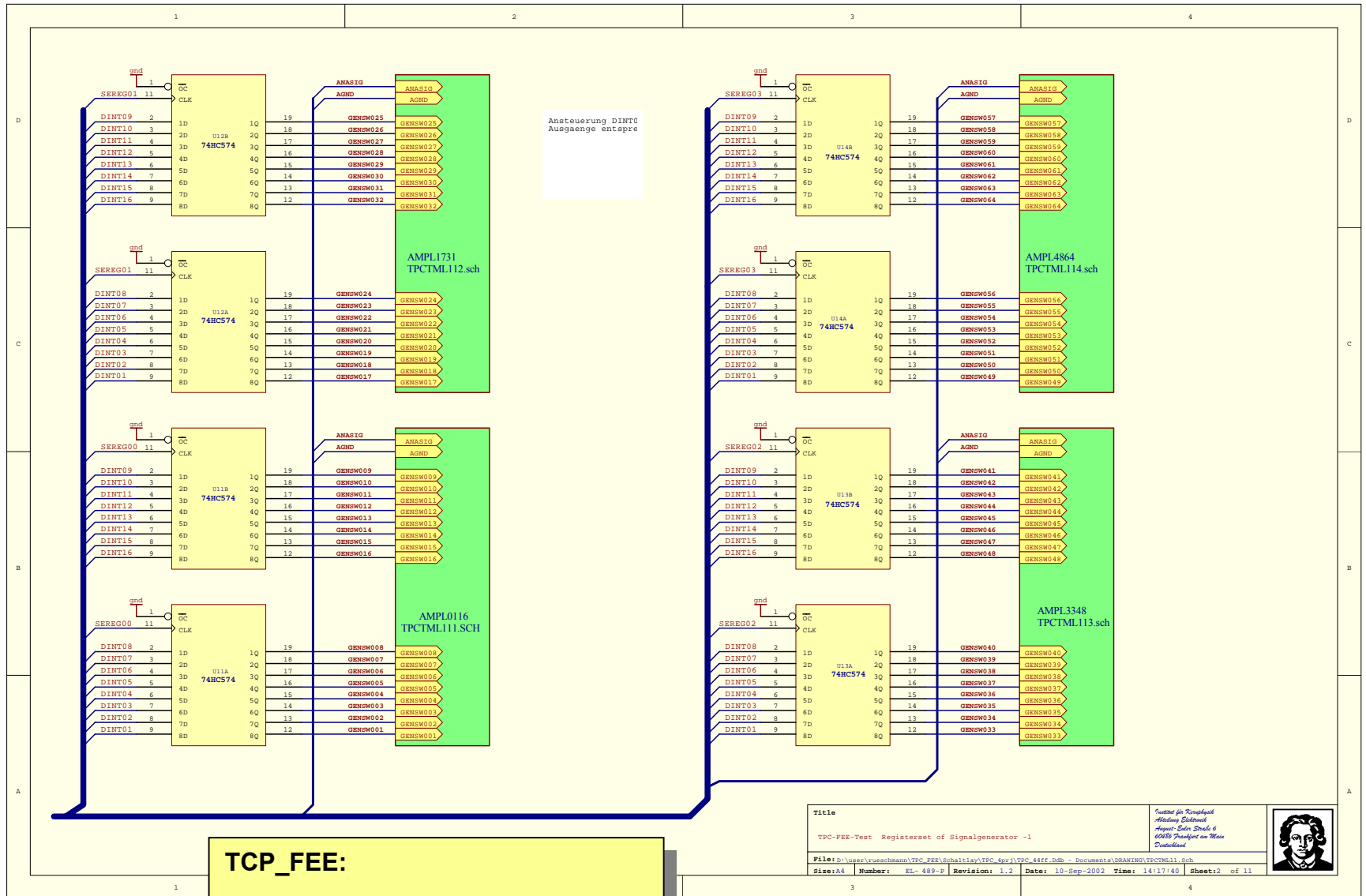
**Ausgangsspannung:**

$$0 \leq u \leq 2V$$

**Anstiegszeit des Sprunges**

**: ~ 5 ns**



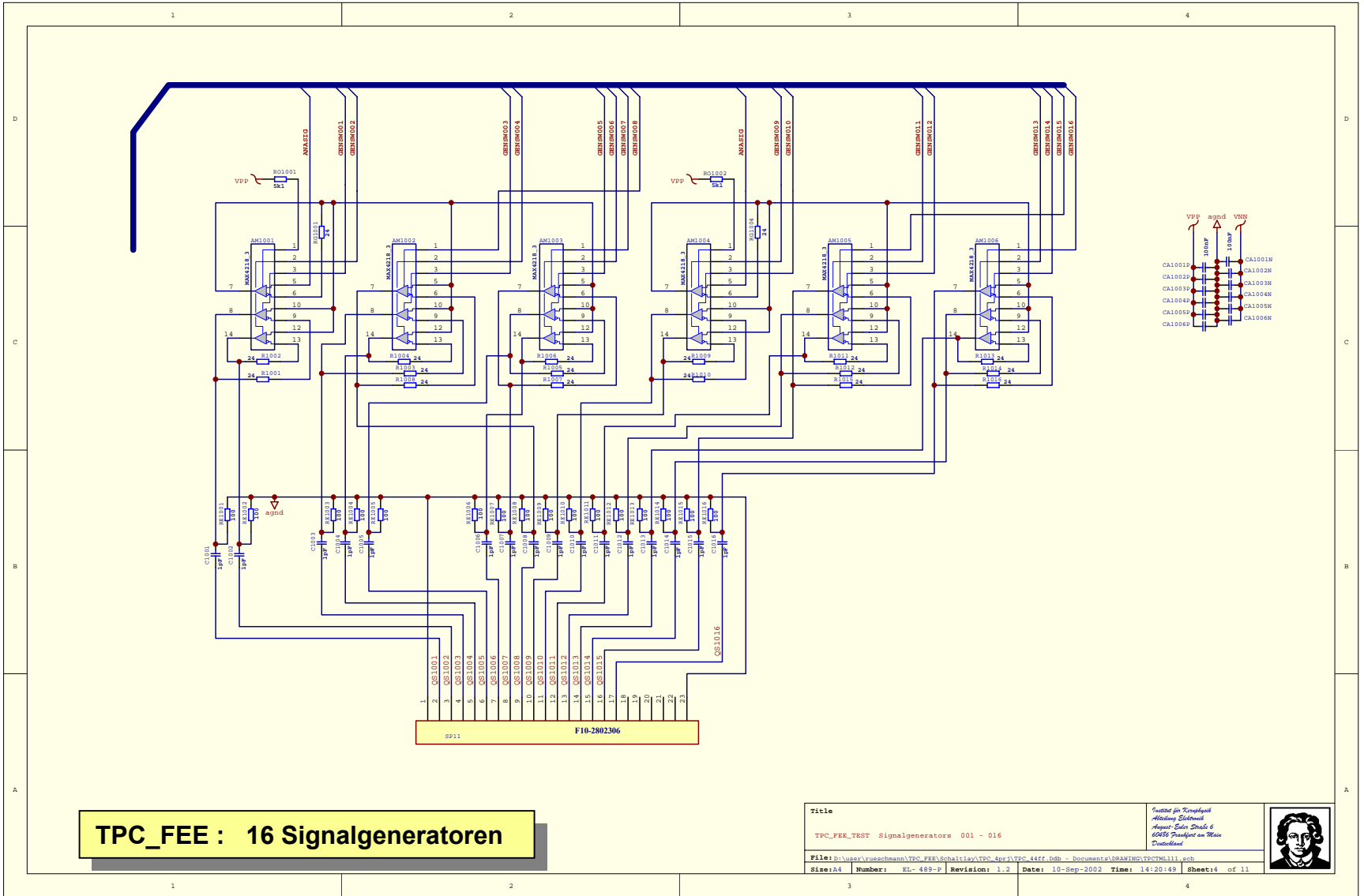


**TCP\_FEE:  
Ansteuerung der 128 Signalkanäle**

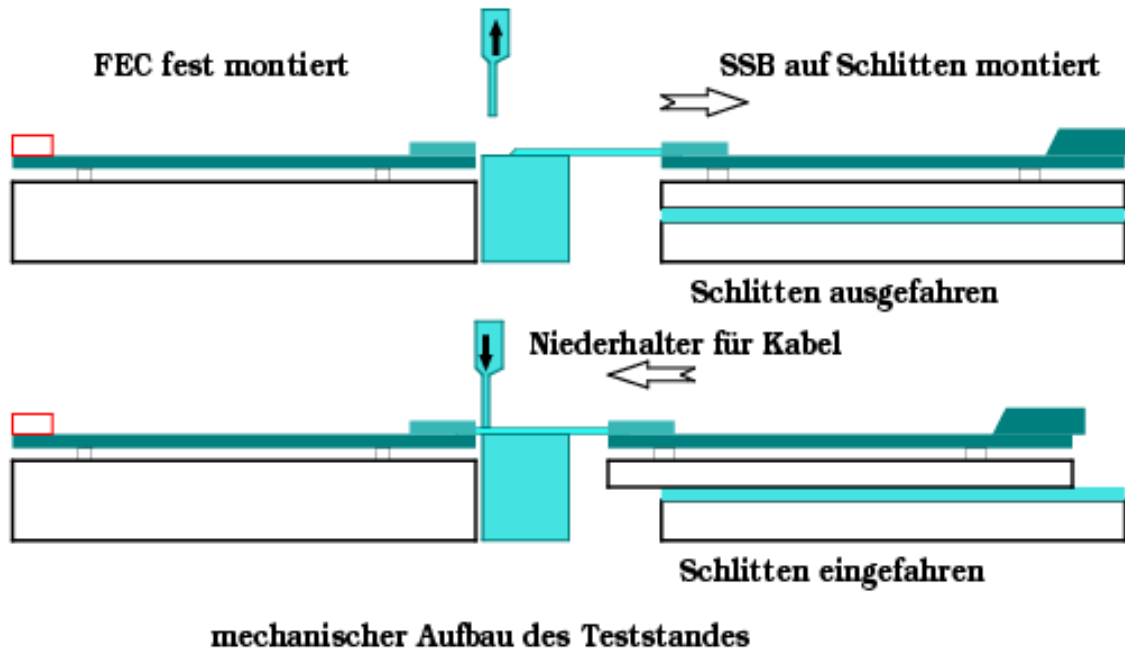
Title		TCP-FEE-Test Registerset of Signalgenerator -1	
<small>                 Institut für Kernphysik                  Mainzer Strasse 6                  60476 Frankfurt am Main                  Deutschland             </small>			
<small>                 File: D:\user\rueschmann\TCP_FEE\Signal\TCP_FEE_Schaltplan\TCP_444f_00b - documents\DRM\HW\TCP_TML11.sch             </small>			
Size: 14	Number: EL- 489-P	Revision: 1.2	Date: 10-Sep-2002 Time: 14:17:40 Sheet: 2 of 11



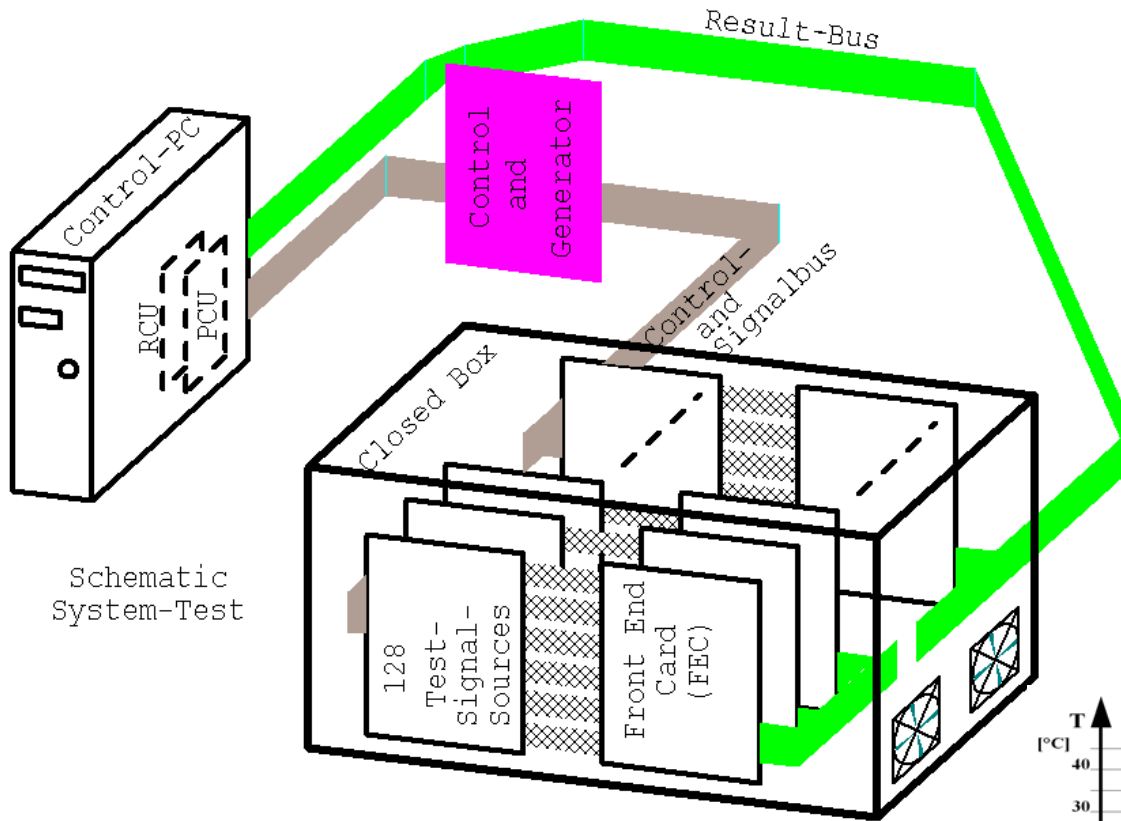




# Einzelkarten Teststand



# BURN-IN und Systemteststand

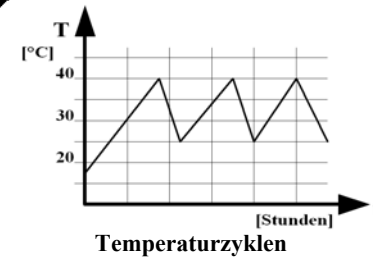


**Geschlossenes Gehäuse**

**Temperaturabhängig gesteuerte Belüftung**

**Bis zu 20 Karten in einem Stack**

**Dauer 6 bis 12 Stunden**



## **Stand der Entwicklung**

**PASA- und ALTRO-Chip Entwicklung beendet ; Prototypen sind vorhanden**

**Fertigung beginnt in nächster Zeit**

**Prototypen der FEC sind bereits vorhanden**

**Teststand für PASA-Chip Test ca im Januar 2003 einsatzfähig**

**Beginn des Massentests gegen Ende März 2003**

**Teststand für FEC**

**Entwicklung des Signal-Source-Board abgeschlossen**

**Karte in Fertigung**

**Control-Board z.Zt. in der Entwicklung**

**Einsatzfähigkeit geplant bis ca. April 2003**

**Beginn der Massentests gegen Ende Mai 2003**

**Pulsersystem für die TPC am ALICE Experiment.**  
**(FPGA-basierter Pulsgenerator und Verteilersystem)**  
E. Köhler, Dr. R. Renfordt, G.W. Rüschmann, M. Urban

Für die Kalibration der Verstärker der 570000 Kanäle der Ausleseelektronik der ALICE TPC wird ein Pulserssystem benötigt. Mit dem System sollen über die Kathodendrahtebenen der TPC definierte Ladungsmengen kapazitiv über die PADS in die Vorverstärker eingekoppelt werden.

In der Einrichtphase der TPC soll auf diese Weise die Funktion geprüft, Verstärkungsfaktoren bestimmt und die Ergebnisse für die spätere Auswertung festgehalten werden. In der Messphase soll das System der Kontrolle der Funktion der Kanäle dienen, da der Detektor während des Betriebes unzugänglich ist.

Die Folie 3 gibt einen Überblick über das geplante System. Es soll in 2 Kartenträgern mit 6U Höhe installiert werden, erdfrei aufgebaut und über einen Feldbus (CAN oder PROFIBUS o.ä. bzw. RS232) an die Umwelt angeschlossen sein. Die Anzahl der einzeln zuschaltbaren Signale ist mit maximal 56 gefordert und jeder Kanal muß zentral programmierbar sein. Die erwünschte Signalform soll durch die Eingabe eines jederzeit änderbaren Signalmusters gegeben werden. Takt und Triggereingänge, ebenfalls erdfrei zugeführt, sind erforderlich. Die gewünschte, rauscharme Ausgangsspannung soll die Werte  $0 \leq \text{sig} \leq 3\text{V}$  an 50 Ohm betragen und aus erdfreien BNC-Buchsen herausgeführt werden. Jedem Kanal soll eine Betriebsanzeige zugeordnet sein.

Aus diesen Vorgaben wurde ein Konzept entwickelt, das auf der Folie 7 als Blockdiagramm gezeigt wird. In einen Kartenträger werden Einschübe eingesetzt und über eine rückseitige Verbindungen miteinander verbunden. Die Ausgänge bzw. Eingänge liegen auf den Frontplatten.

Eine erdfreies Netzteil versorgt die Einschübe mit den erforderlichen Spannungen. Geplant sind z.Zt.  $\pm 5\text{V}$  und  $\pm 12\text{V}$ .

Ein zentraler Generatoreinschub (Folie 8) schafft den Anschluß an einen PC oder das Slow-Control-System der TPC, verwirklicht einen Generatorteil und verbindet den Eingang mit dem internen BUS.

Eine entsprechend große Anzahl von Signaleinschübe (Folie 9) mit jeweils 8 Signalausgängen stellen die Signale auf der Frontplatte bereit.

Der Analogpuls wird von einem DAC erzeugt, dessen Eingangsinformation aus einem Speicher entnommen wird. Die notwendige Steuerung der Pulsgenerierung übernimmt eine Finite-State-Maschine, welche in einem FPGA enthalten ist. Dieser FPGA enthält auch die Anpassung an die ansteuernde Umwelt und die Kontrolle des internen BUS.

Die Signaleinschübe übernehmen ein ungeschaltetes Analogsignal vom BUS und schalten dieses über einen schaltbaren Verstärker (MAX4218) auf die Buchsen durch. Zu jedem Kanal des Einschubes existiert ein Bit in einem Register, das vom BUS her beschrieben werden kann. Um es zu adressieren, wird eine 4-Bit breite Adressinformation vom BUS mit der festverdrahteten Platzadresse auf Gleichheit geprüft. Bei Gleichheit übernimmt ein Taktsignal vom BUS die Daten in das Register. Eine Leuchtdiode auf der Frontplatte zeigt die Stellung der Bits des Registers an.

Mit kommerziell erhältlichen Baugruppen wurde ein Prototype des Generatoroteles aufgebaut (Folie 10). Mit diesem Gerät sind bereits Messungen an Modellen der TPC durchgeführt worden. Das Oszillogramm einer Messung ist auf Folie 12 wiedergegeben.

Die Entwicklung und den Aufbau des Prototyps betreute Herr Urban; die Messungen sind von Herrn Dr. Renfordt gemacht worden.

# **Pulsersystem für TPC am Alice-Experiment (FPGA-basierter Pulsgenerator and Verteilersystem)**

E. Köhler, G.W. Rüschemann, M. Urban (IKF)

## **Übersicht**

**Entwicklungsmotivation**

**Anforderungen**

**Konzept**

**Ausführung**

**Prototype**

**Ergebnisse**

## Entwicklungsmotivation

**Notwendigkeit der Kalibrierung der ca. 570 000 Kanäle der ALICE TPC mit Generatorpulsen, die den originalen Pulsen in der Form weitgehend ähneln.**

### **In der Einrichtphase der TPC**

**Prüfung der Funktion**

**Bestimmen von Verstärkungsfaktoren**

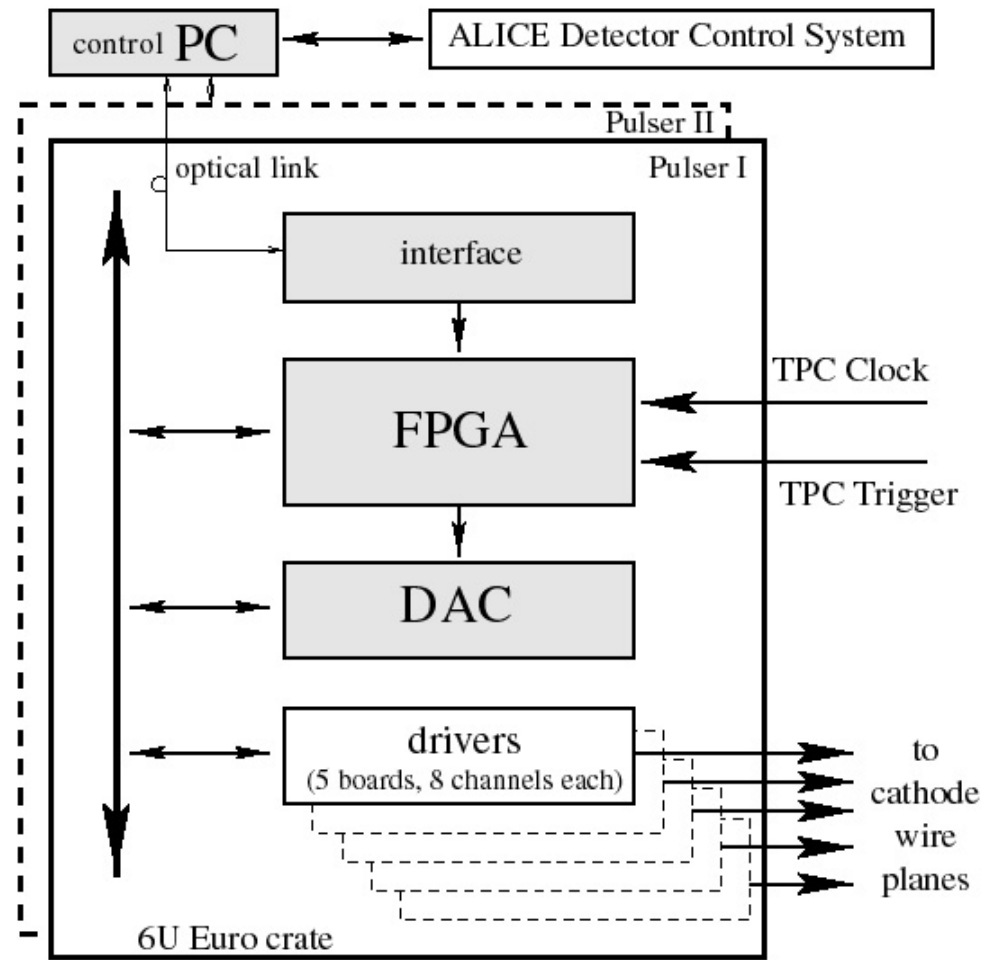
**Speichern der Verstärkungsfaktoren für die spätere Auswertung**

### **In der Messphase**

- Kontrolle der einwandfreien Funktion der Messkanäle der TPC im Betrieb.**
- Systeme sind während des Betriebes nicht zugänglich**



# Systemüberblick



# Anforderungen

## **Erdfreier Aufbau des gesamten Systems in 2 CRATES mit 6U Höhe**

**Spannungsversorgung erdfrei aufgebaut**

**Datenanschluss galvanisch isoliert**

**Ansteuerung von TPC-Kontrollsystem oder  
von lokalem PC**

**Erdungsmöglichkeit an einem Punkt**

## **Backplane mit**

**Spannungsversorgung  $\pm 5V$  und  $\pm 12V$**

**Analogreferenzsignal**

**Verteilung des Analogpulses**

**Adressierungsmöglichkeit von max. 16 Einschüben**

**Einschubadressierung automatisch über Steckplatz vorgegeben**

## Anforderungen

### **Kontrolleinschub**

**Anbindung an Umwelt über CAN- oder PROFIBUS**

**FPGA enthält**

**Kontrolle zur Umwelt und zum internen BUS**

**Ansteuerung des Musterspeichers für die  
Pulsform des Testpulses**

**Zeitkontrolle über den Ablauf des Testpulses**

### **Speicher für das Pulsmuster**

**Extern oder intern im FPGA**

**Ladbar von außen über den Anbindungsbus**

### **Takt und Triggereingänge**

**Eingänge erdfrei**

**Signalstandart z.Zt. offen. (LVDS, NIM..)**

### **Kontrolle über den internen BUS**

## Anforderungen

**Signaltriebereinschübe mit je 8 Signalquellen Eingänge über BACKPLANE**

**Ungeschaltetes Analogsignal**

**4-Bit Adressierung**

**4-Bit Abgriff der Platzadresse von der Backplane**

**8-Bit Daten zur Ansteuerung der Kanalschalter**

**Ausgänge über erdfreie BNC-Buchsen an Frontplatte**

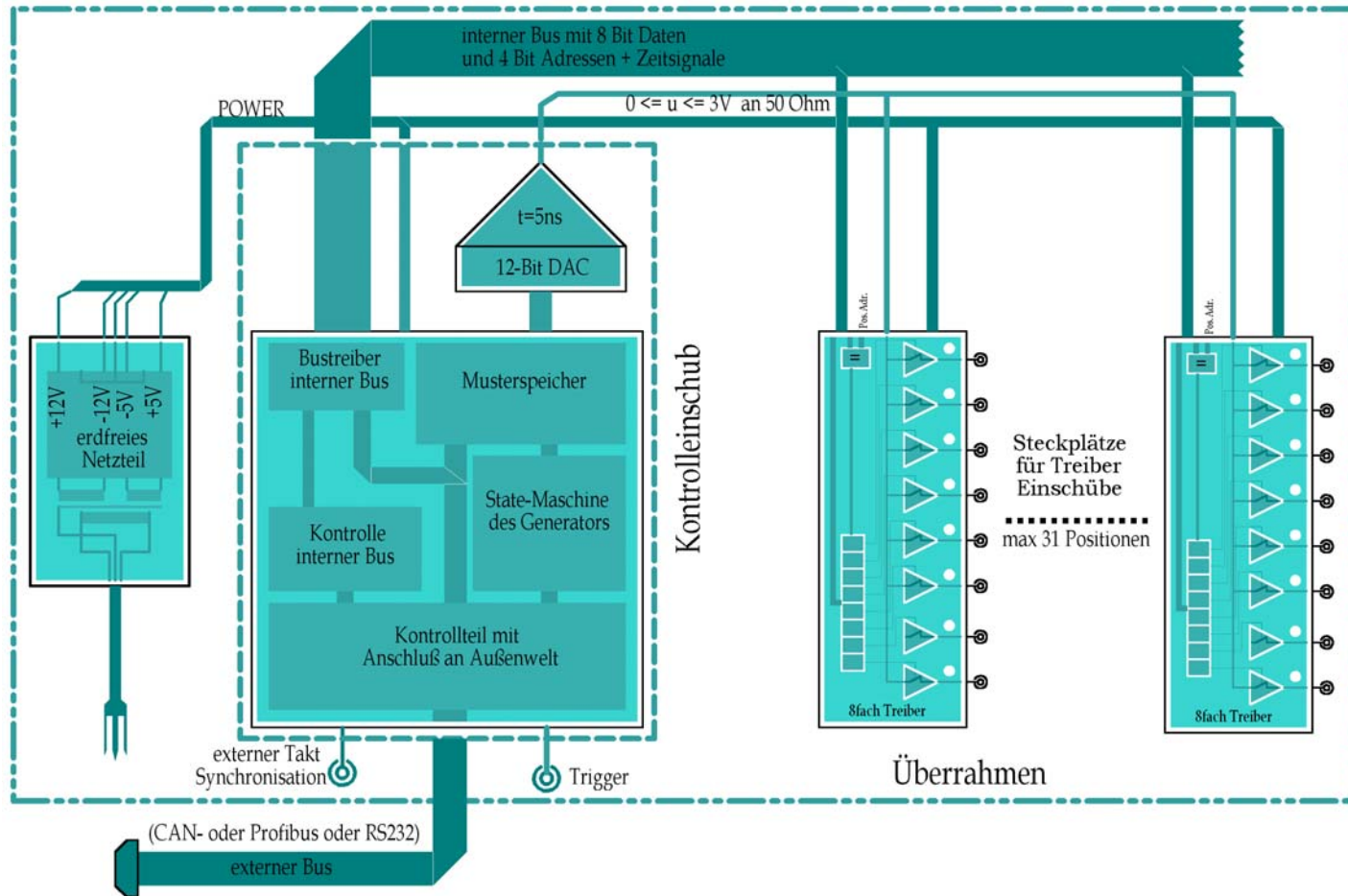
**Jede Signalquelle einzeln schaltbar**

**Ausgangsspannung  $0 \leq U \leq 3 \text{ V}$  an  $50 \text{ Ohm}$**

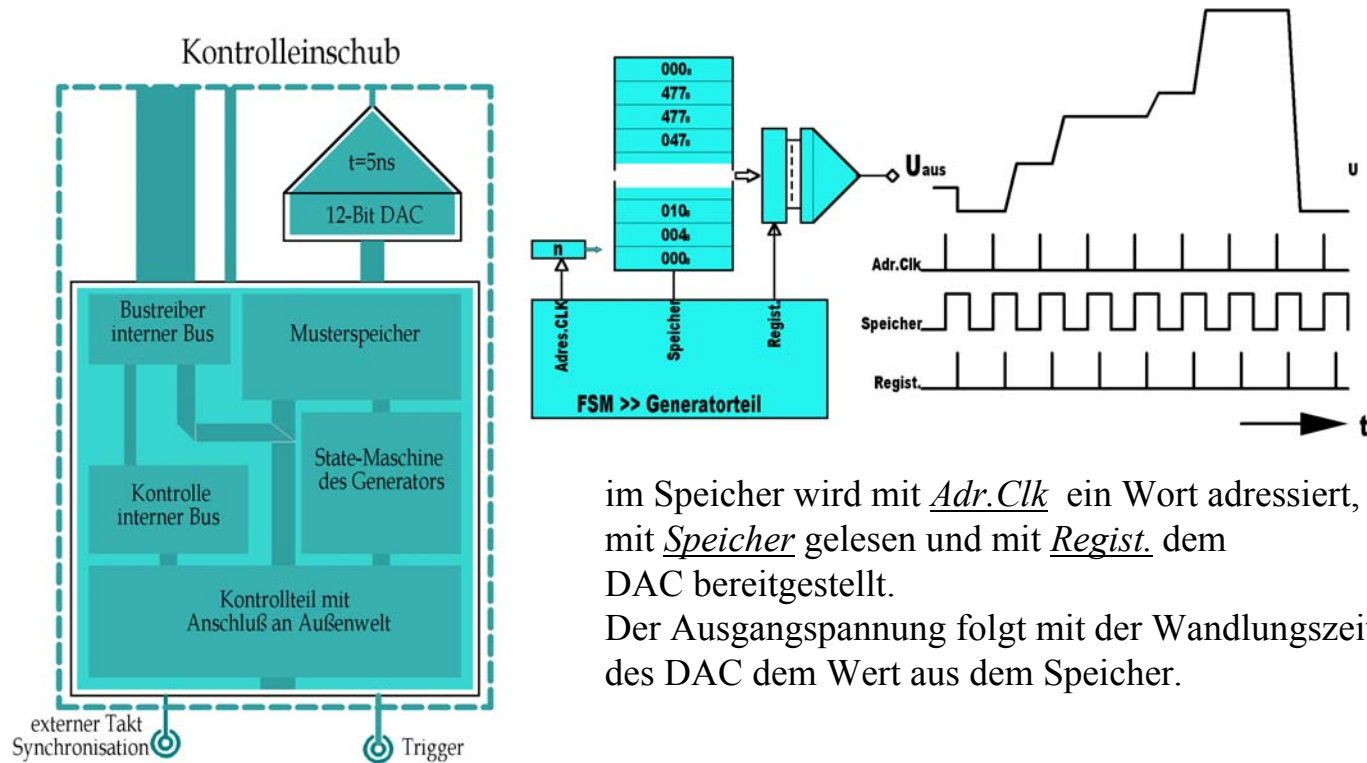
**Signalquellen mit geringem Rauschen**

**Anzeige der aktiven Ausgänge durch Leuchtdiode**

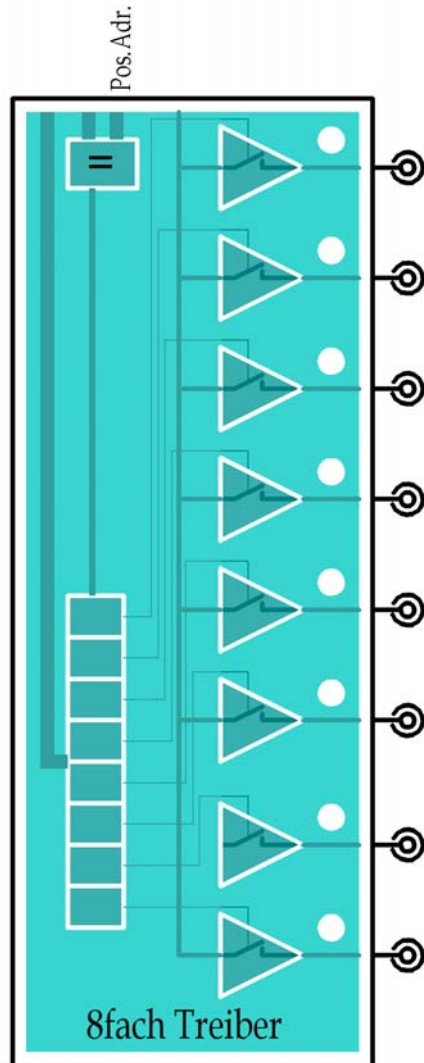
# Blockdiagramm des Überrahmens



## Kontrolleinschub



im Speicher wird mit Adr.Clk ein Wort adressiert, mit Speicher gelesen und mit Regist. dem DAC bereitgestellt.  
Der Ausgangsspannung folgt mit der Wandlungszeit des DAC dem Wert aus dem Speicher.



## 8-fach Treibereinschub

### Adressierung :

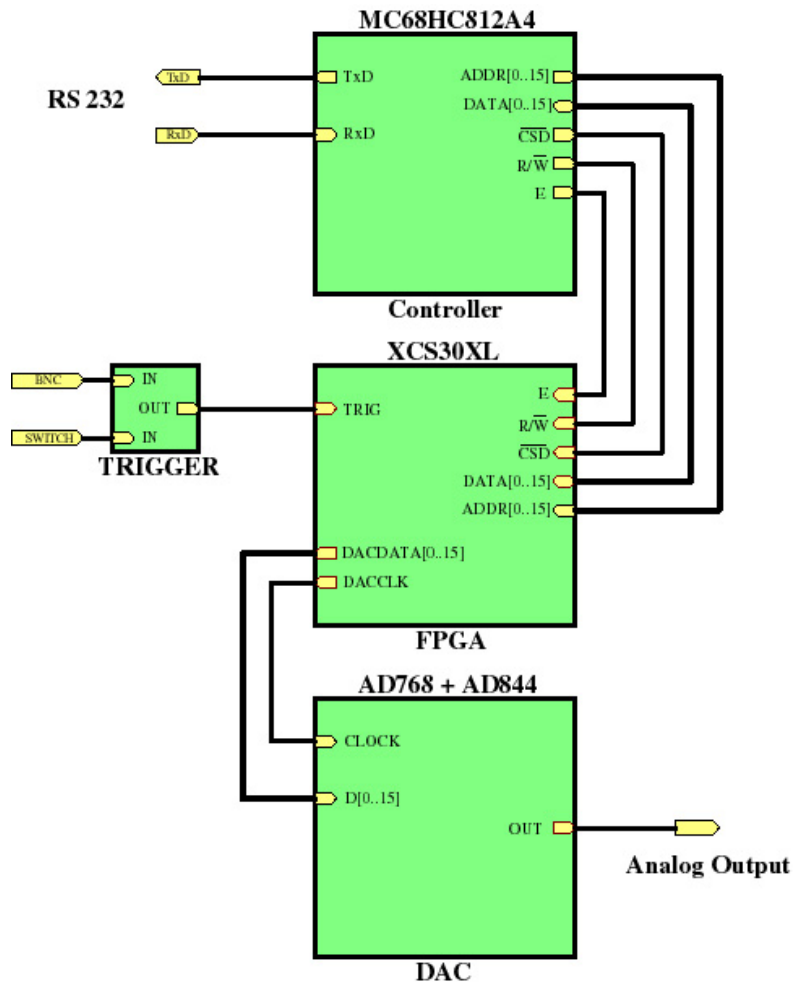
- 4-Bit Adressleitungen vom Bus.
- Jede Station gibt codiert 4-Bit Positionsadressen vor
- Vergleich im Einschub gibt Setzpuls frei.

### Register :

- 8-Bit Register empfängt Daten vom BUS
- jedes Bit bedient je einen schaltbaren Verstärkerkanal

### Analogpuls:

- Eingangssignal gepuffert
- 8 schaltbare Verstärker (MAX 4218)
- Ausgangssignal auf BNC-Buchse
- Buchse isoliert gegen Gehäuse
- Impedanz : 50 Ohm



## Prototype

Im IKF von Herrn Urban als NIM-Einschub aufgebaut

**Aufbau aus kommerziell erhältlichen Bausteinen**

**Mikrokontroller  
MC68HC812A4  
von Motorola**

**XL-Demo Board von  
Xilinx mit einem  
XCS30XL**

**AD768/AD844  
Evaluations Board  
von Analog Device**



## Prototype Daten

**Ausführung : NIM-Einschub als autonomes Gerät**

**Dateneingang : RS232 Schnittstelle**

**Ausgangsspannung :**

$$0 \leq U_{\text{sig}} \leq 2.046 \text{ V}$$

**50 Ohm Impedanz**

**Auflösung : 10 Bit**

**2 mV/Bit**

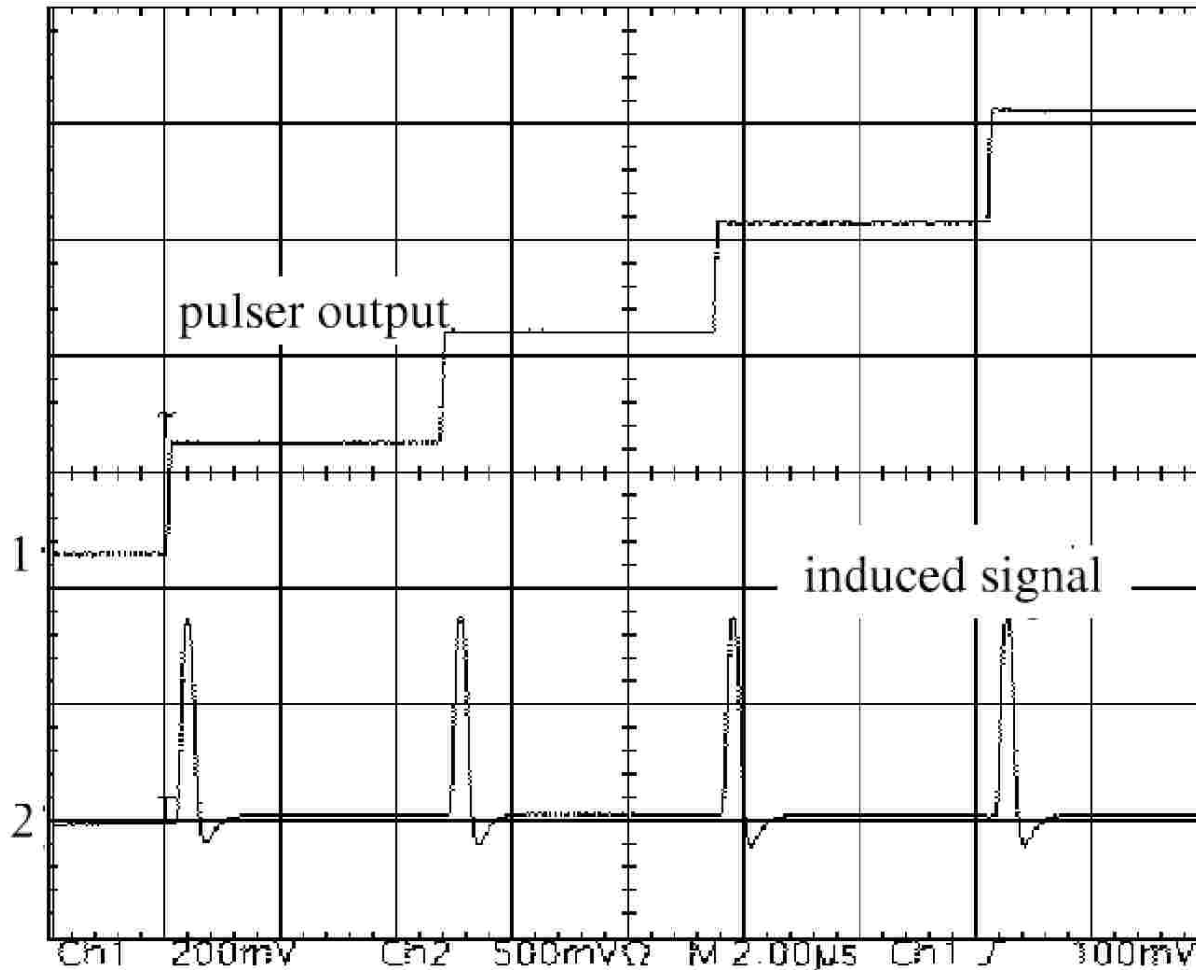
**Musterspeicher : 1024 x 10 Bit**

**Takt : 40 ns**

**Trigger : Einzelmode (Taste)  
oder über BNC-Buchse  
Repeat-Mode**

**Ausgangssignal : BNC-Buchse**

## Meßergebnis aus Prototype



**Oszillogramm:**

**Messung an der Auslese-elektronik eines realen Detektors**

**Obere Kurve:**  
Ausgangssignal des des Pulsers

**Untere Kurve:**  
Reaktionssignal aus aus der Auslese-elektronik

## Orts- und zeitaufgelöster Teilchen(schauer)nachweis mit Microchannel-Plate Detektoren

O. Jagutzki, T. Jahnke, W. Arnold, K. Ullmann-Pfleger, A. Czasch, R. Dörner, H. Schmidt-Böcking und G. Rüschmann

Institut für Kernphysik, August-Euler-Str. 6, 60486 Frankfurt/M.

Für atomphysikalische Experimente in unserer Arbeitsgruppe (<http://hsb.uni-frankfurt.de>) sowie für verschiedene andere Anwendungen haben wir in den letzten Jahren ein Detektionssystem zum Einzelteilchennachweis (Elektronen, Ionen, Photonen) entwickelt. Basis dieser Detektoren sind sogenannte Vielkanalplatten oder microchannel-plates (MCP) sowie eine Delay-line Anode mit nachgeschalteter „timing“-Elektronik: schneller Verstärker, Diskriminator (z.B. CFD) und TDC, jeweils fünf Kanäle.

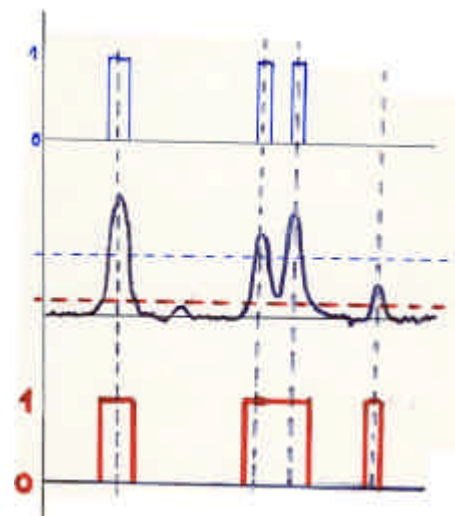
Mit diesem Detektorsystem lassen sich einzelne Teilchen mit einer örtlichen Auflösung von  $< 0.1\text{mm}$  und einer zeitlichen Präzision von  $< 1\text{ns}$  nachweisen, sowohl bei niedrigen ( $0.01\text{ cts./sec}$ ) als auch bei hohen Teilchenraten ( $10^6\text{ cts./sec}$ ). Diese Methode unterscheidet sich grundsätzlich von den Standardverfahren mit einer MCP/Phosphorschirm Kombination. Dank der neueren Entwicklung von schnellen TDCs (z.B. <http://www.acam.de>), die ohne Analogsignalkonversion eine ausreichende Zeitauflösung erreichen, ist die Delay-line Technik auch anderen Einzelteilchennachweismethoden überlegen (<http://hsb.uni-frankfurt.de/jagutzki/Roentdek/psd5preprintNIM.PDF>).

Insbesondere ist es nun auch möglich, Teilchenschauer, sogenannte Multi-Hits, zu vermessen. Allerdings sind der Kombination aus Multiplizität und relativem Zeitabstand der einzelnen Hits Grenzen gesetzt. Eine deutliche Verbesserung der Multi-Hit-Akzeptanz konnte durch Hinzufügen einer dritten, redundanten Delay-line Ebene („Hexanode“) zur Ortsbestimmung erreicht werden (<http://hsb.uni-frankfurt.de/jagutzki/proceedingsN22-82.pdf>).

Die elektronische Totzeit (minimale Pulspaartrennung) limitiert aber immer noch die Möglichkeiten dieser Detektionsmethode. Einen grundsätzlich begrenzenden Faktor stellt die bislang übliche Verwendung eines Constant-fraction Diskriminators (CFD) zur pulshöhenunabhängigen Zeitmessung dar. Eine, wenn auch aufwendige und teure, Lösung wäre die Digitalisierung der kompletten Pulsfolge auf allen Signalkanälen (bis zu sieben pro Detektor) mit einem schnellen „flash“-ADC-System (z.B. <http://www.acqiris.com>). Alternativ wollen wir aber zunächst durch Verwendung eines (noch zu entwickelnden) TDCs auf FPGA-Basis, der auf mehreren Kanälen und in hoher Folge die Zeitpunkte von high/low- und low/high-Wechseln vermessen kann in Kombination mit ein oder zwei schnellen ECL-Komparatoren pro Kanal (siehe Abbildung) eine deutliche Verbesserung der Multi-hit-Akzeptanz erzielen (siehe Abbildung).

*Abbildung:*

*Das analoge Signal (Mitte) wird durch zwei Komparatoren mit verschiedenen Schwellen in zwei Pegelfolgen überführt. Bei symmetrischen Analogsignalen lässt sich der „Zeitpunkt“ des Signals so bestimmen. Die niedrigere Schwelle definiert die minimale Signalthöhe (Rauschabstand), die hohe Schwelle erlaubt die Rekonstruktion von „zeitlich dichten“ Multi-Hits, solange deren Pulshöhe ausreichend hoch ist. Durch Einführen weiterer Schwellen könnte man der „flash-ADC-Lösung“ sehr nahe kommen.*

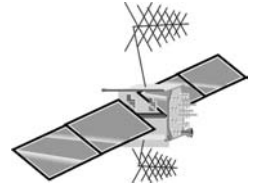


# Technisches Konzept und Eigenschaften des GPS-Flugschreibers für Brieftauben

Karen von Hünenbein

Eine neue Methodik wurde entwickelt zum Messen und Speichern der Flugwege von Brieftauben, die viele Nachteile vorher verwendeter Flugwegeaufzeichnungssysteme vermeidet. Diese Nachteile sind hauptsächlich die begrenzten Reichweite, der hohe Arbeitsaufwand beim Messen, die geringe zeitliche und räumliche Auflösung und die Unmöglichkeit viele vollständige Flugwege zu erhalten. Die gängigen Navigationssysteme wurden auf ihre Eignung zum Messen von Flugwegen bei Brieftauben geprüft. Die Wahl fiel auf das Satellitennavigationssystem GPS, Global Positioning System wegen seiner weltweiten Verfügbarkeit, der unter freiem Himmel unbegrenzten Reichweite, der Meßrate von 1 Position / Sekunde und der räumlichen Genauigkeit von 10-30 m in der horizontalen Position. Die Hauptaufgabe bei der Entwicklung bestand in der Miniaturisierung von GPS, damit die Tauben mit dem Gerät fliegen konnten. Es gelang, ein kleines, funktionsfähiges Gerät von 8,5\*4\*1.5 cm Größe mit einem Gewicht von 33g zu bauen, das aus einer Hybrid-GPS-Empfängerplatine mit Positionsspeicherung, einer Patchantenne, einer Stromversorgung, einem DC-DC-Konverter und einer Hülle besteht. Die Betriebszeit beträgt 3 - 3,5 Stunden, begrenzt durch die Batteriekapazität. Es können bis zu 90.000 Positionen, jede mit sekundengenaue Zeitangabe und Geschwindigkeit, gespeichert werden. Bei Stromausfall bleiben die Daten erhalten. Das Gerät hat ein Restmagnetfeld von 1500 nT. Nach Flug und Wiederfang der Tiere werden die Daten vom Flugschreiber auf einen Rechner übertragen. Das Tragegeschirr einer anderen Arbeitsgruppe wurde für Tauben abgewandelt, weiterentwickelt und getestet. Die theoretische Genauigkeit der GPS-Positionsbestimmungen konnte in eigenen Tests bei Autofahrten und mit Tauben bestätigt werden.

Der Flugschreiber wurde auf Brieftauben getestet. Es wurden 125 Flugwege von Brieftauben mit 12 Flugschreibern an 2 Auflaßorten aufgezeichnet und ausgewertet. In den Tests funktionierten die Flugschreiber zuverlässig und erwiesen sich in der Handhabung als robust. Der personelle Aufwand beim Flugwegeaufzeichnen ist klein gegenüber anderen Verfahren. Es wurde ein hoher Anteil von über 90% von vollständigen Flugwegen aufgezeichnet. Die erzielten Flugwege haben eine sehr gute räumliche und zeitliche Auflösung und liefern eine Fülle von Details. Die Menge und Qualität der erzielten Daten ist deutlich besser als die von bisher verwendeten Verfahren. Die Brieftauben konnten das Gerät tragen und mit ihm heimkehren.



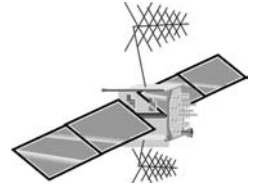
# Technisches Konzept und Eigenschaften des GPS-Flugschreibers für Briefftauben

von

Karen von Hünenbein



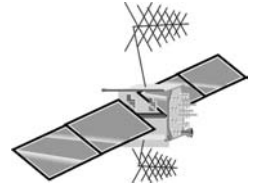
# Gliederung des Vortrages

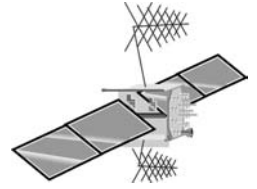


- Kleine Einführung zu Tauben und Flugwegen
- Bisherige Flugwegemeßverfahren
- Konzept des GPS-Flugschreibers
- Eigenschaften des Flugschreibers
- Beispiele für gemessene Flugwege
- Zusammenfassung



# Brieftaube (*Columba livia*)





# Wozu mißt man Flugwege?

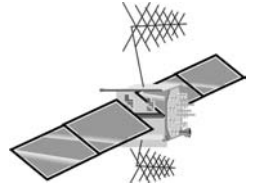
- Flugwege erlauben Aussagen über das Verhalten der Tauben unterwegs, z.B.
  - \* wann finden Kurskorrekturen statt?
  - \* wodurch kommen längere Heimkehrzeiten zustande - Umwege, Pausen??

⇒ Rückschlüsse auf Orientierung





# Standardverfahren Taubenbeobachtung

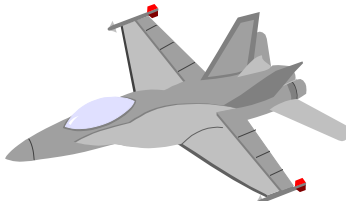
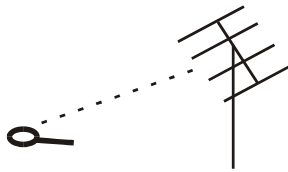
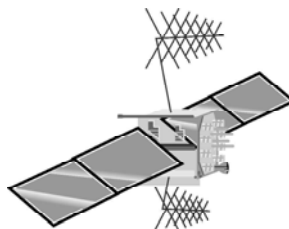


SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

68

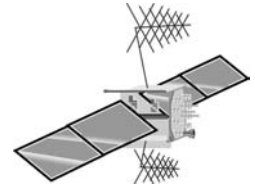
Institut für Kernphysik Frankfurt



	<b>Flugzeugverfolgung</b> 	<b>Senderpeilen</b> 	<b>GPS</b> 
Konzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Helikopter oder Flugzeug fliegt einer Gruppe von Tauben hinterher</li> <li>• Eine Person im Flugzeug trägt Flugpositionen in Landkarte ein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sender auf der Taube</li> <li>• Antennen um den erwarteten Flugweg plaziert</li> <li>• Peilung -&gt; Speicherung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satelliten senden Signale</li> <li>• von Empfänger empfangen</li> <li>• Position berechnet</li> </ul>
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ kein Gerät auf dem Tier</li> <li>+ die Ergebnisse sind sofort da</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ es gibt sehr leichte Sender</li> <li>+ auf Taube getestet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ hohe Genauigkeit (100-300m)</li> <li>+ weltweit</li> <li>+ passiver Empfang</li> <li>+ absolute Position</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr hoher Aufwand</li> <li>- Tauben können nicht einzeln verfolgt werden</li> <li>- die Sichtverbindung geht leicht verloren</li> <li>- Flugzeuge dürfen nicht überall fliegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufwand beim Peilen</li> <li>- Sichtverbindung nötig</li> <li>- geringe Reichweite (ca. 20 km)</li> <li>- kaum vollständige Flugwege</li> <li>- wenn die Taube anders fliegt, als erwartet schlechte Peilwinkel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probleme in Wald/Schluchten</li> <li>- hat vielleicht elektromagnetische Einflüsse auf Tauben</li> </ul>



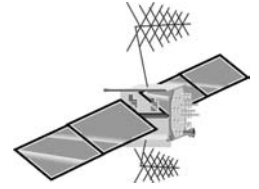
# Anforderungen an das Gerät



- klein: 70\*40\*30 mm
- geringes Gewicht: ca 30 g
- Meßrate 5 sec - 5 min
- Betriebszeit: 3 - 12 h
- Entfernungsbereich min. 200 km
- Aufzeichnen min. 180Positionen
  
- Daten sollen nach Ende des Stromflusses sicher erhalten bleiben
- Aufzeichnen von Position, Geschwindigkeit und Richtung mit hoher Genauigkeit (100-300 m horizontal)
- geringer Stromverbrauch
- geringer Einfluß auf Taube
- geringes Magnetfeld



# Technik und Aufbau des Gerätes

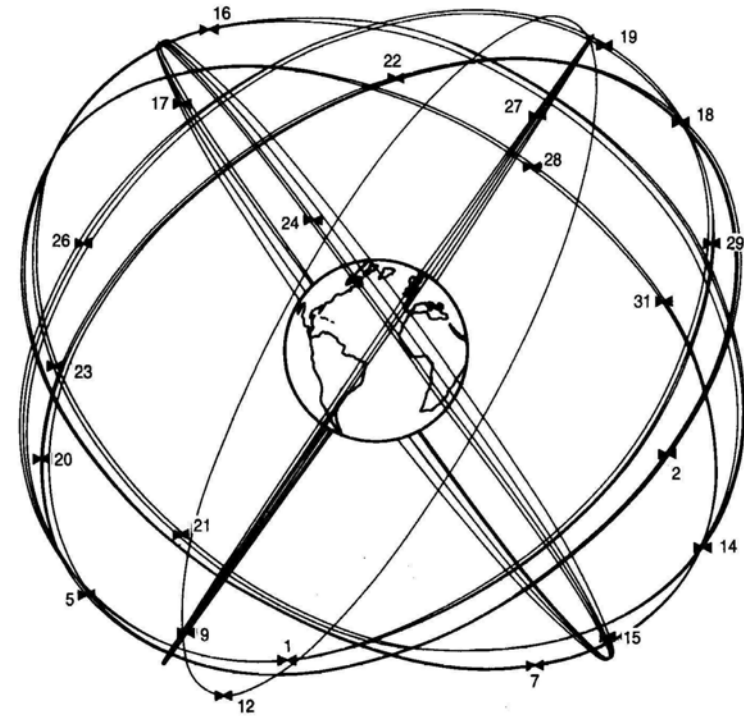


## Was ist GPS?

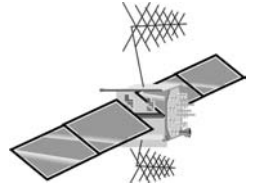
GPS bedeutet Global  
Positioning System

Amerikanisches  
Satellitennavigations-  
system

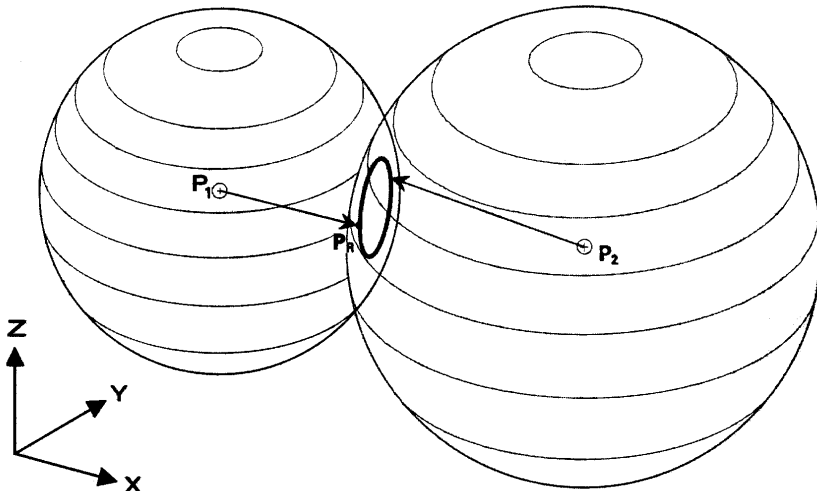
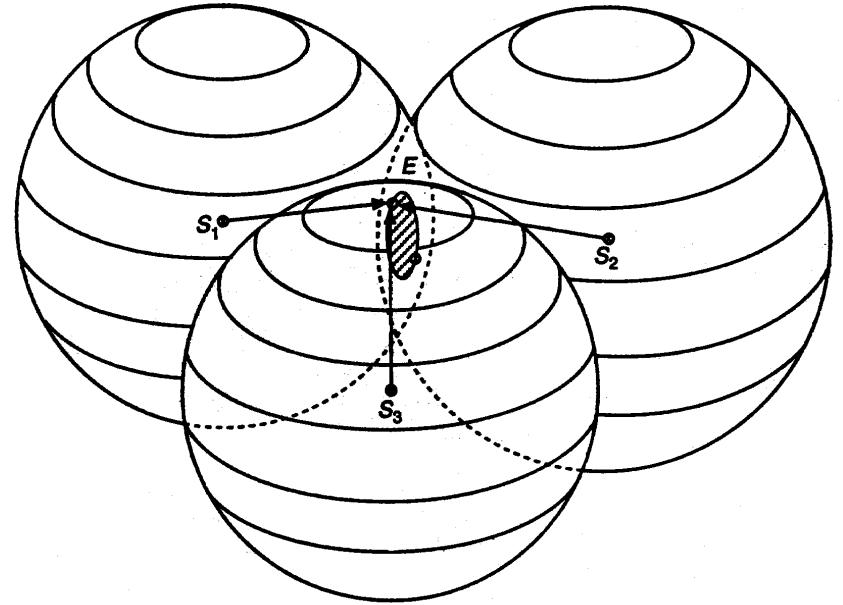
für Navigationszwecke  
gebaut



# Funktionsprinzip von GPS

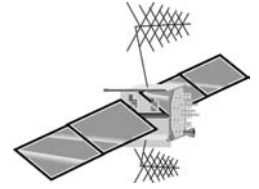


## Messung der Laufzeit der Satellitensignale





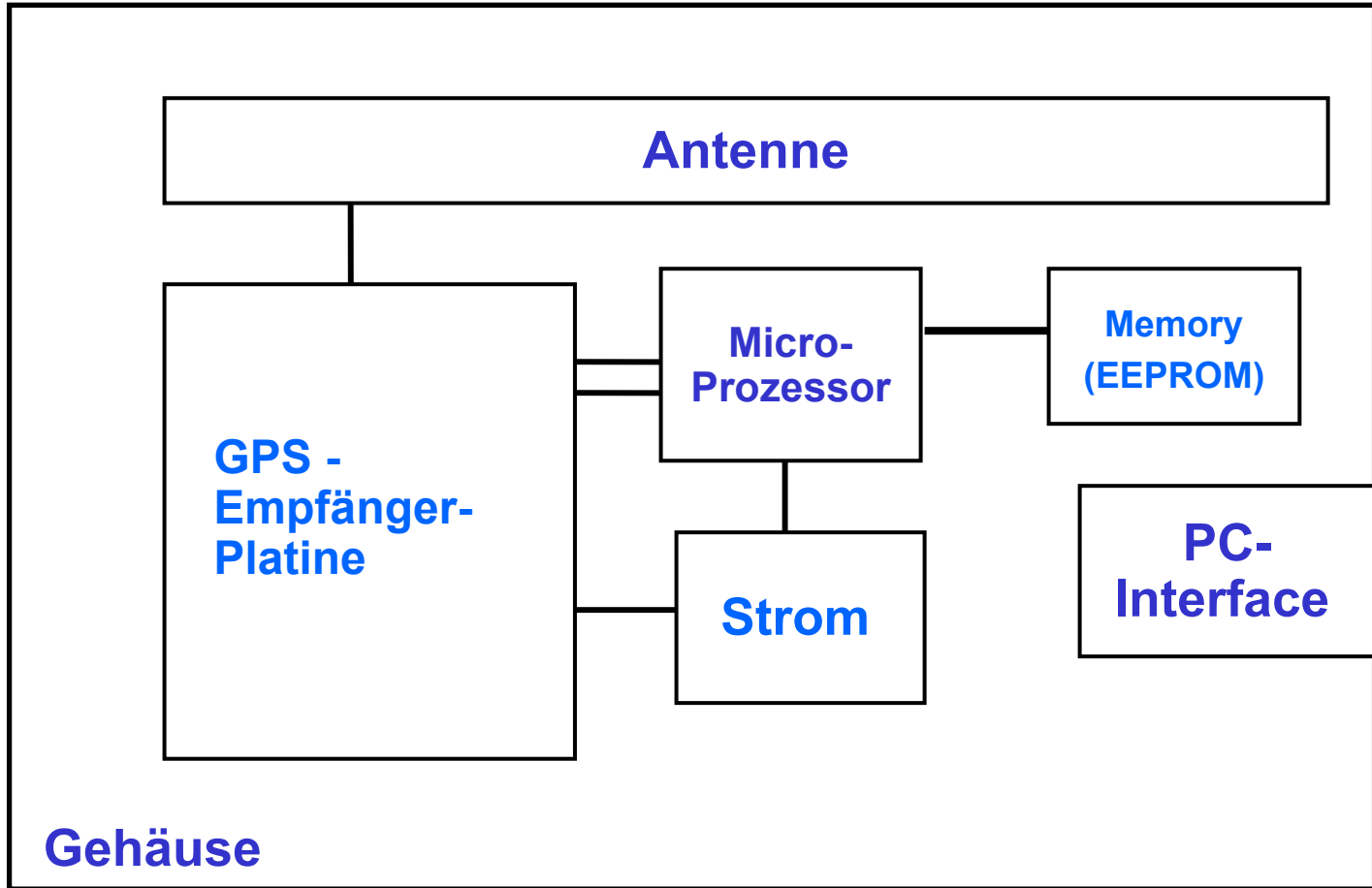
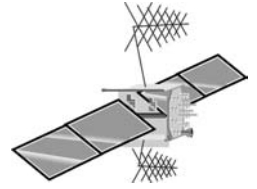
# Vorteile von GPS



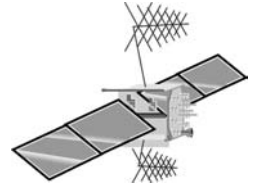
- weltweit verfügbar mit unbegrenzter Reichweite
- hohe Ausgaberate der Positionen von 1 Wert/sek
- hohe horizontale Genauigkeit  
(100-300 m => 10-30 m seit 1.5.2001)
- Positionen werden laufend neu bestimmt,  
Genauigkeit ist nicht abhängig von vorheriger  
Position (im Gegensatz zu INS)
- zusätzlich werden Geschwindigkeiten berechnet



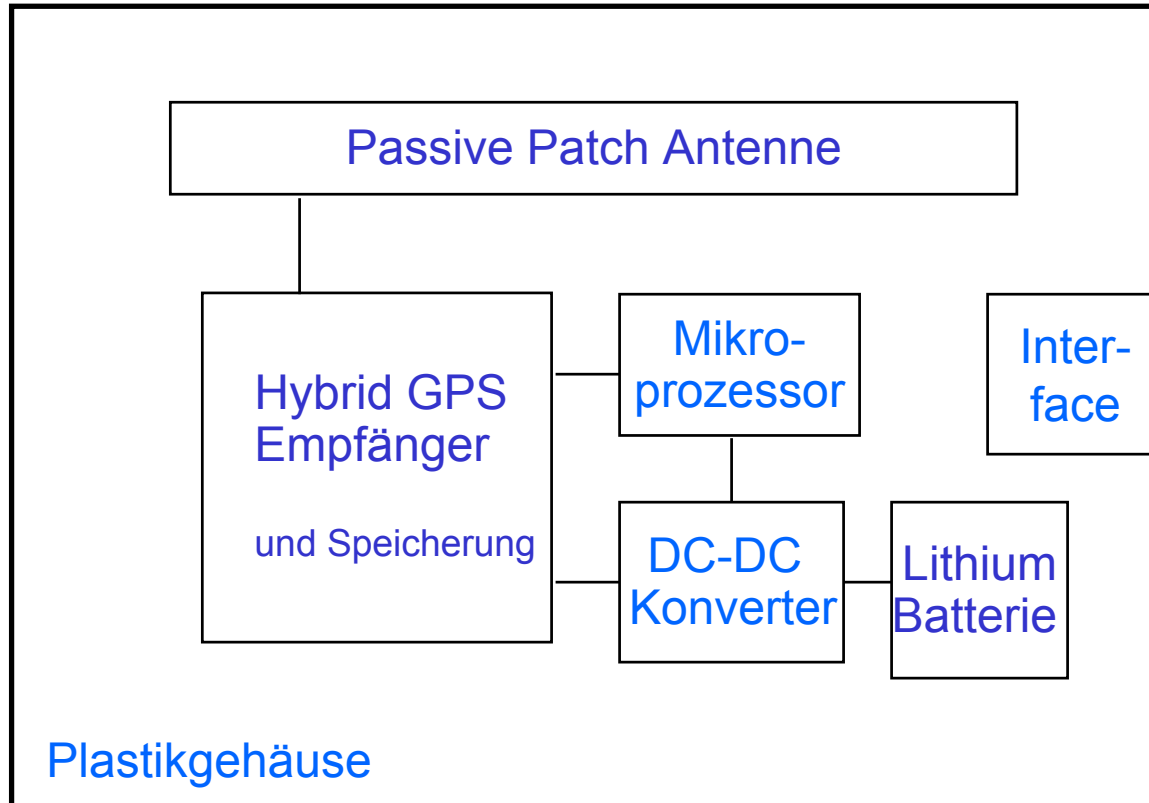
# Schema des Gerätes



**Gehäuse**



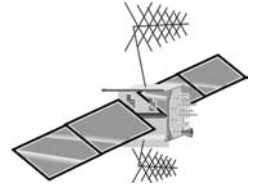
# Reales Gerät







# Eigenschaften des Geräts



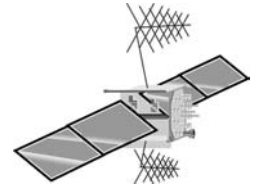
## Ursprünglich

## Erreicht

- |  |     |                |
|--|-----|----------------|
| • klein: 70*40*30 mm   | ++  | 85*40*15 mm    |
| • geringes Gewicht: ca 30 g  | +   | 33g            |
| • Meßrate 5 sec - 5 min  | +++ | 1 sec          |
| • Betriebszeit: 3 - 12 h   | +/- | 3 - 3,5 h      |
| • Entfernungsbereich min. 200 km   | +++ | weltweit       |
| • Aufzeichnen von wenigstens 180 Positionen  | +++ | 90.000         |
| • Daten sollen nach Ende des Stromflusses sicher gespeichert sein                          | ++  |                |
| • Aufzeichnen von Position, Geschwindigkeit und Richtung mit hoher Genauigkeit (100-300 m) | ++  | außer Richtung |
| • geringer Stromverbrauch  | -   | 167 mA         |
| • geringer Einfluß auf Taube   | +/- | Gewicht/Magnet |
| • geringes Magnetfeld  | +/- | 1500 nT        |



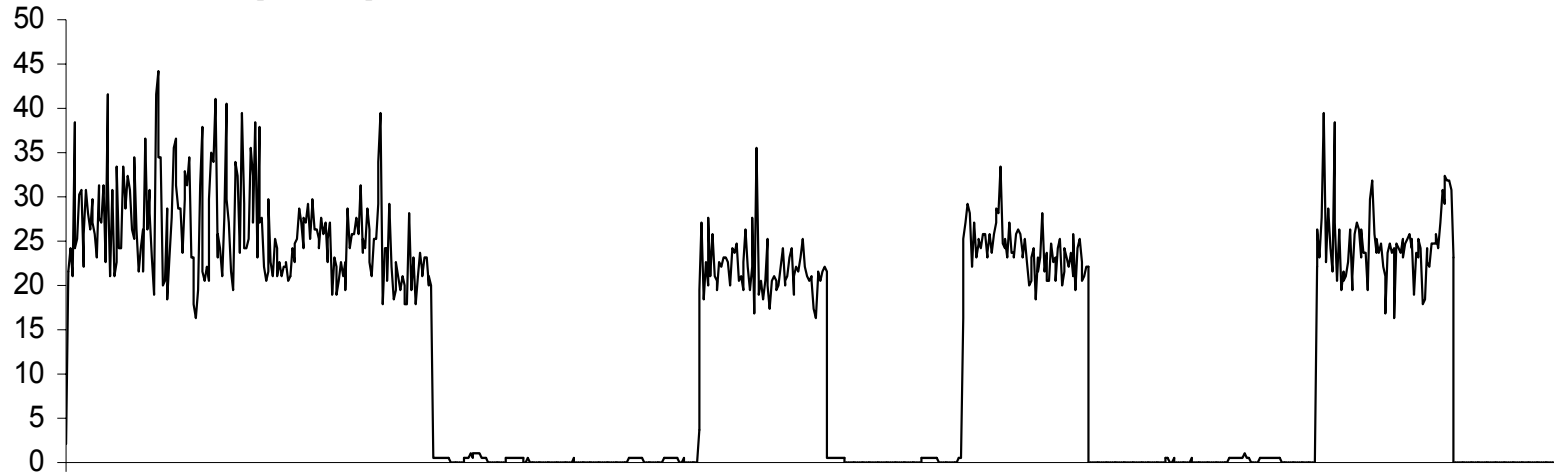
# Pausen im Flug



SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

77

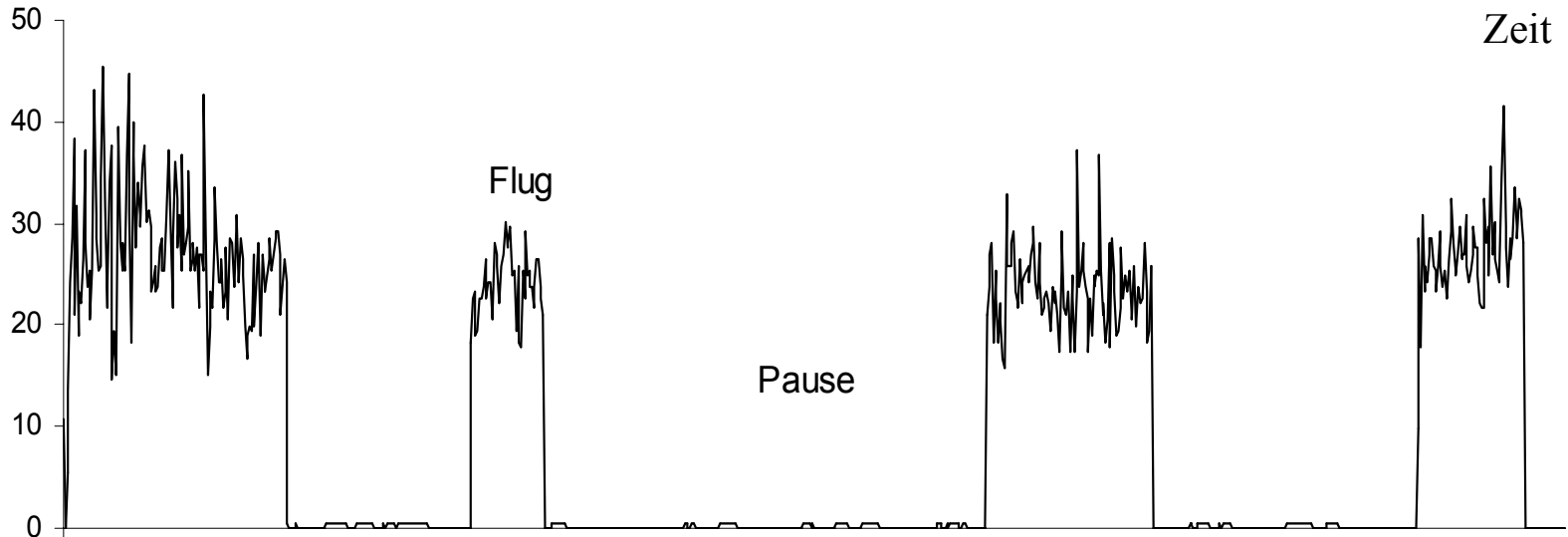
Geschwind. [Knoten]



Zeit

Flug

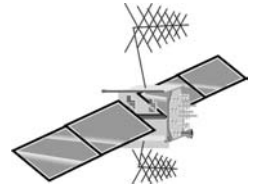
Pause



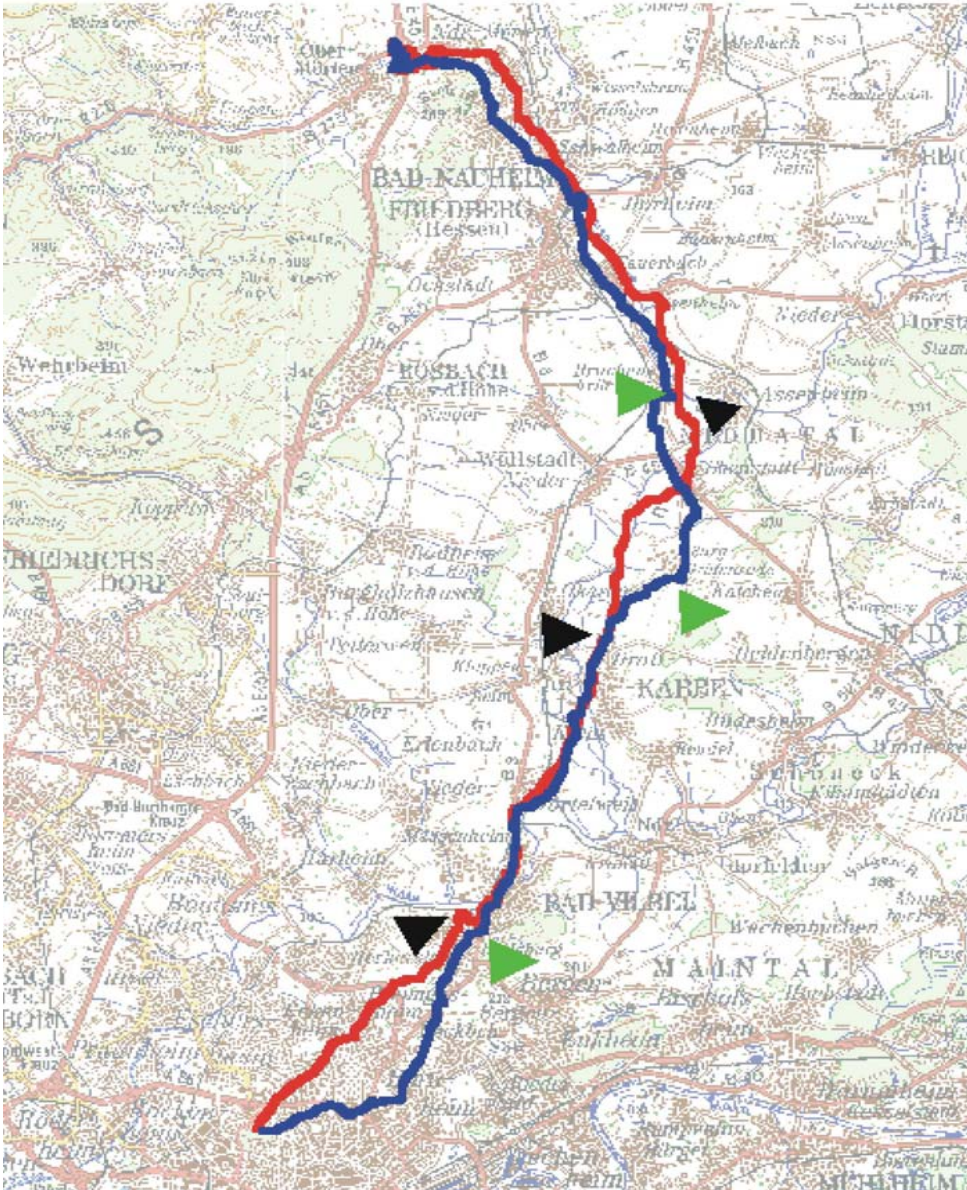
Institut für Kernphysik Frankfurt

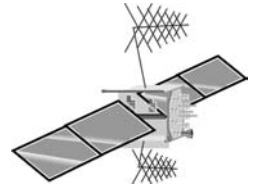
# Zwei Flugwege von Taube 1199 mit Pausen

Karen von Hünenbein, Institut für Zoologie, Dezember 1999



## Beispiel: Flugunterbrechungen



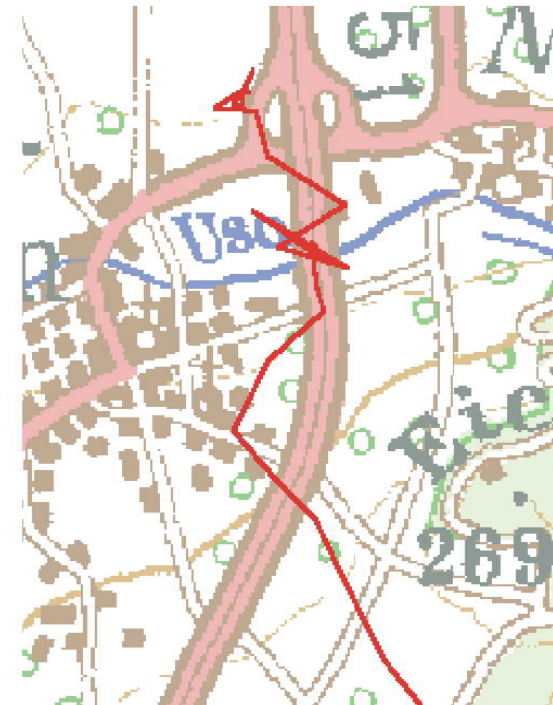
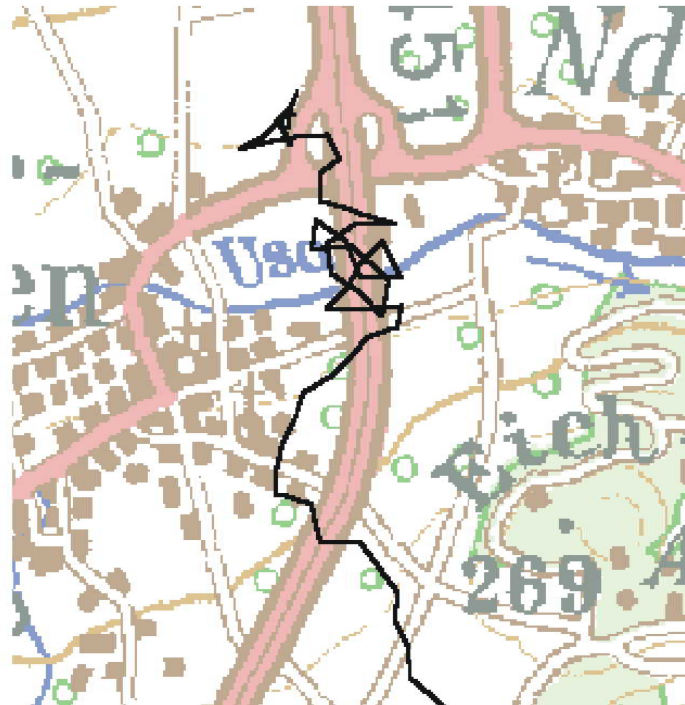
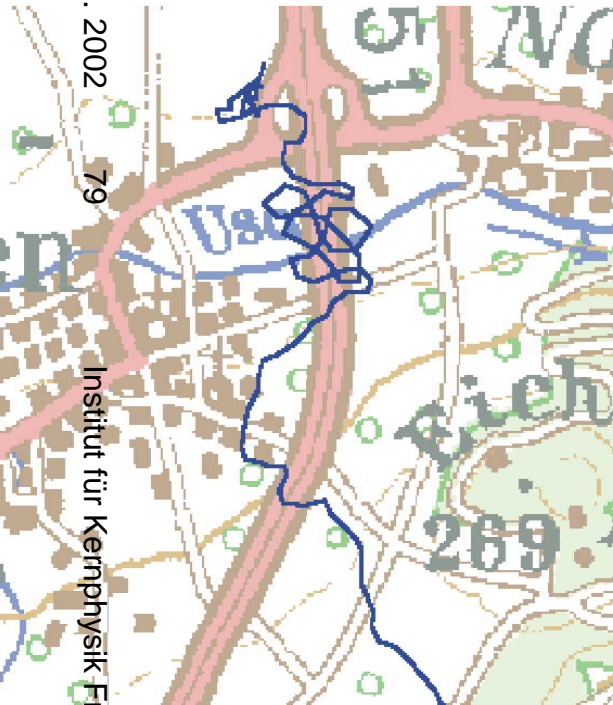


# Meßrate und Auflösung

1 Wert / 5 sec

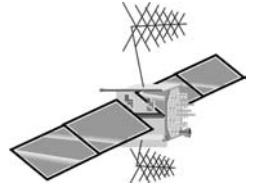
1 Wert / 10 sec

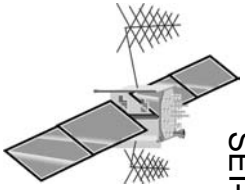
1 Wert / 30 sec



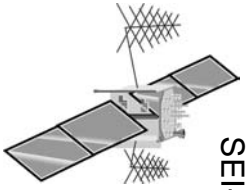


# Geschirr, Gewicht, Flugschreiber





# Brieftaube mit Geschirr



# Brieftaube mit Flugschreiber

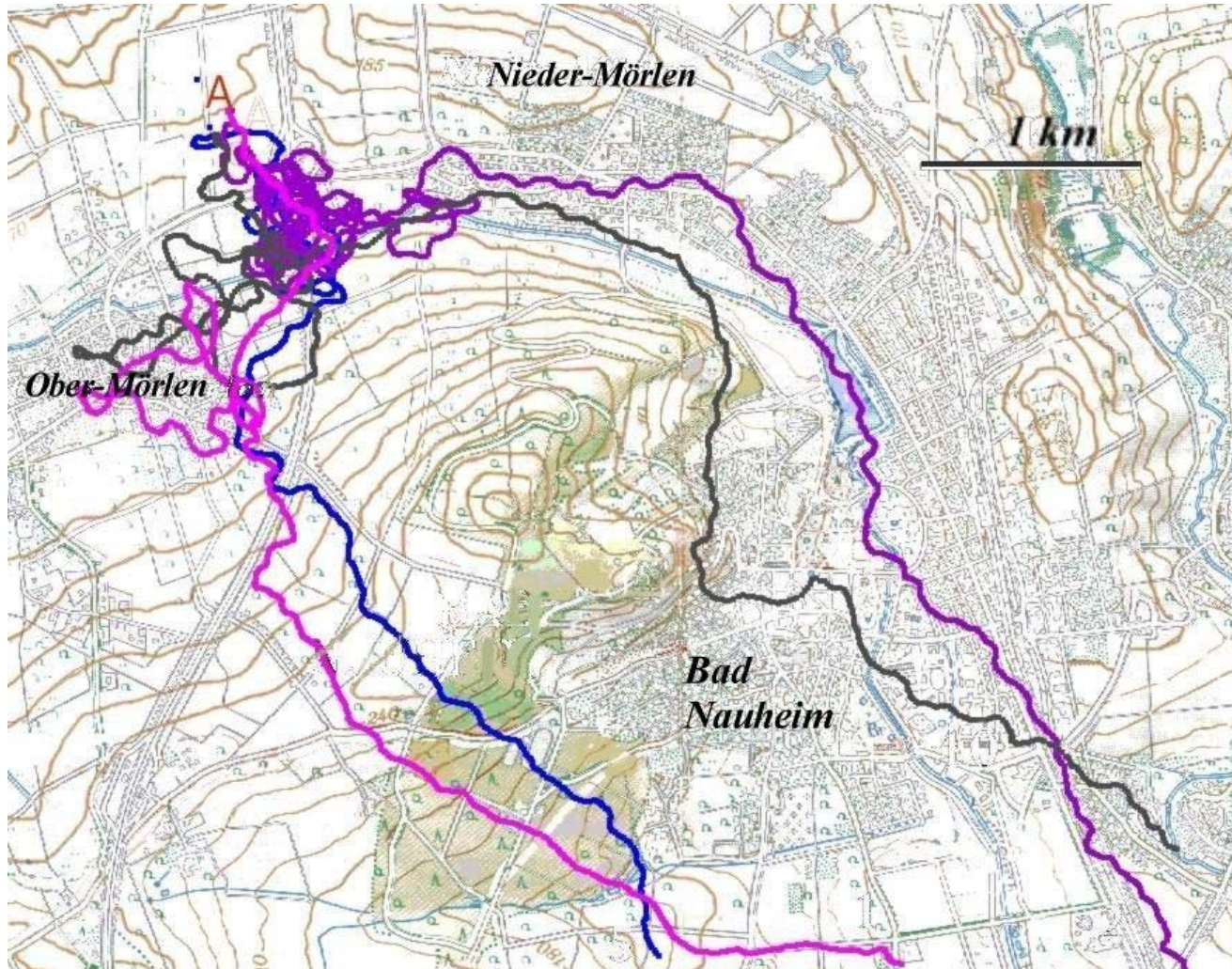
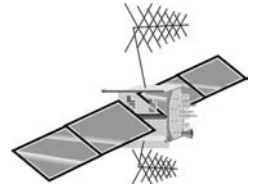
SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

82

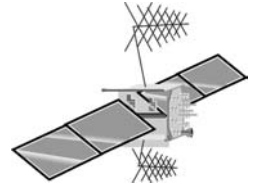
Institut für Kernphysik Frankfurt



# Anfangsabschnitte Flugwege

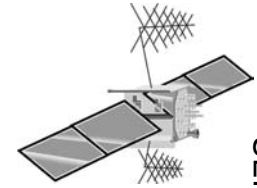






# Ergebnis

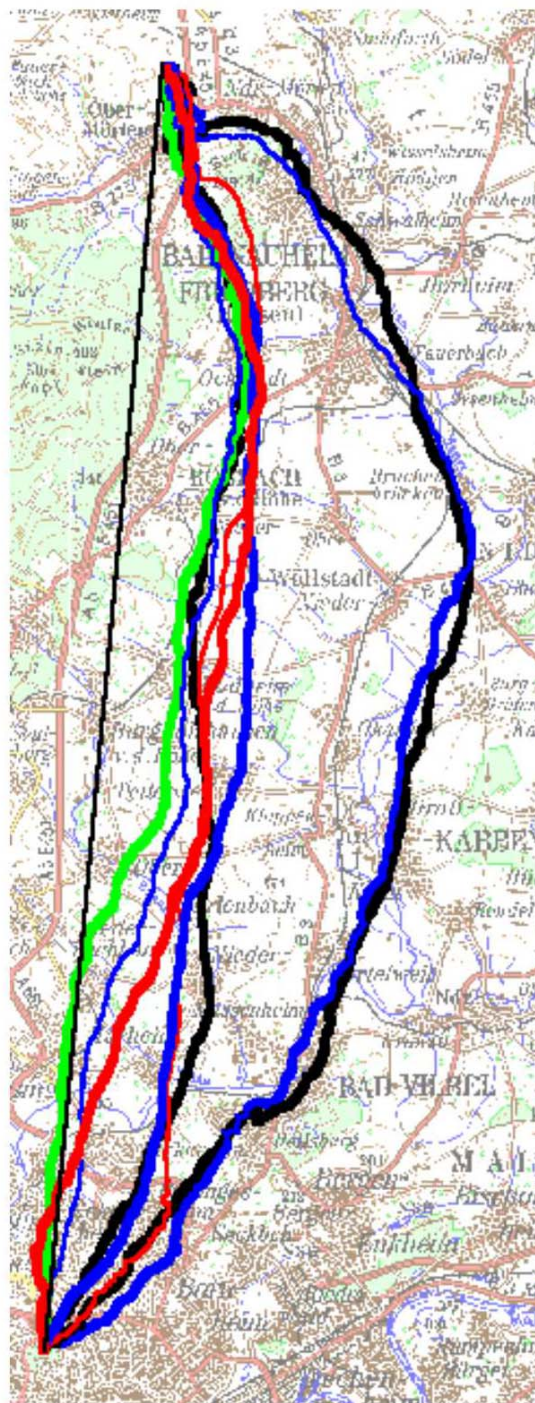
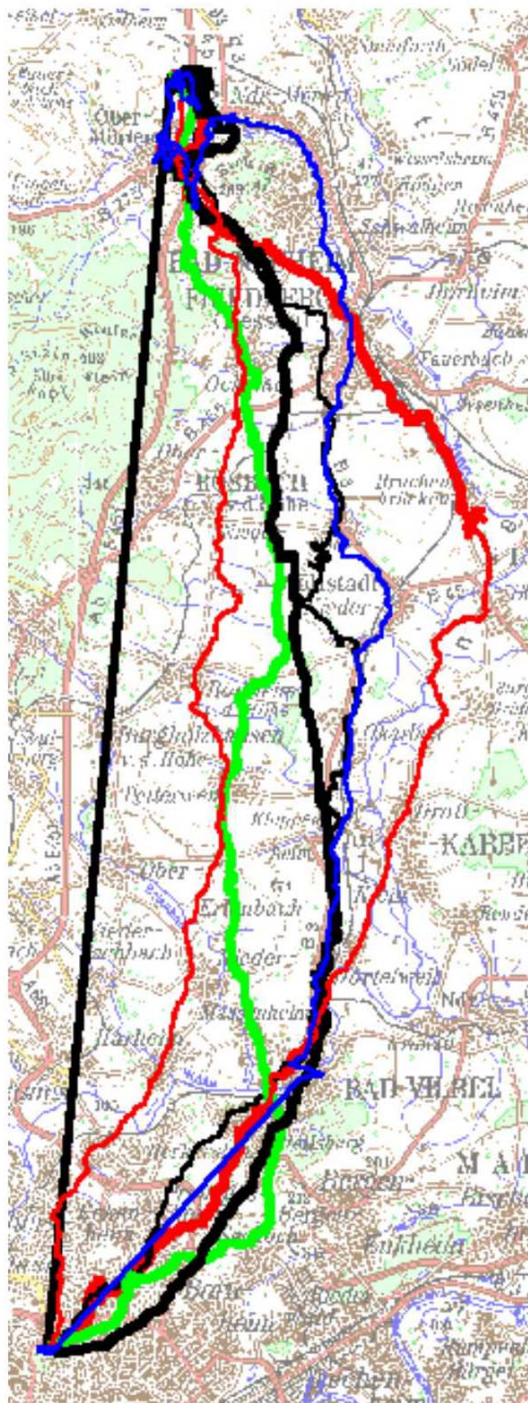
- Das technische Ziel ist erfüllt:  
Man kann jetzt Flugwege mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung messen, speichern und darstellen.
- Viele vollständige Flugwege: 115 / 134 (2000)



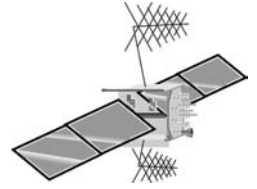
# Beispiele für Flugwege

Flug von Obermörlen  
29,5 km nördlich

links erster Flugtag (1/9)  
rechts letzter Flugtag (9/9)



# Zusammenfassung



- Es wurde das beste Navigationssystem ausgewählt, um Flugwege von Brieftauben zu messen und aufzuzeichnen.
- Es ist gelungen, einen funktionierenden, miniaturisierten GPS-Flugschreiber zu entwickeln.
- Die Tauben fliegen damit und kommen heim.
- Das Gerät liefert eine Fülle von Details der Flugwege mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung.

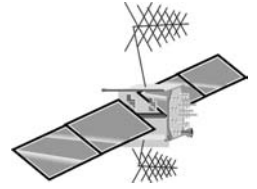


# Dank

an alle Kooperationspartner

Elektronikwerkstatt der Kernphysik

**RÜTER EPV Systeme, Minden**



# Zuverlässigkeitstheorie

**Dieter Notz**

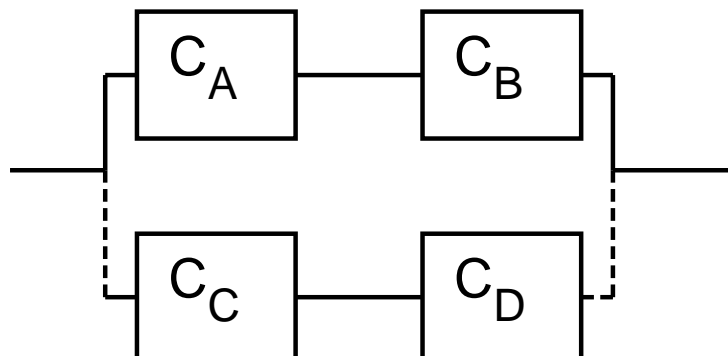
Deutsches Elektronen-Synchrotron,  
DESY, Hamburg

SEI Herbsttagung, Frankfurt, 22. - 24. September 2002

## Frage 1:

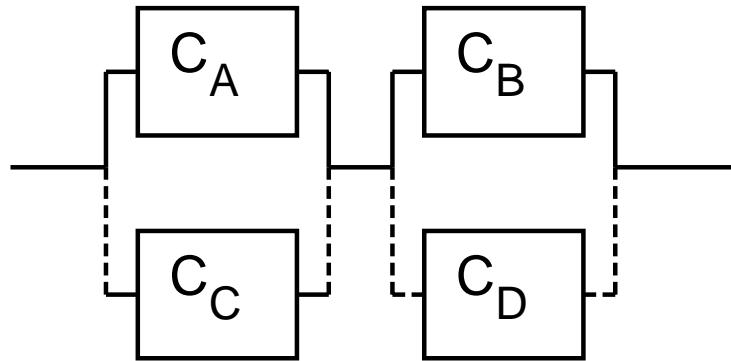
Wir haben Computer oder Glühlampen mit einer gegebenen *mean times between failure* (MTBF). Für eine gegebene Aufgabe müssen zwei Computer oder Glühlampen hintereinander geschaltet werden, wodurch sich die MTBF oder die Zuverlässigkeit reduziert.

Wie viele Computer müsste man parallel schalten, um die gleiche Zuverlässigkeit zu erreichen wie bei einem Einzelsystem?



**Frage 2:**

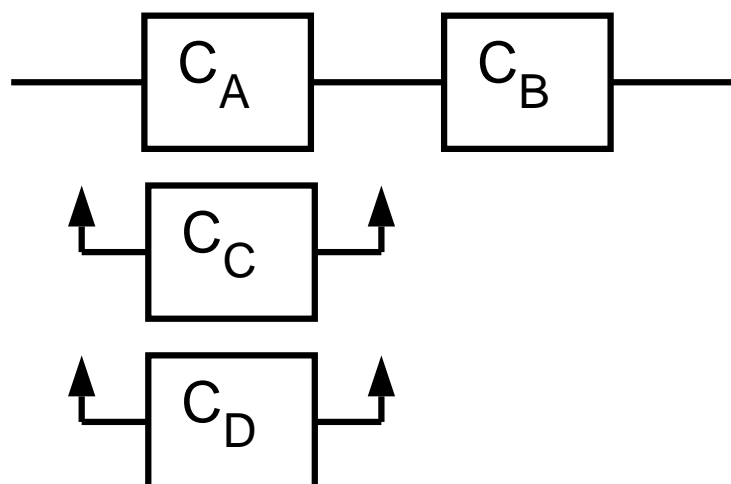
Wie viele Computer müssen benutzt werden, wenn wir die Situation haben wie unten gezeigt? Hier arbeitet das System, wenn (AB) oder (AD) oder (CB) oder (CD) arbeiten.



[Dieter Notz](#)

**Frage 3:**

Wieviele Computer müssen in der Anordnung unten benutzt werden? Stand-by Computer werden erst eingeschaltet, wenn der Hauptcomputer ausfällt. Der Schalter ist ideal und schaltet in null Zeit. Wir nehmen an, das Stand-by Computer nicht altern.



[Dieter Notz](#)

## Was ist Zuverlässigkeit?

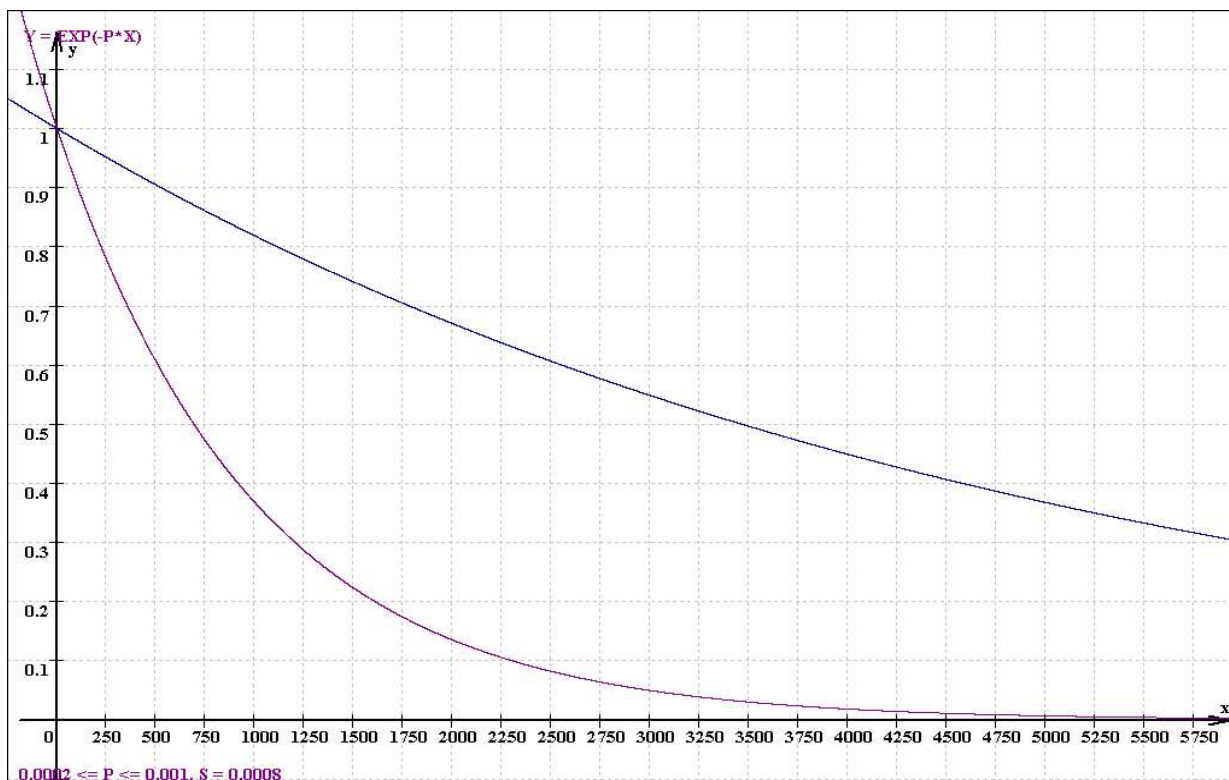
Die Wahrscheinlichkeit, dass ein unreparierbares System eine bestimmte Funktionalität aufweist, ohne einen Fehler für eine bestimmte Zeit  $t$  zu erzeugen, wird Zuverlässigkeit oder Zuverlässigkeitsfunktion genannt. Unreparierbar heißt, dass Fehler in einem System während der Laufzeit in Praxis zu unreparierbaren Konsequenzen führt.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein System kurz nach dem Einschalten korrekt arbeitet ist 1 und dass es nach unendlich langer Zeit noch arbeitet ist 0. Das führt zu  $R(0) = 1$  und  $R(\infty) = 0$ . Ein Beispiel für  $R(t)$  könnte sein:

$$R(t) = e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

Dieter Notz

## Reliability function for 1000 h and 5000 h $R(t)$



Dieter Notz

## Die Fehlerfunktion, Fehlerdichte, Fehlerrate

Die Fehlerfunktion  $F(t)$  beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass ein System bis zu einem bestimmten Zeitpunkt einen Fehler erzeugt.

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

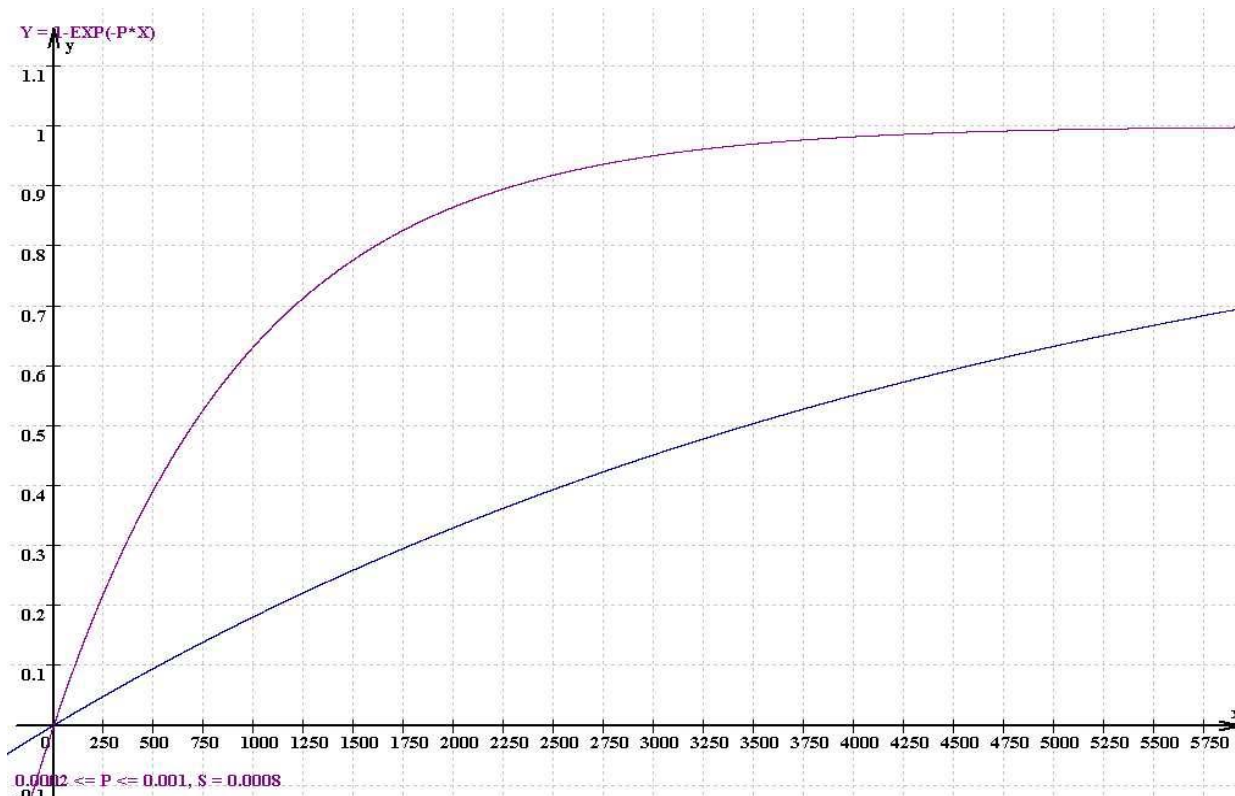
Für eine exponentielle Zuverlässigkeitsfunktion ist dann  $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ . Die Fehlerdichtefunktion  $f(t) = F'(t)$  beschreibt die Lebensdauer eines Systems. Die Fehlerratefunktion

$$\lambda(t) = f(t)/R(t) \quad (3)$$

beschreibt schließlich die Wahrscheinlichkeit  $\lambda(t)dt$  dass ein System, das das Alter  $t$  erreicht hat, im Intervall  $(t, t + dt)$  einen Fehler verursachen wird. Für eine Exponentialfunktion ist  $\lambda(t)$  eine Konstante.

[Dieter Notz](#)

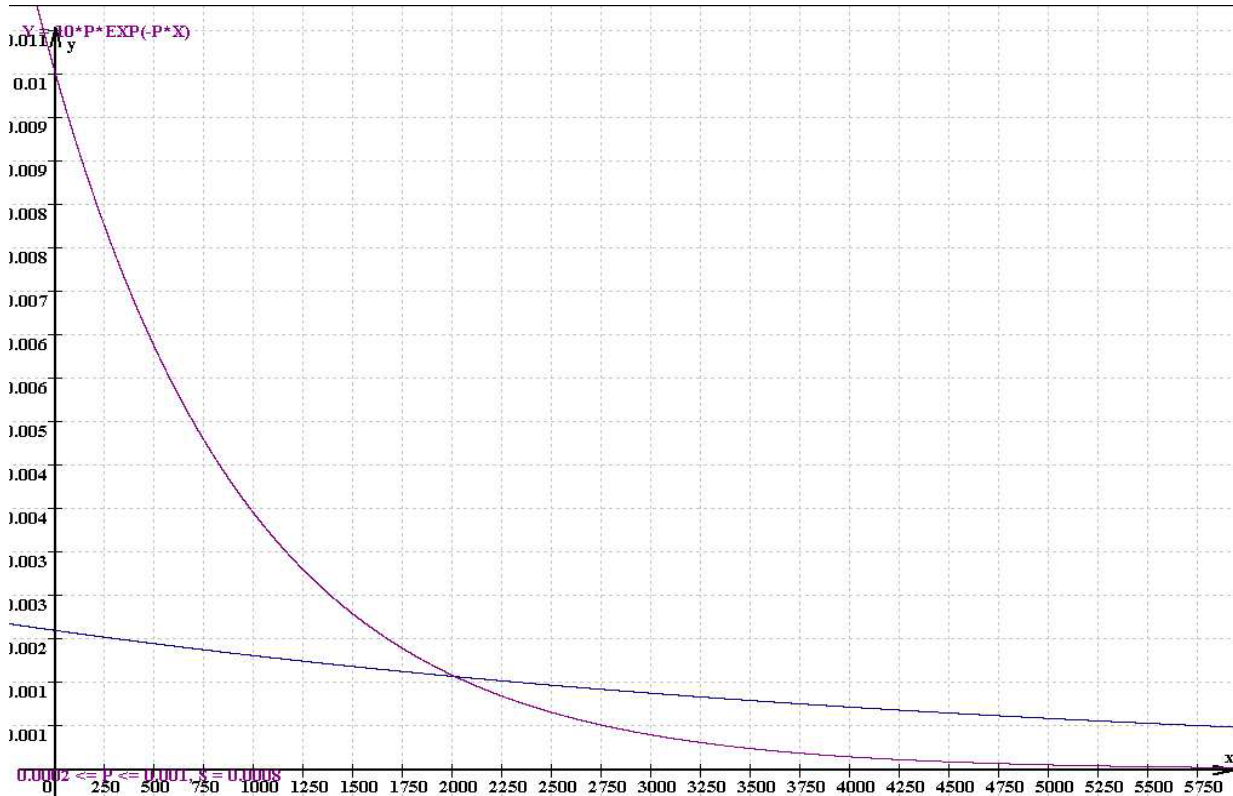
## Error function for 1000 h and 5000 h $F(t)$



[Dieter Notz](#)

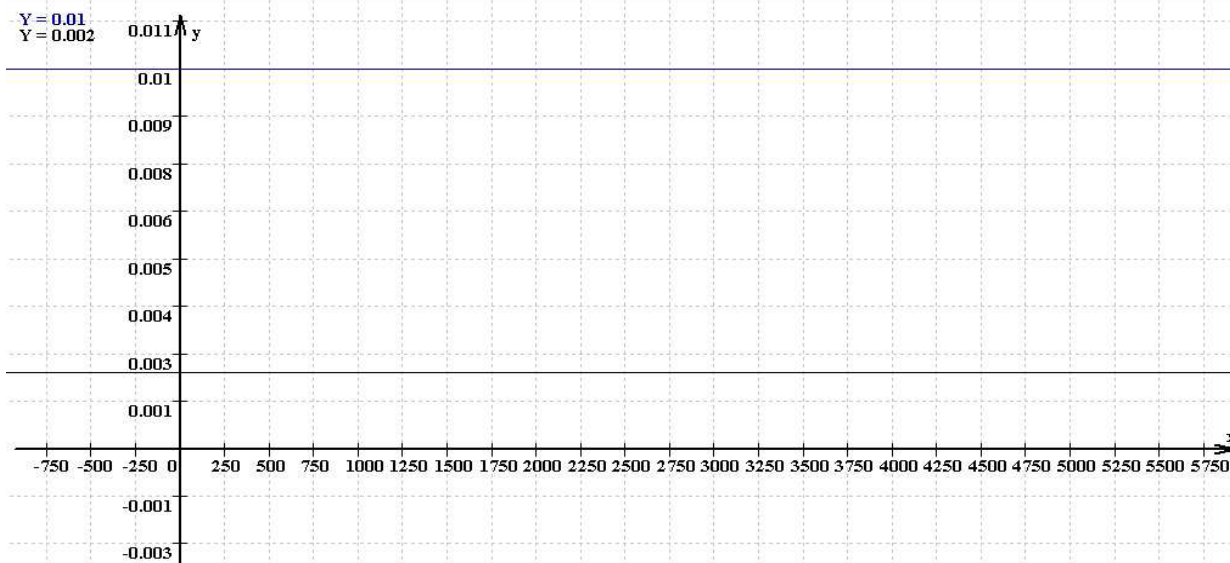


Error density function for 1000 h and 5000 h:  $10 \cdot f(t)$



Dieter Notz

Fehlerrate 1000 h and 5000 h:  $10 \cdot \lambda(t)$



Dieter Notz

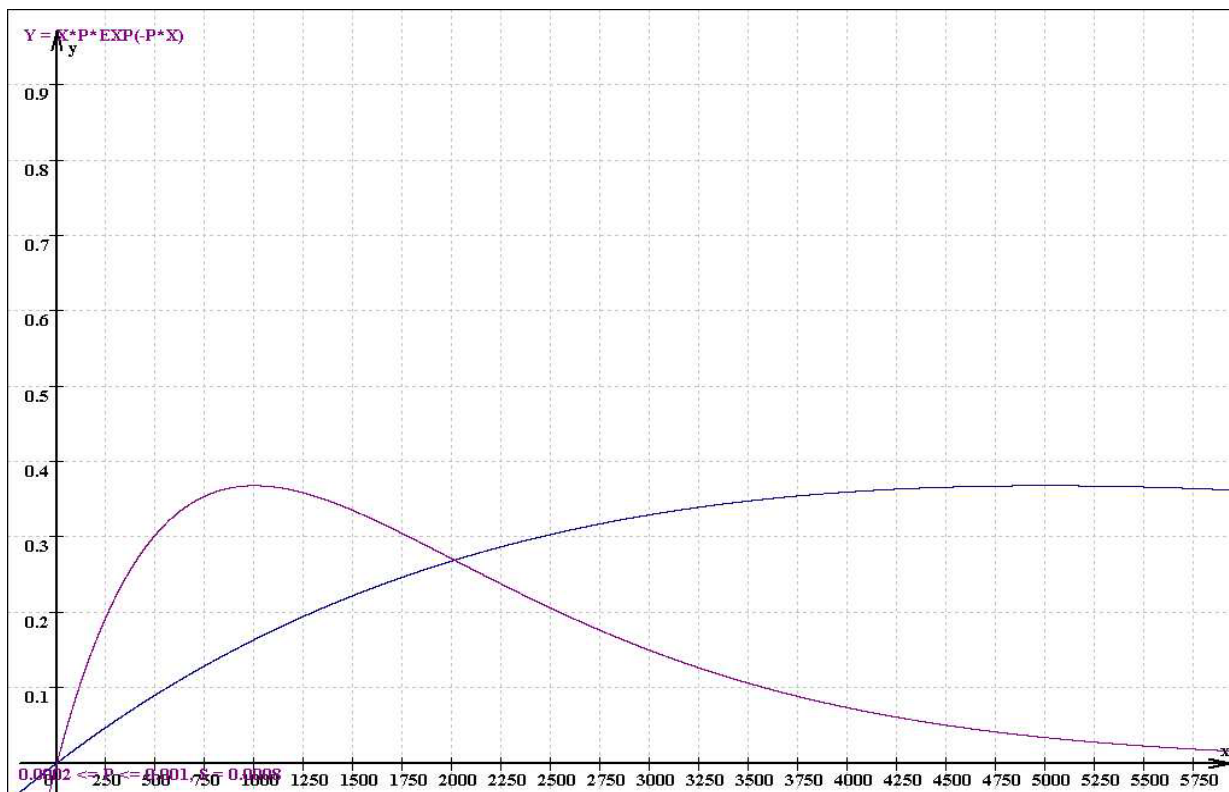
## Mean Time Between Failures

Sehr oft kann man nichts über die Zuverlässigkeitsfunktion aussagen. Aber man weiß etwas über die mittlere Lebensdauer des Systems. Man berechnet die Mean Time Between Failures (MTBF), die definiert ist als die erwartete Lebensdauer des Systems:

$$MTBF = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (4)$$

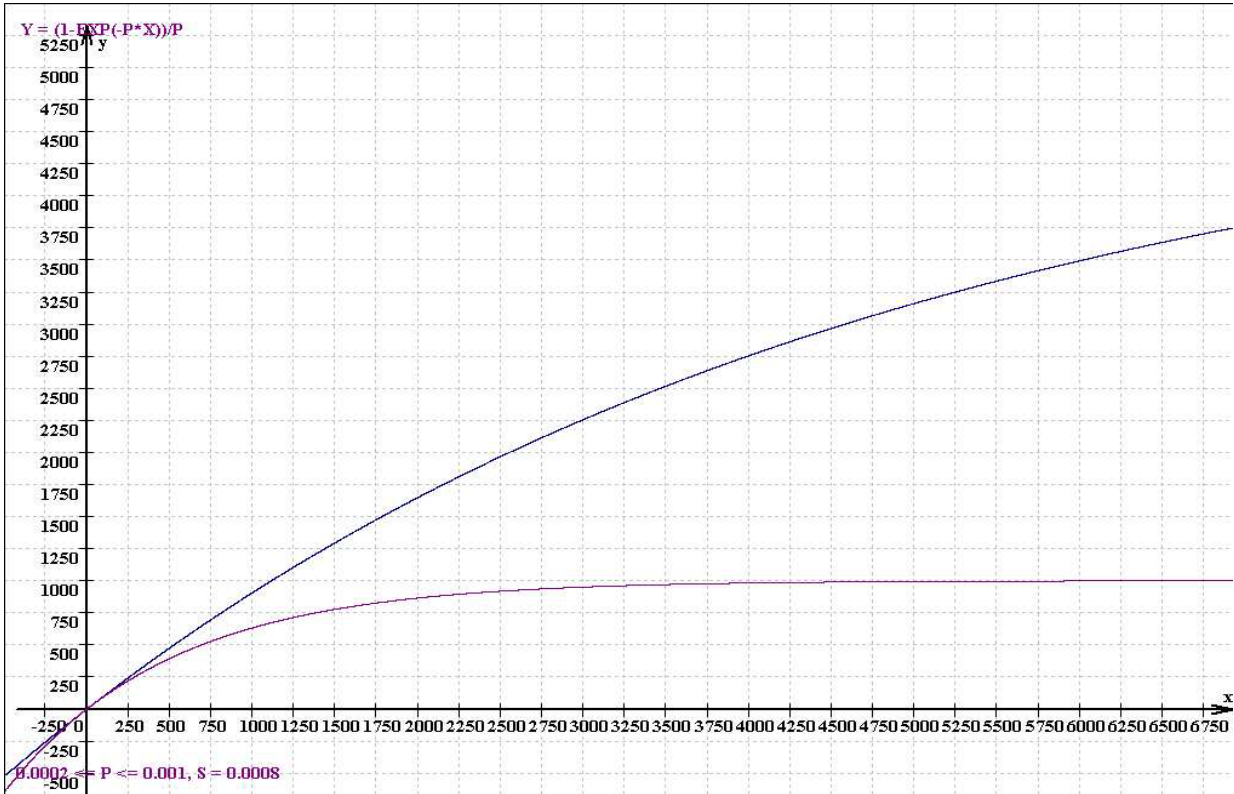
Dieter Notz

## Mean Time Between Failures: $t \cdot f(t)$ , for 1000 h and 5000 h



Dieter Notz

### Mean Time Between Failures for 1000 h and 5000 h



Dieter Notz

### Badewannenfunktion

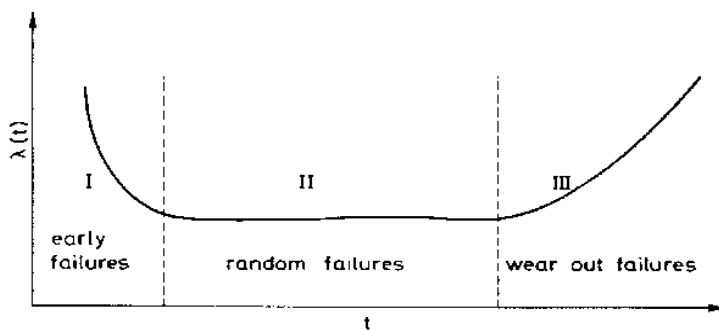


Fig. 2 Qualitative behaviour of the failure rate

Dieter Notz

Verschiedene Typen

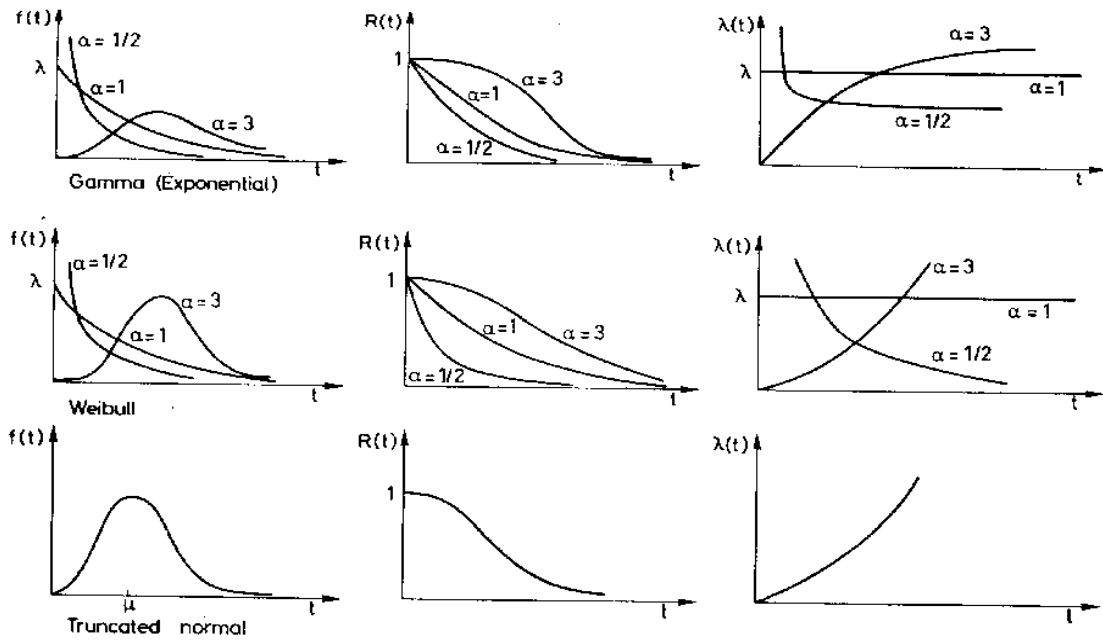


Fig. 3 Typical failure distributions

Dieter Notz

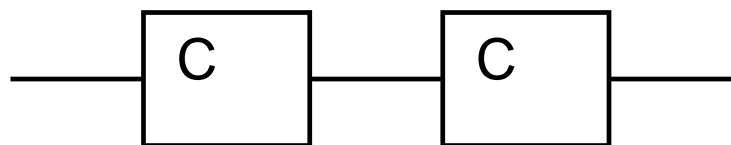
Computer in Reihe

Wir werden nun diskutieren, wie sich die Zuverlässigkeit ändert, wenn zwei Computer (oder Glühbirnen) in Reihe geschaltet werden. Wenn ein Computer ausfällt, dann fällt das ganze System aus.  $T_i$  ist die Lebensdauer des Computers  $C_i$ . Wir können dann sagen, daß  $R(t)$  ist die Wahrscheinlichkeit, dass  $T > t$  oder

$$R(t) = P(T > t)$$

Für ein gekoppeltes System ist notwendig, dass

$$R(t) = P(T_1 > t, T_2 > t)$$

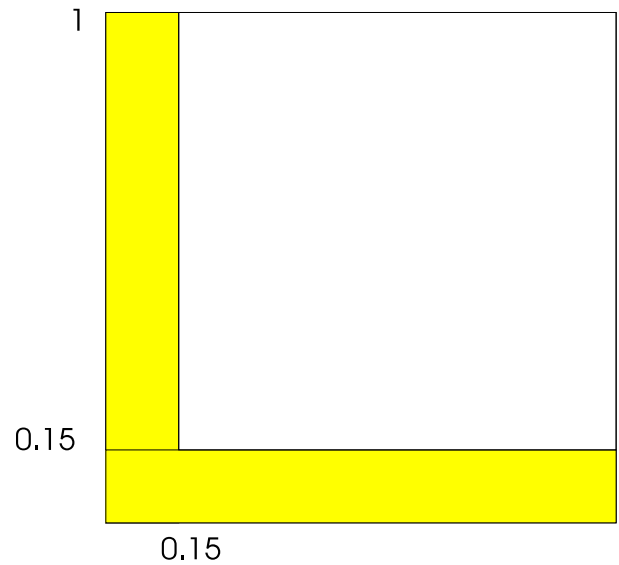


Da die individuellen Lebensdauern unabhängig voneinander sind, folgt

$$R(t) = \prod_{i=1}^2 P(T_i > t) = \prod_{i=1}^2 R_i(t) \tag{5}$$

Dieter Notz

## Computer in Reihe, Wahrscheinlichkeiten



[Dieter Notz](#)

Die Fehlerratefunktion ist dann

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^2 \lambda_i(t)$$

Ist die individuelle Fehlerrate konstant, dann addieren sich diese

$$\lambda = \sum \lambda_i$$

Haben beide Computer die gleiche Zuverlässigkeitsfunktion  $R(t)$  dann erhalten wir

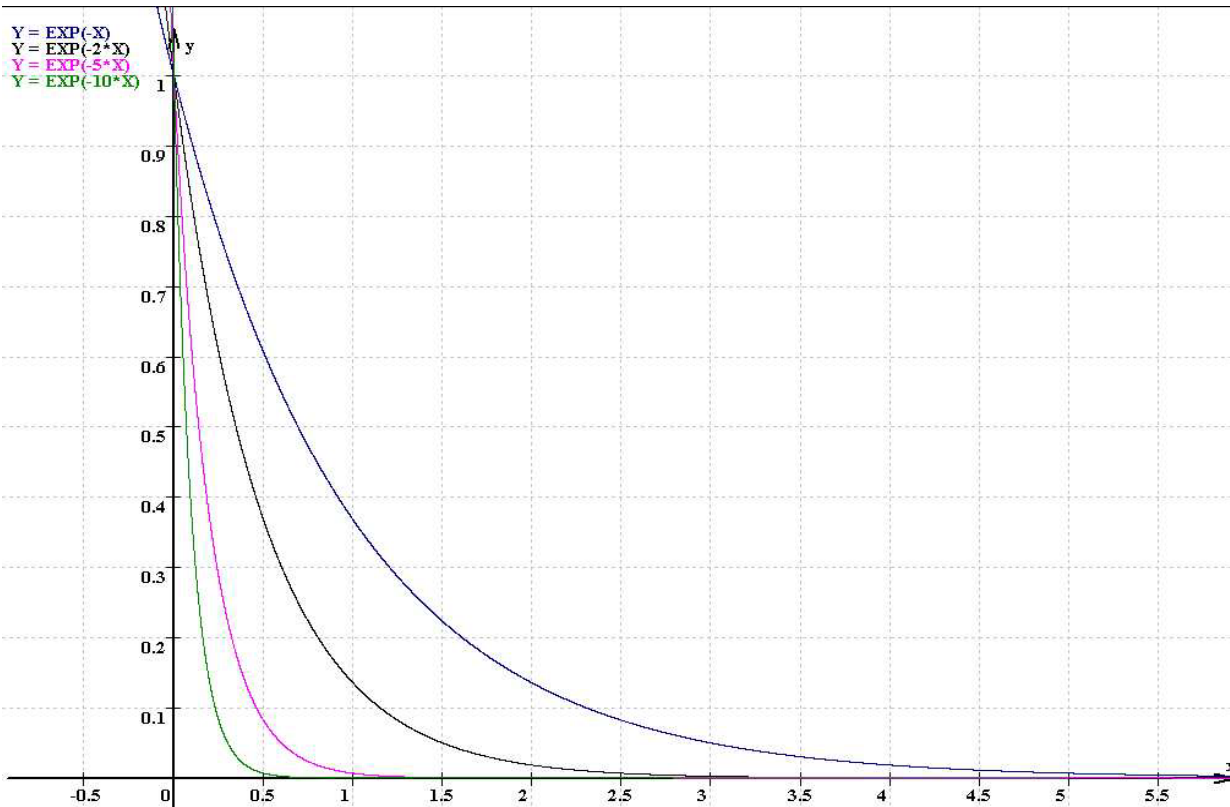
$$R(t_i, n\lambda_0) = e^{-n\lambda_0 t}$$

$$MTBF = 1 / \sum \lambda_i = (1/n) MTBF_{component} \quad (6)$$

Zwei hintereinandergeschaltete Computer mit derselben MTBF haben nur noch die Hälfte der MTBF eines individuellen Computers!

[Dieter Notz](#)

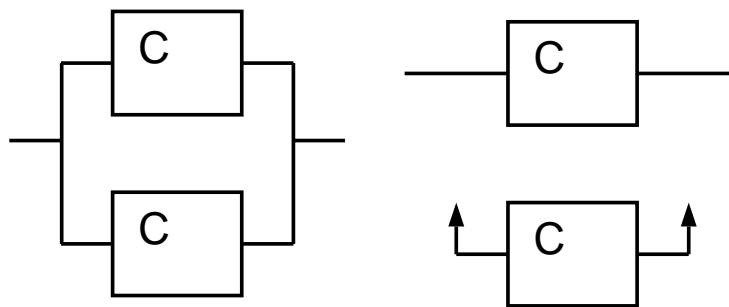
## Computer in Reihe



Dieter Notz

## Parallel geschaltete Computer

In Systemen mit parallel geschalteten Computern unterscheidet man zwischen heißen parallel Systemen, in denen alle Komponenten ständig angeschlossen sind, und kalten parallelen Systemen oder Stand-by Komponenten, die zur Verfügung stehen, um eine Komponente zu ersetzen.

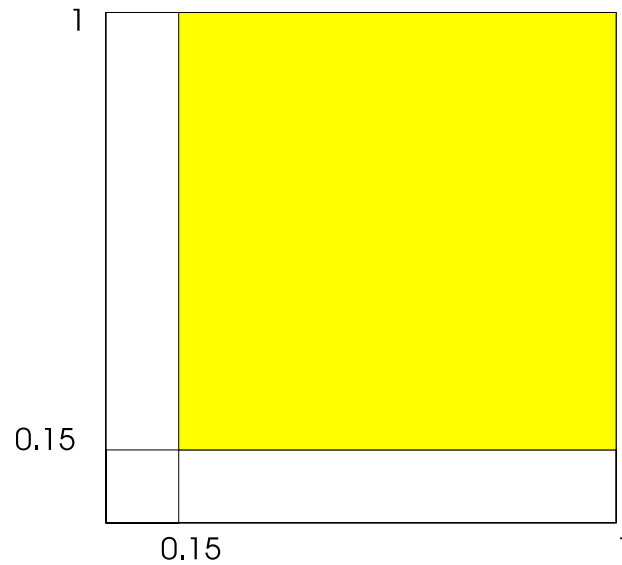


T sei die Lebensdauer des Systems. Dann gilt:

$$R(t) = 1 - P(T < t) = 1 - P(T_1 < t, \dots, T_n < t)$$

Dieter Notz

### Computer parallel (heiße Redundanz)



[Dieter Notz](#)

Das System bleibt stehen, wenn alle Computer stehen bleiben:

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P(T_i < t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P(T_i > t)] \quad (7)$$

Ein System mit Computern  $C_1, \dots, C_n$  in heißer paralleler Verbindung hat die Zuverlässigkeit

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

In einem System, in dem die Einzelcomputer die selbe Zuverlässigkeit haben, steigt die Gesamtzuverlässigkeit auf

$$R(t) = R(T; n\lambda_0) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^n$$

[Dieter Notz](#)

Die Fehlerrate  $\lambda(t)$  ist keine Konstante mehr, sondern

$$\lambda(t, n\lambda_0) = \frac{n\lambda_0}{\sum_{j=1}^{n-1} (1 - e^{-\lambda_0 t})^{-j}} \quad (8)$$

Die Funktion steigt mit der Zeit und konvergiert gegen 1 für  $t \rightarrow \infty$ .

Die MTBF ändert sich zu

$$MTBF = \left( \sum 1/k \right) MTBF_{component}$$

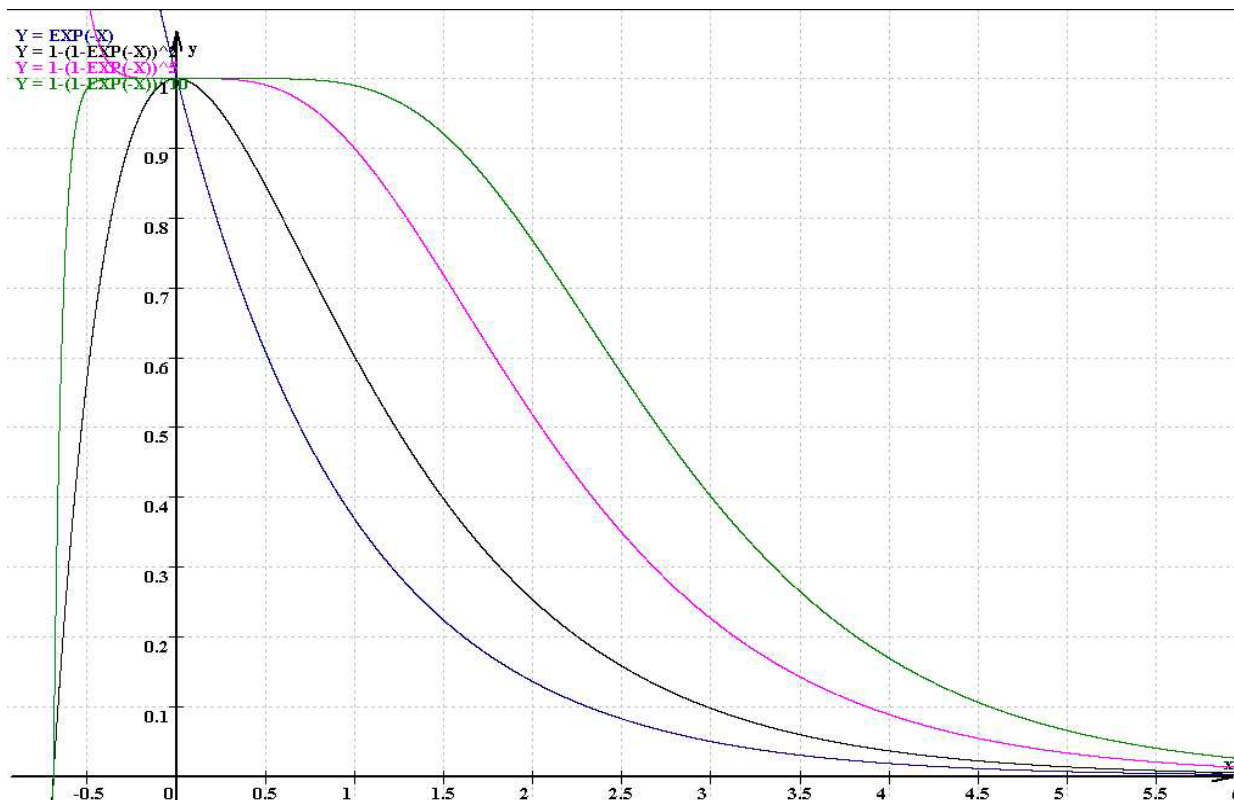
Bei zwei parallel geschalteten Computern steigt die MTBF nur um 50 %.

$$MTBF_2 = 1.5 \times MTBF_{component}$$

Aber das Zeitintervall bei 90 % steigt um den Faktor 4.

[Dieter Notz](#)

### Parallel geschaltete Computer (heiße Verbindung)



[Dieter Notz](#)



## Parallel geschaltete Computer (kalte Verbindung)

Wir untersuchen nun die Situation mit Stand-by Computer (kalte Redundanz). Wir nehmen an, dass Systeme nicht altern, solange sie nicht benutzt werden. Das gilt für mechanische Systeme, nicht aber für Elektronik mit Batterien oder Kondensatoren, die austrocknen können.

Das System bestehe aus einem Computer  $C_0$  für das alle Stand-by Computer Ersatzteile sind. Wenn  $C_0$  ausfällt, wird er durch  $C_1$  ersetzt usw. Das System bleibt stehen, wenn alle Komponenten fehlerhaft sind. Das führt zu

$$MTBF = \sum MTBF_{component} \quad (9)$$

[Dieter Notz](#)

## Parallel geschaltete Computer (kalte Verbindung)

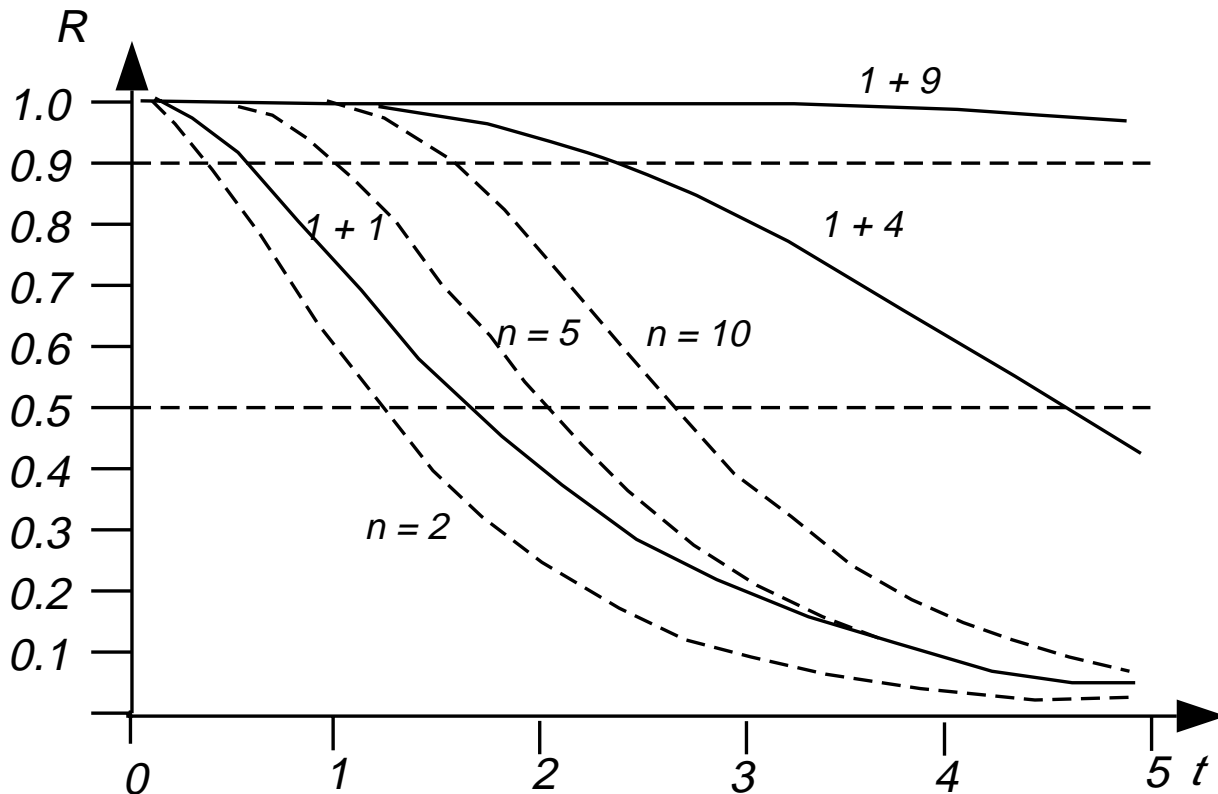
Hat man ein System mit  $m$  hintereinander geschalteten Computern und  $n$  Stand-by Computern bleibt das System stehen, nachdem  $n+1$  Komponenten ausgefallen sind. Für Systeme, in denen alle Komponenten die gleiche Fehlerrate haben, erhalten wir

$$MTBF = \frac{n+1}{m} MTBF_{component} \quad (10)$$

Systeme mit kalter Redundanz sind zuverlässiger als solche mit heißer Redundanz, weil Stand-by Komponenten nicht altern.

[Dieter Notz](#)

## Parallel geschaltete Computer (kalte Verbindung)



Dieter Notz

## Antwort 1

Die MTBF für zwei hintereinander geschaltete Computer ist  $MTBF_{serial} = 0.5$

$MTBF_{component} \cdot$

Die MTBF für das Gesamtsystem durch jeweils hintereinander geschaltete paralleler Zweige mit heißer Redundanz ist dann

$$MTBF_{system} = \left( \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \right) MTBF_{component} \quad (11)$$

Für welches  $n$  ist  $MTBF_{system} \geq MTBF_{component}$  ?

$$\frac{1}{2} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \geq 1; \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right) / 2 \geq 1$$

Wir brauchen acht (vier parallele Zweige mit je zwei Computern) um ein  $MTBF$  für das Gesamtsystem zu erhalten, das mindestens so zuverlässig ist wie das Einzelsystem.

Dieter Notz

## Antwort 2

Ein Vier-Computer-System arbeitet, wenn (AB) oder (AD) oder (CB) oder (CD) arbeitet. Die Zuverlässigkeit einer parallel-zu-seriellen Verbindung ist

$$\begin{aligned} R_{system} &= [1 - (1 - R_A)(1 - R_C)][1 - (1 - R_B)(1 - R_D)] \\ &= R^4 - 4R^3 + 4R^2 \end{aligned}$$

wenn alle Computer dieselbe Zuverlässigkeit haben. Die MTBF für exponentielle Zuverlässigkeitsfunktion  $R(t) = e^{-\lambda t}$  ist dann

$$MTBF_{system} = \int_0^{\infty} R(t)_{system} dt = \frac{4}{2\lambda} - \frac{4}{3\lambda} + \frac{1}{4\lambda} = \frac{11}{12\lambda} \quad (12)$$

was etwa so groß ist wie die Zuverlässigkeit des Einzelsystems. Mit 6 Computern (zwei in Serie, drei parallel) erhält man  $MTBF = (73/60) MTBF_{component}$ . Mit 6 Computern ist das System mindestens so zuverlässig wie ein Einzelsystem.

[Dieter Notz](#)

## Antwort 3

Im dritten Beispiel brauchen wir nur einen Ersatzcomputer, um dieselbe Zuverlässigkeit zu bekommen wie bei einem Einzelcomputer.  $n=1$ ,  $m=2$ :

$$MTBF_{system} = (2/2)MTBF_{component} = MTBF_{component} \quad (13)$$

[Dieter Notz](#)

# Duale Schaltungen für die Kurzzeitmessung

Gerd Nowack

Lehrstuhl für Datenverarbeitung, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Ruhr-Universität Bochum, IC 4/146, D-44780 Bochum [Nowack@etdv.ruhr-uni-bochum.de](mailto:Nowack@etdv.ruhr-uni-bochum.de)

## 1. Abstract

Bei der Verwendung normaler Leveltrigger entstehen systematische Meßfehler, wenn die Start- und Stoppsignale nicht identisch sind. Dazu kommt noch der Jitterfehler als Folge des Amplituden- Kanalrauschens bei endlichen Impulsanstiegszeiten. Insbesondere der relativ große amplitudenabhängige Walkfehler kann durch den Einsatz von Constant-Fraction-Triggern (CFT) vollständig unterdrückt werden. Dazu werden Nullspannungsdiskriminatoren benötigt. Die bekannten CFT's beruhen auf der Verarbeitung von Spannungssignalen, deren Bandbreite oft durch die Höhe der Arbeitswiderstände und der parasitären Kapazitäten limitiert wird. Unter der Voraussetzung, daß in modernen mikroelektronischen Aufbauten der kapazitive den induktiven Parasitäreinfluß übersteigt, ist es sinnvoll, die traditionellen Schaltungen mit Hilfe der Dualität in Schaltungen umzuwandeln, bei denen die Informationen als Parameter von Stromsignalen auftreten. Es werden CFT's für Stromsignale sowie Nullstromtriggerschaltungen entworfen, aufgebaut und getestet.

## 2. Einleitung

### 2.1. Air-born Flugzeit-Massenspektrometer

In konventionellen Massenspektrometern benutzt man starke elektrische und magnetische Ablenkfelder, um die Masse (meist ionisierter Atome) zu bestimmen. Insbesondere aber stehen in Satellitenmeßeinrichtungen aus Gewichtsgründen keine starken Magnetfelder zur Verfügung. Deshalb werden dort sog. Flugzeit-Massenspektrometer verwendet, deren prinzipielle Arbeitsweise in Abbildung 1 erklärt wird.

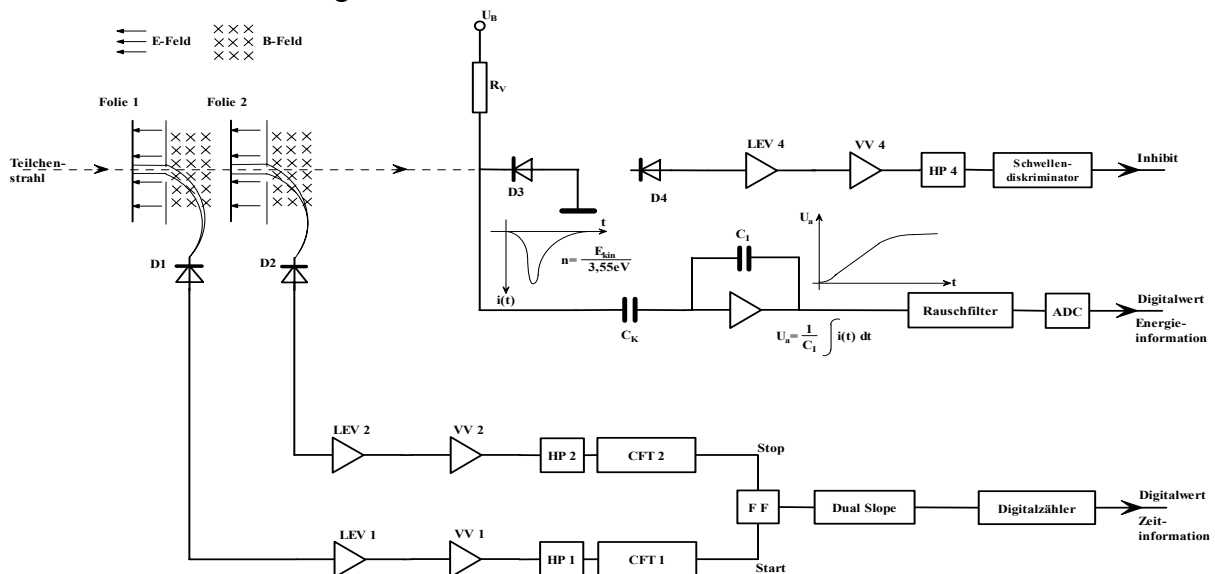


Abbildung 1: Flugzeit-Massenspektrometer

Über eine Verstellung des Öffnungswinkels wird erreicht, daß sich nur jeweils ein Teilchen in der Auswerteelektronik befindet. Dieses Teilchen löst beim Durchtritt durch zwei dünne Kohlenstofffolien, die sich auf einem definierten Abstand von einigen Zentimetern befinden, Elektronen aus, die mittels Gitterspannungen zunächst beschleunigt und dann durch kleine magnetische Felder auf seitwärts gelegene Detektordioden (D1, D2) abgelenkt werden. Unter der Annahme geringster Energieverluste wird das Teilchen dann in der p/n-Schicht der Diode

D3 vollständig abgebremst. Der ladungsempfindliche Verstärker (LEV) gibt eine energiesignifikante Amplitude über das Rauschfilter an den ADC, der ein digitales Datenwort für die Größe der Teilchenenergie bildet. Sollte die Teilchenenergie extrem hoch sein, muß der Meßwert verworfen werden. Dies geschieht, wenn das aus der Detektordiode D4 abgeleitete Signal eine Schwellenspannung überschreitet und so ein Inhibit Signal auslöst wird.

Die Start/Stop-Signale der Flugzeitmessung werden durch zwei parallele, ansonsten identische Ketten, bestehend aus je einem ladungsempfindlichen Verstärker (LEV), einem Vorverstärker mit anschließender Rauschfilterung zur Reduzierung des Jitterfehlers und einem CFT erzeugt. Die digitalen Signale haben dieselbe Amplitude, sind aber um die Flugzeit des Teilchens zeitversetzt. Über das Flipflop (FF) wird ein Dualslope-Rampengenerator so gesteuert, daß die kurzen Zeitenintervalle über einen festen Faktor vergrößert als Torsignale eines Digitalzählers zur Verfügung stehen. Dadurch können kurze Zeiten mit hoher Auflösung gemessen werden und als Digitalwert weiterverarbeitet werden.

In diesem Beitrag steht die Schaltungstechnik der CFT's im Vordergrund. Die Hochpässe werden auch eingesetzt, um aus den Signalen der Rechteckgeneratoren impulsförmige Eingangssignale für die CFT's abzuleiten. Die Ausgangsstufe der CFT's ist jeweils ein Nullsignaltrigger, dessen Ausgangssignale auf einem Zweikanaloszillograph zur Zeitdifferenzmessung benutzt werden können. Die Digitalisierung der Zeitinformation ist also nicht notwendig, um die erreichten Verbesserungen nachzuweisen.

## 2.2. Grundlagen der Constant-Fraction-Trigger

Die einfachste Methode zeitsignifikante Signale zu erhalten, ist der Einsatz von Schwellwerttriggern. Im Falle zweier identischer, zeitversetzter Signale können mit deren Hilfe Start- und Stoppsignale erzeugt werden, deren Zeitdifferenz genau der Zeitdifferenz zwischen den Impulsanfängen entspricht. Die gemessene Zeit  $\Delta t_m$  ist identisch der gesuchten Meßgröße:  $\Delta t_x$ . Ein Meßfehler tritt nicht auf:

$$\Delta t_m = \Delta t_x$$

Je nach Applikation treten Unterschiede in Amplitude und Form der Start/Stopimpulse auf. Beim Flugzeit-Massenspektrometer variieren die Amplituden im Verhältnis 1:1 bis 100:1. Der Fall einer etwa doppelt so großen Amplitude des Stoppsignals ist in Abbildung 2 dargestellt.

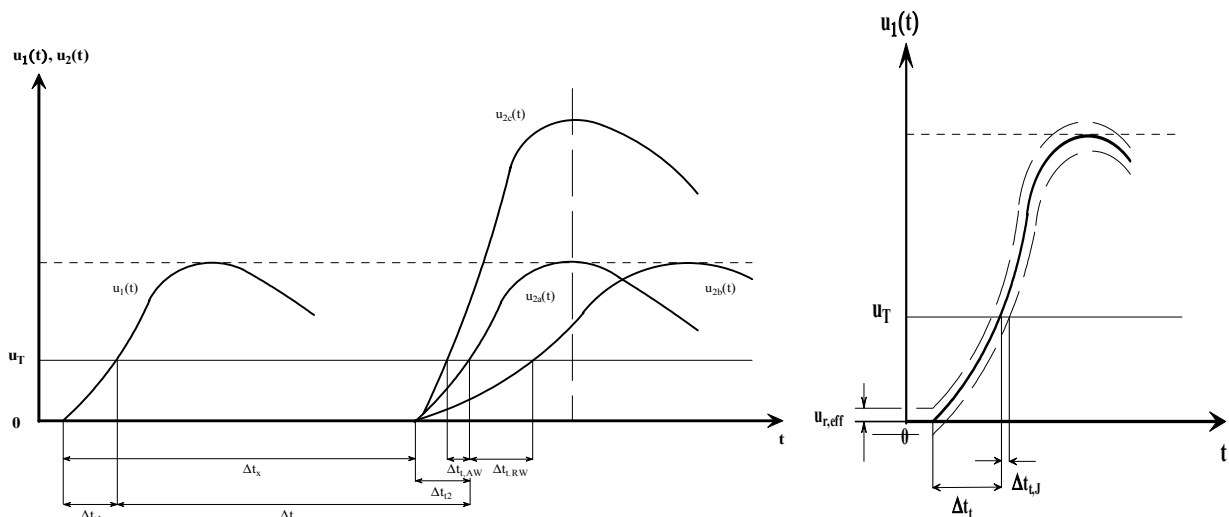


Abbildung 2: Zeit-Meßfehler des Leveltriggers (Prinzip)

Das Stoppsignal wird zu früh ausgelöst. Ein amplitudenabhängiger Meßfehler  $\Delta t_{t,AW}$  tritt auf:

$$\Delta t_m = \Delta t_x - \Delta t_{t,AW}$$

Die Formvariation der Signale, die durch die Absorption von Elektronen in der p/n-Schicht einer Siliziumdiode entsteht, hängt vom Weg des Elektrons durch das Kristall ab. Sie

schwankt zwischen 1:1 und 1:3. Der Fall einer etwa doppelt so großen Anstiegszeit des Stoppsignals ist ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt. Das Stoppsignal wird jetzt zu spät ausgelöst. Ein formabhängiger Meßfehler  $\Delta t_{t,RW}$  tritt auf:

$$\Delta t_m = \Delta t_x + \Delta t_{t,RW}$$

Zusätzlich zu den beiden genannten, systematischen Fehlern tritt als Folge des Kanalrauschens ein Zufallsfehler auf: der Zeit-Jitterfehler. Er hängt zusätzlich von der Signalsteigung im Triggerzeitpunkt ab:

$$\Delta t_j = \frac{u_{r,eff}}{\frac{du(\Delta t_t)}{dt}}$$

Der Schwellwerttrigger ist für die geplante Anwendung ungeeignet. Eine Fehlerdiskussion führt zu folgenden Erkenntnissen:

- (a) Eine Unterdrückung des amplitudenabhängiger Meßfehler  $\Delta t_{t,AW}$  ist vollständig möglich, wenn aus dem pulsformigen, unipolaren Signal durch entsprechende Filterung ein bipolares Signal erzeugt wird. Der dabei entstehende Nulldurchgang ist von der Signalamplitude unabhängig, wie man leicht zeigen kann. Er tritt immer bei einem bestimmten Teilungsfaktor der Impulsamplitude auf. Deshalb der Name: Constant-Fraction-Trigger (CFT). Der notwendige Nulldurchgangstrigger kann kein Komparator sein, denn der würde auch schon auf das Kanalrauschen triggern. Um das zu verhindern, benutzt man einen Schmitt-Trigger, der erst dann eingeschaltet wird, wenn das Signal über dem Rauscheffektivwert liegt. Der Rücksprung erfolgt im Nulldurchgang des Signals und ist also zeitsignifikant.
- (b) Eine Unterdrückung des formabhängigen Meßfehlers  $\Delta t_{t,RW}$  ist nicht vollständig möglich. Er kann aber reduziert werden, wenn das zeitsignifikante Signal möglichst kurz hinter dem Impulsanfang abgeleitet wird. Dies ist möglich, wenn die Verarbeitungselektronik eine möglichst große Bandbreite besitzt.
- (c) Während zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses (SNR) integrierende Tiefpaßfilter eingesetzt werden, verkleinert sich der Jitterfehler durch Verkürzung der Signalanstiegszeit. Dies geschieht durch Hochpaßfilterung, deren Grenzfrequenz optimal eingestellt werden muß.

Die historische Lösung für die Vorverarbeitung in einem CFT besteht aus einer Parallelstruktur, bei der im oberen Zweig das Signal abgeschwächt und im unteren verzögert wird. Das Differenzsignal besitzt einen Nulldurchgang, der durch die Wahl der Parameter in die Nähe des Impulsanfangs gelegt werden kann. In der Praxis hat sich diese Schaltung nicht bewährt, da wegen der hohen Signalbandbreite die notwendige Verzögerung durch eine Leitung realisiert werden muß. Ein wesentlicher Fortschritt bedeutet der CFT mit zweifacher Hochpaßfilterung. Das Blockschaltbild zeigt Abbildung 3. Er benötigt keine Verzögerungsstruktur, dafür allerdings einen Zwischenverstärker hoher Bandbreite. Die Bandbreite beträgt etwa 800 MHz. Sie wird stark beeinflusst durch parasitäre Kapazitäten, die zusammen mit den zugehörigen Umladungswiderständen Grenzfrequenzen in gleicher Größenordnung erzeugen. Die Zeitauflösung des CFT's liegt im Picosekundenbereich.

Der Einfluß parasitärer Kapazitäten kann vollständig unterdrückt werden, wenn man statt der Spannungssignale Stromsignale verwendet. Voraussetzung dabei ist die Realisation von Verstärkungseinheiten mit Stromeingang ( $R_e \rightarrow 0$ ) und Stromausgang ( $R_a \rightarrow \infty$ ). Allerdings tritt nunmehr der Einfluß parasitärer Induktivitäten zum Vorschein. Die Induktivität gerader Leiter wird zur Hauptsache von der Leiterlänge bestimmt, die im Falle mikroelektronischer Schaltungsstrukturen minimal wird. Für den Schaltungsentwurf bietet sich das Dualitätsprinzip an, mit dessen Hilfe Spannungsverstärker in Stromverstärker umgewandelt werden können.

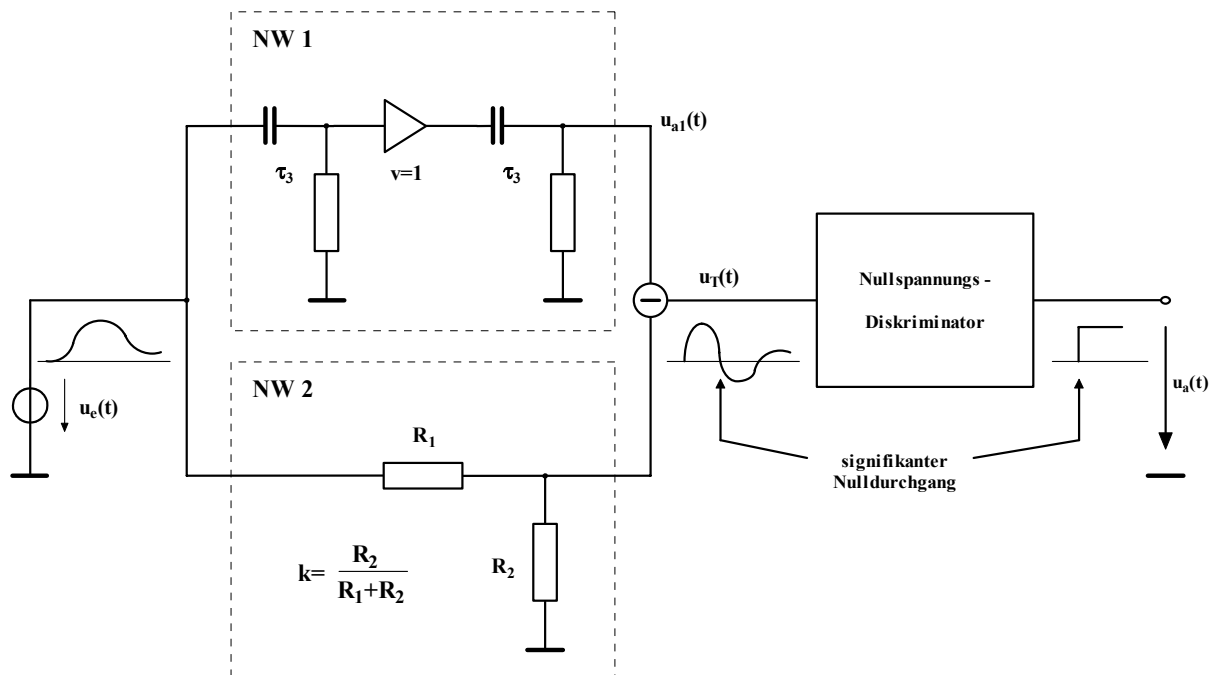
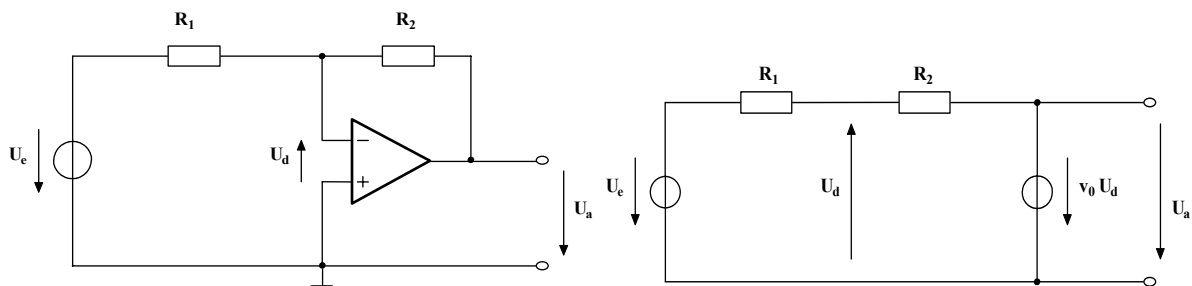
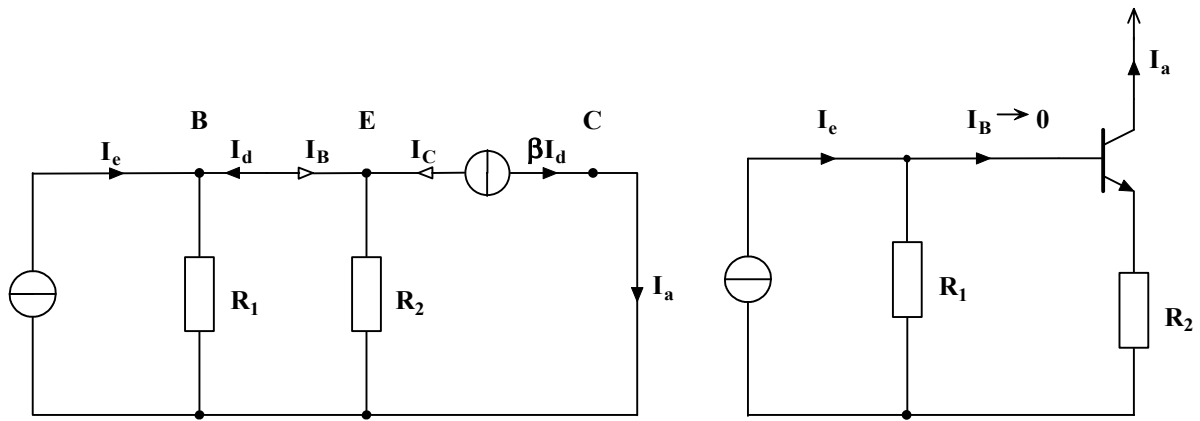


Abbildung 3: CFT mit zweifacher Hochpaßfilterung

### 2.3. Schaltungsentwurf mit Hilfe des Dualitätsprinzips

Für Spannungssignale stehen dem Entwickler bekannte Schaltungseinheiten zur Verfügung: u.a. als Verstärker die gegengekoppelte Emitter- bzw. Kaskodeschaltung, als Impedanzkonverter der Emitterfolger oder als Strom/Spannungskonverter die Basisschaltung. Für Stromsignale dagegen sind grundlegende Schaltungsstrukturen wenig bekannt (mit Ausnahme des symmetrischen Stromspiegels). Das Dualitätsprinzip gestattet es nun, bekannte Spannungsverstärkerstrukturen in äquivalente Stromverstärker umzuwandeln. Als Beispiel soll der invertierende OP-Verstärker betrachtet werden und nach den Regeln der Dualität in einen gegengekoppelten Stromverstärker mit HF-Transistoren für Breitbandanwendungen umgewandelt werden. In Abbildung 4 wird zunächst die Ausgangsschaltung angegeben. Danach folgt das Ersatzschaltbild. Im dritten Teil ist die duale Schaltung angegeben. Vom Ausgang her betrachtet, wird zunächst der Spannungsausgang (Leerlauf) zu einem Stromausgang (Kurzschluß). Die parallel liegende Spannungsquelle wird zu in Reihe zum Ausgang liegenden Stromquelle. Die Serienschaltung der beiden Widerstände wird nunmehr zur Parallelschaltung und die Eingangsspannungsquelle zur Eingangsstromquelle. Die Ausgangsstromquelle wird durch  $I_d$  gesteuert. Den Schaltungsabschnitt B-E-C kann man als vereinfachtes Transistorersatzschaltbild betrachten, so daß ein dynamisches Stromverstärkerschaltbild in Teil 4 der Abbildung angegeben werden kann.





**Abbildung 4: Duale Transformation des invertierenden OP-Verstärkers**

Dieser Schaltung sind die notwendigen Elemente für den Arbeitspunkt hinzuzufügen. Die Verstärkung kann leicht bestimmt werden für den Fall  $\beta \rightarrow \infty$ . Die dynamischen Anteile von  $I_B$  und  $U_{BE}$  verschwinden, und es gilt:

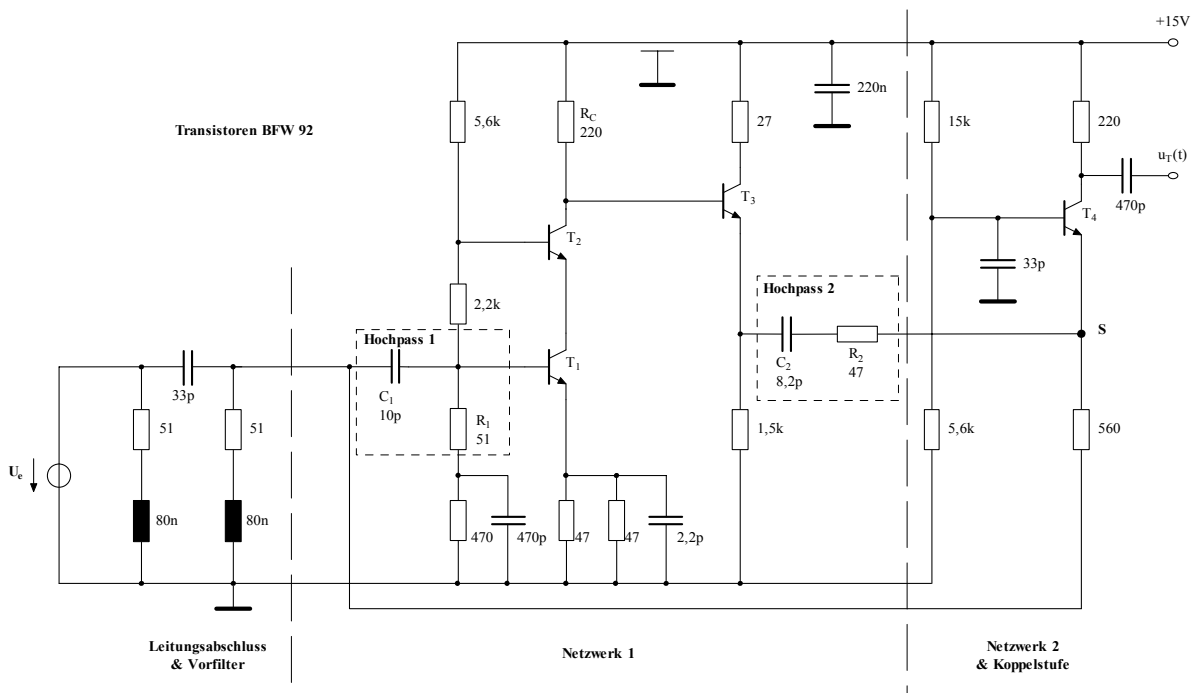
$$I_e \cdot R_1 = -I_a \cdot R_2 \Rightarrow \left. \frac{I_a}{I_e} \right|_{\beta \rightarrow \infty} = -\frac{1/R_2}{1/R_1}$$

Die reale Verstärkung bleibt unter diesem Idealwert, weil die Stromverstärkung des HF-Transistors nicht groß genug ist.

### 3. Spannungs- und stromgesteuerte Constant-Fraction-Trigger

#### 3.1. Vorgegebene Schaltung eines CFT's

Abbildung 3 zeigt das Blockschaltbild der untersuchten Schaltung. Das Eingangssignal verzweigt sich zunächst auf zwei Netzwerke. Im oberen wird das Signal zweimal durch Hochpässe gefiltert, im unteren um den Faktor  $k$  abgeschwächt. Die Differenzspannung wird einem Nullspannungsdetektor zugeführt, der beim ersten Nulldurchgang des Signals ein zeitsignifikantes Start- bzw. Stoppsignal erzeugt. Der Abschwächer kann entfallen, wenn der Trennverstärker im oberen Netzwerk mit  $k$  verstärkt.



**Abbildung 5: Schaltung des CFT mit zweifacher Hochpaßfilterung**



Abbildung 5 gibt die vorgegebene Schaltung des CFT's wieder. Nach einer Anpaßschaltung zur Leitungsanpassung und Erzeugung von Spannungsimpulsen aus Rechtecksignalen folgt im oberen Zweig der erste Hochpaß. Dann folgt eine Kaskodeschaltung mit Emitterfolger als Ausgangsstufe. Der folgende Hochpaß hat ein Spannungssignal als Eingang und ein gefiltertes Stromsignal im Ausgang, das durch die Kaskodeschaltung bereits invertiert ist. Durch den 560Ω-Widerstand wird das Eingangsspannungssignal ebenfalls in ein Stromsignal konvertiert. Die Stromdifferenz ist der Eingangsstrom der folgenden Basisschaltung, die an dem 220Ω-Kollektorwiderstand ein Ausgangsspannungssignal für den Nullspannungsdetektor zur Verfügung stellt. Das Herzstück der Schaltung ist die Kaskodeschaltung, die ohne Miller-Effekt mit einer Verstärkung von ca. 9 arbeitet.

### 3.2. Schaltung eines stromgesteuerten CFT's

Die Abbildung 6 zeigt die Signalvorverarbeitung für einen stromgesteuerten Nullstromdetektor. Die Schaltung ist testweise für Rechtecksignale eines Impulsgenerators ausgelegt. Durch die  $\Pi$ -Struktur des Eingangsfilters entsteht einerseits ein Quasi-Gauß-Spannungsimpuls, andererseits wird ein 50Ω-Leitungsabschluß für das angeschlossene BNC-Kabel erreicht. Danach folgt die Parallelverarbeitung des Signals. Über den unteren Zweig wird das Spannungssignal durch den Konversionswiderstand  $R_p$  in ein Stromsignal verwandelt. Die Aufgaben des oberen Zweiges sind bis zum Summenpunkt S der beiden Signale dann: die erste HP-Filterung, die Spannungs/Stromkonversion, die Stromverstärkung, die zweite HP-Filterung und die Inversion. Die beiden Hochpässe haben eine Grenzfrequenz von etwa 300 MHz. Die Spannungs/Stromkonversion erfolgt durch den Transistor  $T_1$ . Durch den Signalleerlauf der Induktivität  $L$  muß der Kollektorstrom in voller Größe in die nächste Stufe fließen. Der Transistor  $T_2$  wirkt als gegengekoppelter Stromverstärker. Angenommen die Stromverstärkung  $\beta$  sei  $\infty$  groß, dann ergibt sich für die Stromverstärkung:

$$\frac{I_{C,T2}}{I_{C,T1}} = - \frac{1/R_4}{1/R_3} = -10$$

Die noch notwendige Vorzeicheninversion geschieht durch den Stromspiegel mit den Transistoren  $T_3$  und  $T_4$ . Die letzte Stufe ist eine Basisschaltung mit niederohmigem Eingangswiderstand, so daß die Stromsumme unabhängig von den Quellwiderständen ist. Die Ausgangsstromquelle von Transistor  $T_5$  arbeitet dann sofort auf den Ausgang der Signalvorverarbeitung, der mit der folgende Stufe niederohmig abgeschlossen sein muß.

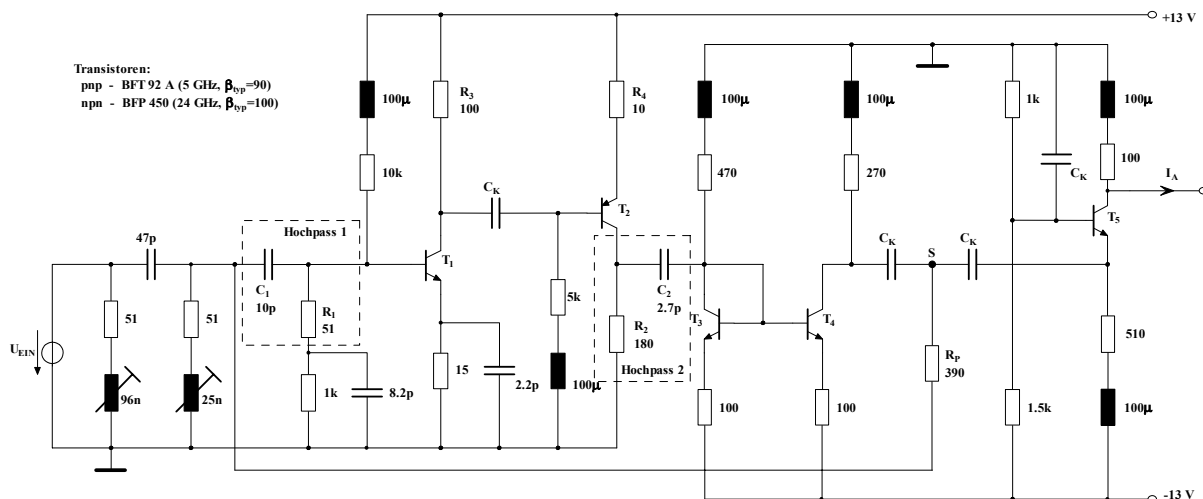


Abbildung 6: Stromgesteuerter CFT

#### 4. Entwurf des stromgesteuerten Nullstromdetektors

Ein Nullstromdetektor ist ein Schmitt-Trigger, dessen Übertragungskennlinie so nach rechts verschoben ist, daß der Rücksprung des Ausgangssignals bei der Signalstromstärke Null auftritt. Hingegen wird die Einschaltchwelle so gewählt, daß sie deutlich oberhalb des Kanalrauschens liegt, damit erst ein eintreffendes Signal den Schmitt-Trigger in den Einschaltzustand bringt. Anderenfalls würde der Trigger auf jeden Nulldurchgang des Rauschens ansprechen.

Der Schmitt-Trigger hat eine Schaltungsstruktur mit Mitkopplung, wie man in Abbildung 7 oben sehen kann. Der Rückkopplungswiderstand geht auf den positiven, mitkoppelnden OP-Eingang. Nach den Regeln der Dualität soll nunmehr aus dieser Schaltung ein Schmitt-Trigger für Stromsignale entwickelt werden. Das Ergebnis (3. Teilbild) liefert ein Ersatzschaltbild, das nicht durch eine Schaltung mit einem Transistor realisiert werden kann, weil die Stromzählrichtung für die Ausgangsstromquelle negativ ist. Für die Vorzeicheninvertierung von Stromsignalen steht der symmetrische Stromspiegel zur Verfügung, so daß eine Schaltung mit drei Transistoren entworfen werden kann.

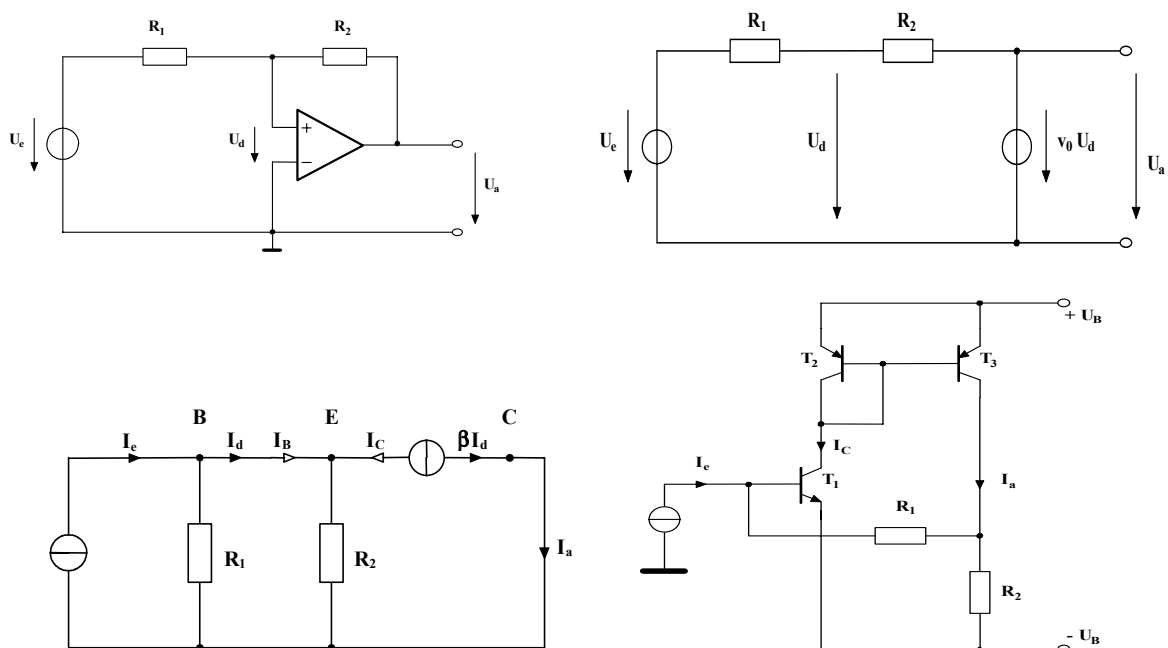


Abbildung 7: Duale Transformation des OP-Schmitt-Triggers

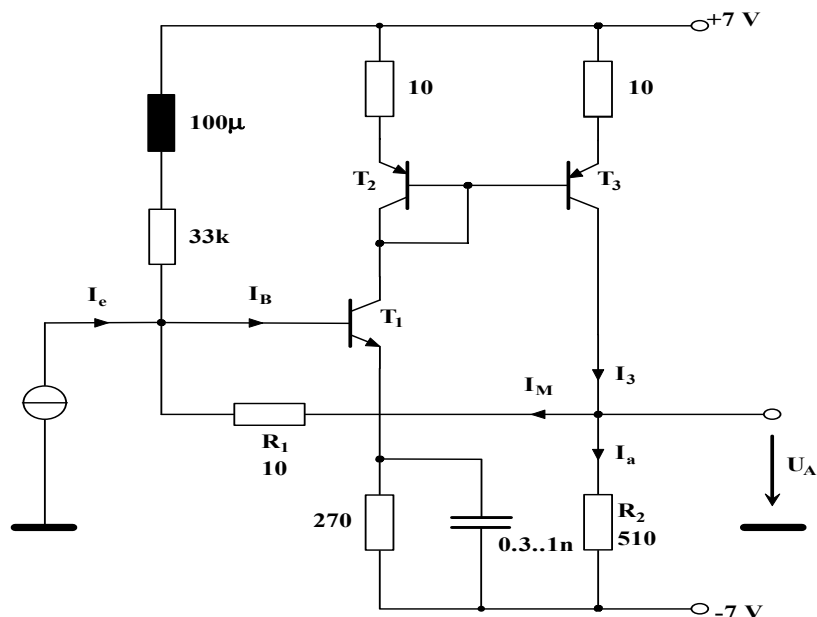


Abbildung 8: Schaltplan des Nullstromdetektors

## 5. Schaltplan des Nullstromdetektors

Abbildung 8 zeigt den Schaltplan des Nullstromdetektors. Der Ausgangsstrom des Stromspiegels  $T_2$  und  $T_3$  wird über die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  geteilt.

Der mitkoppelnde Stromanteil beträgt:

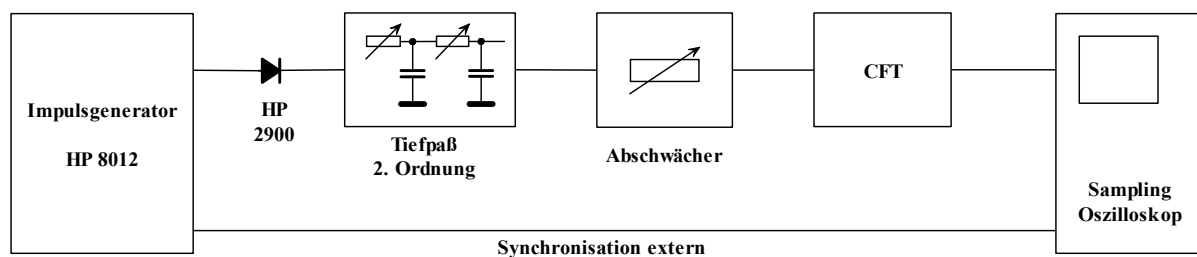
$$I_M = I_3 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Mit Hilfe der Größe der Betriebsspannungen und des Stromteilungsverhältnisses können die Ein- und Ausschaltswellen des Strom-Schmitt-Trigger genügend genau eingestellt werden.

## 6. Meßergebnisse

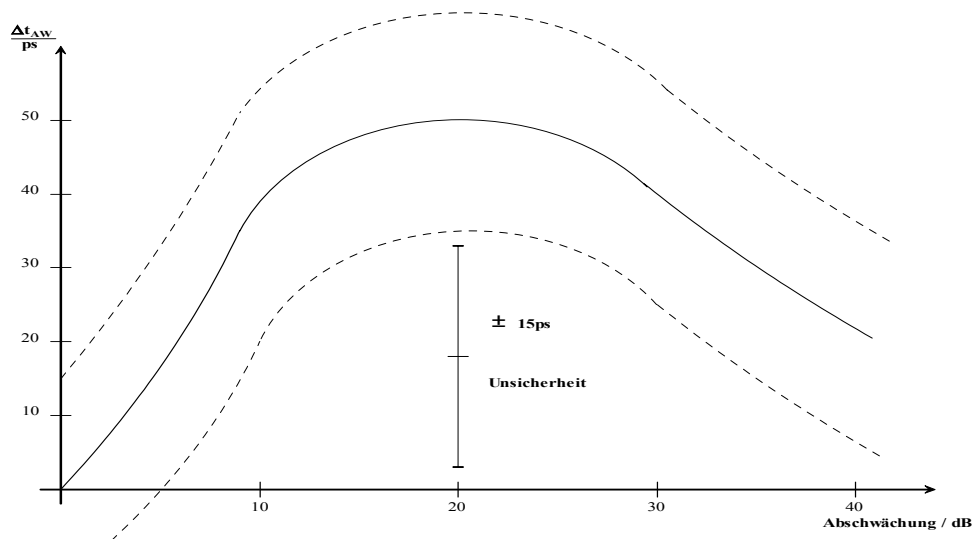
Die entscheidenden Messungen sind:

(1) Der Nachweis, daß der Constant-Fraction-Trigger tatsächlich keinen amplitudenabhängigen Fehler hat: Abbildung 9 zeigt den Meßaufbau.



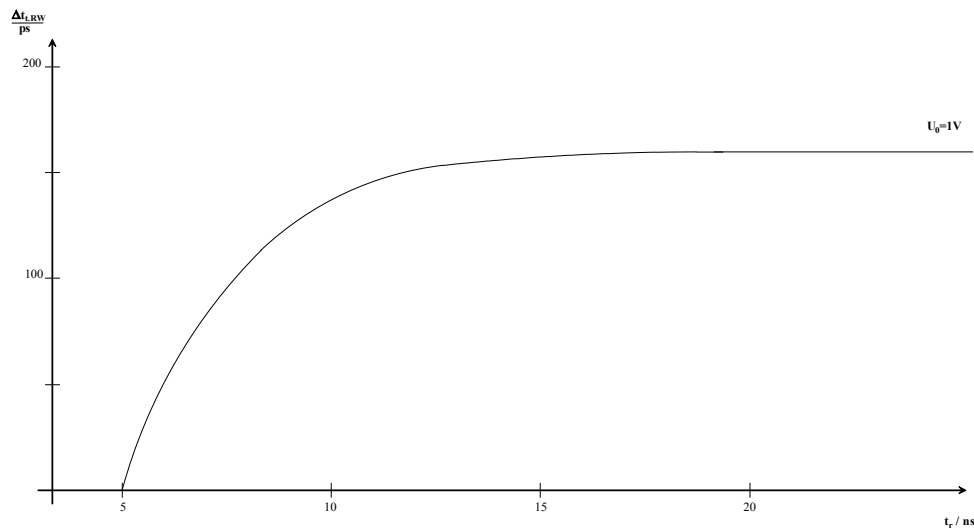
**Abbildung 9: Meßaufbau**

Das Signal des Pulsgenerators HP 8012 mit der kürzesten Anstiegszeit von 3 ns wird über einen einstellbaren Tiefpaß zweiter Ordnung (Variation der Impulsform) und ein einstellbares Dämpfungsglied an den CFT gelegt. Der 20 GHz-Sampling-Oszillograph wird extern getriggert, so daß der Nulldurchgang des Signals exakt gemessen werden kann. Wegen des überlagerten Rauschens beträgt die Meßunsicherheit allerdings  $\pm 15$  ps. Der Impulsgenerator zeigt vor der eigentlichen Impulsflanke kleine Vorsignale, die mit einer schnellen Schottky-Diode wirkungsvoll unterdrückt werden können. Die Abbildung 10 zeigt den amplitudenabhängigen Fehler über eine Amplitudendynamik von 35 dB bei einer Signalanstiegszeit von 10 ns. Der Kennlinienverlauf wurde nicht weiter analysiert, weil der Fehler ausreichend klein ist.



**Abbildung 10: Amplitudenabhängiger Fehler**

(2) Die Messung des formabhängigen Fehlers: Abbildung 11 zeigt den Verlauf des formabhängigen Fehlers. Er wurde bei einer maximalen Signalspannung von 1 V gemessen. Variiert die Anstiegszeit der Impulse bei Durchführung der Experimente z.B. im Verhältnis 1:5, so tritt ein Zeitfehler von maximal 160 ps auf.



**Abbildung 11: Formabhängiger Fehler**

## 7. Danksagung

Dieser Text entstand auf der Grundlage von drei, von mir betreuten Examensarbeiten:

- (1) Heinz Josef **Romanski**: Signalvorverarbeitung im Constant-Fraction-Trigger zur Reduktion von Zeitfehlern durch Unterdrückung von Risetime-Walk und Jitter (1976 am Lehrstuhl für Elektronische Schaltungen, Professor J.W. Klein),
- (2) Thorsten **Höbusch**: Schaltungsentwurf mittels dualer Transformation (2000/01 am Lehrstuhl für Datenverarbeitung, Professor W. Weber) und
- (3) M. Reza **Motavalli**: Digitale Messung der Gatterlaufzeit schneller Schaltkreise (2002 am Lehrstuhl für Datenverarbeitung, Professor W. Weber).

Ich danke besonders Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang **Weber**, der die Meßtechnik für schnelle digitale Signale seit Jahren unterstützt.

## 8. Literatur

- [1] **Hartmann, J.W. Klein**: Theoretical Explanation of a New Triggering-Method, Nuclear Instruments and Methods, 1969, p. 317 –319
- [2] **Kimbara, Kumahara**: Nuclear Instruments and Methods, 1969, p. 261 - 266
- [3] Gerd **Nowack**, Heinz Josef **Romanski**: A Non-Conventional Constant Fraction Trigger (CFT) with Pulse-Differentiation for Time-Measurements with High Resolution, Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Phoenix, USA, 1977, p. 23
- [4] Robert G. **Meyer**, Paul R. **Gray**: Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 3<sup>rd</sup> Edition, University of California, Berkeley, 1993
- [5] Gerd **Nowack**: Creative Modelling for High-Speed Electronic Circuits above 10 GHz, Proceedings of the International Conference on Modelling and Simulation, Las Palmas de Gran Canaria, Spanien 2000, p. 65

Nowack@etdv.ruhr-uni-bochum.de

# Produkte der Firma Acqiris

Raymond Chevally, Dieter Spelthann



**"Make data conversion more available through the integration of advanced technologies"**

The Acqiris charter is to provide a powerful link between its clients and the most exceptional technology in order to make data conversion more accessible to a wider number of users.

With a strong focus on high-speed performance, Acqiris strives to achieve superior measurement fidelity. Through the use of clever innovative design, and the integration of the most advanced technologies, Acqiris makes data conversion less complex, more powerful, less expensive, less time-consuming and much more usable.

**"Unique technical expertise and experience in the data conversion market"**

Acqiris benefits from people with more than 20 years of experience in the definition and the development of modular physics instrumentation and high-performance digital oscilloscopes. With a focus on technological innovation the team has pioneered a number of breakthroughs in instrumentation performance. Some of the

achievements include: the extraordinarily successful and standard setting introduction of long memories to digital oscilloscopes, the development of the worlds first high resolution (picoseconds), wide range (milliseconds) Time-to-Digital Converters (TDC's) and the creation of the fastest throughput multi-channel ADC systems. The engineers and physicists of Acqiris have a history of working well with customers and bringing world class products to market. This hard-to-find expertise allows Acqiris to collaborate with and have access to the unique technology of its partners. It creates a special environment with a rare synergy. By working with the latest concepts and design tools, the company's hardware and software specialists maintain a leading edge in developing data acquisition components and equipment. Acqiris understands that to manufacture research-grade instrumentation it is vital to develop proprietary state-of-the-art technology

Acqiris also realizes that to find the very best solution for a customer it is essential to listen and comprehend their application. Only both direct contact with the customer and technical expertise provide the means to accomplish this goal.

### **"The heart of the company"**

At the heart of Acqiris are its people. They are the source of its strength. A team with many years of experience in test and measurement, it includes experts in high-speed analog and digital design, fast data processing and analysis, calibration, mechanical design, systems integration, sales and marketing.

These engineers and physicists have been brought together to develop new methods, create new ideas and to leverage the advantages of today's best technologies. With a charter to satisfy and stimulate its employees, Acqiris aims to create an environment that will better serve its customers and business partners. By having a clear focus on its people, the company encourages the important characteristics of creativity, teamwork and respect.

Mehr Informationen unter:

<http://www.acqiris.com/index.html>

Herr Hans Dieter Spelthann

Im Rosengärtchen 118

61440 Oberursel

Deutschland

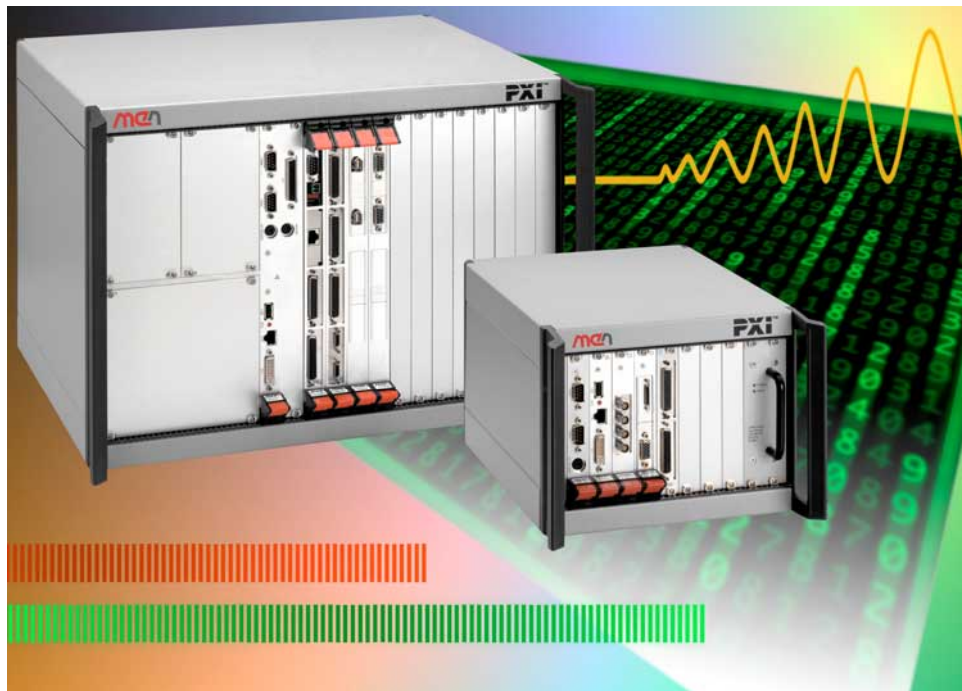
Tel.: 06171 26 80 02

FAX 06171 26 80 03

E-Mail [hd.spelthann@acqiris.com](mailto:hd.spelthann@acqiris.com)

## Flexible und kostengünstige Instrumentierung mit PXI

K. Probst (MEN Mikro Elektronik GmbH)



Traditionelle Messgeräte sind einzeln in Metallkisten verpackte Geräte mit vielen Knöpfen und einem Tragegriff. Heute sind viele moderne Messgeräte Funktionen in einem Rechner mit der dort üblichen Bedienung durch eine Maus auf einer grafischen Oberfläche. In einer solchen Anordnung können die Messwerte gleich direkt ausgewertet, mit anderen oder früheren Werten verknüpft und grafisch sehr anschaulich dargestellt oder für spätere Verwendung gespeichert werden. In einer industriellen Umgebung werden dazu industrietaugliche Rechner, also z. B. CPCI-Rechner, eingesetzt. Für die speziellen Belange der Messtechnik gibt es die Erweiterung PXI (CompactPCI eXtension for Instrumentation) zum CPCI-Standard. Mit PXI von MEN können vielseitige, computergesteuerte, flexible Messgeräte kostengünstig betrieben werden.

Mit entsprechender Programmierung kann diese Flexibilität noch erweitert werden. Das gilt sowohl für die Bedienung und Funktionalität als auch für die anschließbaren Messgeber bzw. Messsonden. Am Bildschirm des Rechners kann die ganze Vielfalt der Bedienelemente emuliert werden. Unsinnige Einstellungen der Druck- und Drehknöpfe und der Schiebeschalter können programmtechnisch verhindert werden.

Die Messgeber werden wie sonst Peripheriegeräte über die jeweiligen Steckkarten (Controller) am Rechnerbus angeschlossen. Es ist sehr einfach, mehrere dieser Messgeber, bzw. deren Controller gleichzeitig (am CPCI-Bus bis zu sieben Steckkarten) anzuschließen. Diese Karten können selbst wiederum Trägerkarten für dort aufsteckbare Mezzanin-Karten sein. Damit wird die Flexibilität erheblich erweitert.

### Der PXI-Standard

Bald nach der Einführung von PCI in industrielle Anwendungen, unter der Bezeichnung CompactPCI, wurde mit der Entwicklung der Erweiterungen für Messgeräte-Anwendungen (englisch Instrumentation) begonnen. Federführend war die Messgerätefirma National Instruments (NI) in den USA. Die Abkürzung PXI wurde absichtlich der Bezeichnung VXI angepasst. Dieser schon sehr viel ältere Standard ist eine Erweiterung des VMEbus (VMEbus eXtension for Instrumentation) für



mikro elektronik  
gmbh • nürnberg

MEN Mikro Elektronik GmbH  
Neuwieder Straße 7  
D-90411 Nürnberg  
Deutschland  
Tel +49-911-99 33 5-0  
Fax +49-911-99 33 5-99  
E-Mail info@men.de  
WWW www.men.de

Geschäftsführer:  
Manfred Schmitz,  
Udo Fuchs  
Handelsregister Nürnberg  
HRB 5540  
UST-ID-Nr. DE 133 528 744

Deutsche Bank AG  
Kto. Nr. 0390 211  
BLZ 760 700 12

HypoVereinsbank  
Kto. Nr. 1560 224 300  
BLZ 760 200 70



mikro elektronik  
gmbh • nürnberg

messtechnische Anwendungen. Die Produkte nach diesen beiden Standards ergänzen sich in ihren Funktionen und Anwendungsmöglichkeiten. Beide werden natürlich in ihrem heimischen Bus-Umfeld für messtechnische Anwendungen eingesetzt. VMEbus und VXI bestreiten eher das obere Leistungs- und teure Marktsegment. CPCI und PXI sind im mittleren bis unteren Leistungs- und preisgünstigeren Marktsegment angesiedelt. Alle vier Standards nutzen Einfach- (3U) und Doppel-Europakarten (6U).

An PXI-Karten und -Systeme werden gegenüber CompactPCI zusätzliche mechanische und elektrische Anforderungen gestellt. Diese zusätzlichen PXI-Funktionen bedingen eine entsprechend angepasste Rechner-Rückwand (Backplane). PXI-Karten können aber in CPCI-Systemen eingesetzt werden. Die besonderen PXI-Funktionen können dann allerdings nicht genutzt werden.

Für PXI wurden zwei zusätzliche lokale Busse und zwei Taktgeber- bzw. Trigger-Möglichkeiten definiert. Der 'Local Bus' besteht aus 13 parallelen Leitungen. Der 'Star Trigger'-Bus hat acht parallele Leitungen. Die 'System Reference Clock' bringt einen 10-MHz-Takt an alle Karten im System. Der 'Star Trigger' wird über dreizehn einzelne sternförmig von der Star-Trigger-Karte (direkt neben der System-Master-Karte) ausgehende Leitungen an maximal 13 Peripherie-Karten verteilt.

Der PXI-Bus wird durch einen Teil der Anschlüsse am J2/P2-Steckverbinder an der CPCI-Rückwand gebildet. Dadurch wird diese zur PXI-Rückwand. Der normale CPCI-Betrieb wird durch die PXI-Erweiterungen nicht beeinträchtigt. Wegen der Begrenzung auf den J2/P2-Steckverbinder ist PXI sowohl in kleinen 3-HE- als auch großen 6-HE-Systemen unverändert nutzbar.

Die PXI-Spezifikation wird mit ihrer Anschlussbelegung für die CPCI-Rückwand unter der Bezeichnung PICMG 2.8 als Standard-Entwurf zur formalen Normung im CPCI-Normungsgremium bearbeitet. Im PXI-Standard wird ausdrücklich gefordert, dass der Hersteller bzw. Lieferant Treiber-Software für die von ihm angebotenen PXI-Karten, passend für Windows-Betriebssysteme, mitliefern muss.

Das geistige Eigentum an der PXI-Technik wurde gleich zu Beginn der Standardisierung im August 1997 auf die dafür gegründete PXISA (PXI Systems Alliance) übertragen. MEN aus Nürnberg ist Gründungsmitglied der PXISA.

## Skalierbare Flexibilität mit Mezzanin-Standards

Für industrielle und messtechnische Anwendungen wird eine erheblich größere Vielfalt an Schnittstellen, Funktionen und Geräten benötigt als für Büroanwendungen. Außerdem sind die benötigten Stückzahlen für Test- und Diagnosegeräte typischerweise kleiner. Daher gibt es in diesem Bereich neben den Bus-Standards auch Standards für Aufsteckkarten, sogenannte Mezzanines. Eines oder mehrere dieser Mezzanin-Module können in jeder beliebigen Kombination – also exakt auf die Anwendung zugeschnitten – auf eine Trägerkarte (z.B. Steckkarte in der PXI-Rückwand) gesteckt werden. Zwei der vier wichtigsten Mezzanin-Standards wurden von MEN zur Normung beim ANSI über die VITA eingebracht. Das sind der Standard für M-Module (ANSI/VITA 12) und für PC•MIP (VITA 29).

M-Module sind aufgrund ihrer Abmessungen besonders gut für messtechnische Anwendungen geeignet. So kann ein einziges M-Modul typischerweise die Funktion eines kompletten Messgerätes inkl. der Steckverbinder für die oft hochempfindlichen Messsignale aufnehmen. Gleichzeitig passen vier M-Module auf eine Doppeleuropa-Karte bzw. zwei M-Module auf eine Einfacheuropa-Karte. Es gibt heute eine Auswahl an mehr als 200 M-Modulen von MEN und anderen Anbietern. Die Produktpalette von MEN ist über viele Jahre gereift und in den letzten Jahren um eine Reihe von M-Modulen für die Instrumentierung ergänzt worden. So kann praktisch jede Mess-Aufgabe mit Standard-Karten aus der M-Modul-Reihe erfüllt werden – ob in VME- bzw. VXI-Systemen oder in CompactPCI- bzw. PXI-Systemen.

**Beispiel System-Multimeter M76:** Das komplette DSM passt auf ein M-Modul und hat eine Auflösung bis 22 Bit (6½ Stellen) bei 0,01 % Genauigkeit in 20 verschiedenen

MEN Mikro Elektronik GmbH  
Neuwieder Straße 7  
D-90411 Nürnberg  
Deutschland  
Tel +49-911-99 33 5-0  
Fax +49-911-99 33 5-99  
E-Mail info@men.de  
WWW www.men.de

Geschäftsführer:  
Manfred Schmitz,  
Udo Fuchs  
Handelsregister Nürnberg  
HRB 5540  
UST-ID-Nr. DE 133 528 744

Deutsche Bank AG  
Kto. Nr. 0390 211  
BLZ 760 700 12

HypoVereinsbank  
Kto. Nr. 1560 224 300  
BLZ 760 200 70

ISO 9001 zertifiziert



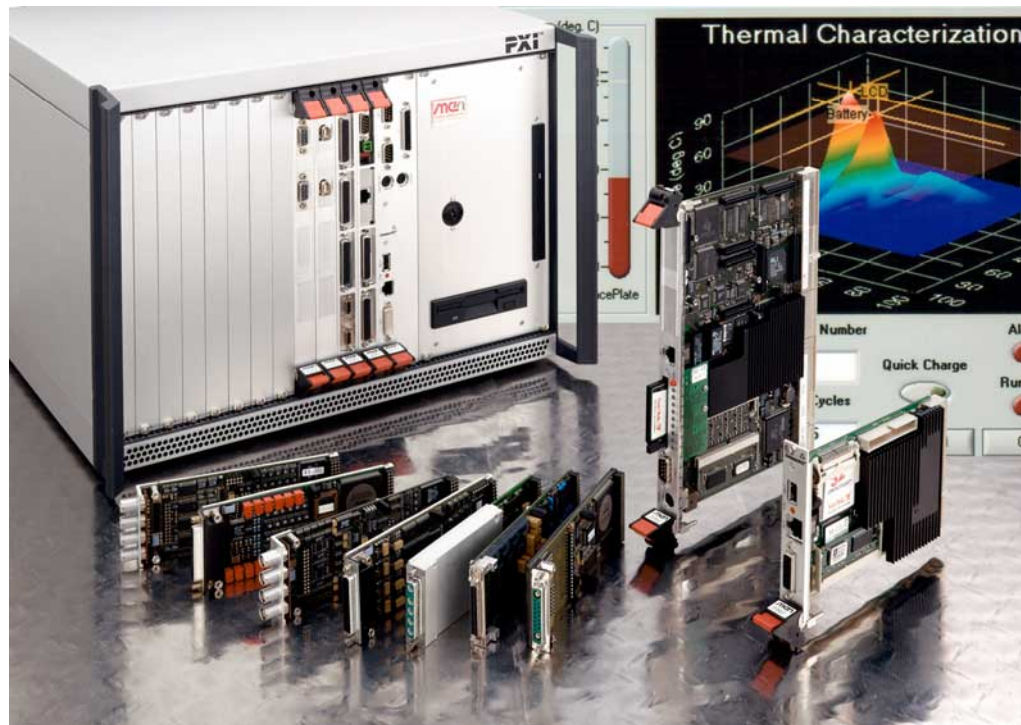
Messbereichen. Widerstandswerte können in 2-Draht- oder 4-Draht-Technik gemessen werden. Wie bei allen M-Modulen von MEN sind auch beim M76 die Eingänge galvanisch getrennt. Die MDIS-Treiber für verschiedene Betriebssysteme stehen zum kostenlosen Download von der MEN-Webseite zur Verfügung.

**Beispiel Universal-Zähler M97:** Das einkanalige Zählermodul mit zwei Eingangsleitungen und einer Auflösung von 32 Bit (9½ Stellen) verdankt seine Genauigkeit der 100-MHz-Zählertechnologie in Zusammenhang mit der extrem präzisen Zeitbasis und einer hohen Langzeitstabilität. Sechs Zählerfunktionen sind verfügbar: Frequenz, High-Time, Low-Time, Periode, Frequenzzählen mit externer Torzeit und Zeitdifferenz.

**Beispiel Frequenzgenerator M68:** Das M-Modul verfügt über vier galvanisch getrennte Analog-Ausgänge mit je 16 Bit Auflösung bei einem Spannungsbereich bis  $\pm 10$  V. Der MDIS-Software-Treiber lädt beim Hochfahren die Standard-Firmware ins interne RAM, um dem Anwender das Programmieren der DSPs zu ersparen.

**Beispiel Datenerfassungssystem M59:** Das DSP-basierende 16-Bit-Analog-Modul verfügt über vier differentielle AC- oder DC-Eingänge. Bei gleichzeitigem Abtasten aller Kanäle werden Abtastraten von 100kHz je Kanal bei einer Wandlungszeit von 8µs erreicht. Die Messbereiche sind software-seitig bis  $\pm 10$ V einstellbar. Die Signalkonditionierung sowie die digitale Filterung, Pufferung und Zeitstempelung findet „on Board“ statt.

**Beispiel Digital-Oszilloskop M67:** Das mit variablen Trigger-Funktionen ausgestattete M-Modul erfasst Analogsignale bis 10MHz bei einer maximalen Auflösung von 12 Bit und einer Wandlungsrate bis 40MHz. Die Signalkonditionierung erfolgt individuell auf die Bedürfnisse der Anwendung zugeschnitten mittels eines Adapters.



### Ein ganzheitlicher Lösungsansatz

Karten und Systeme für anspruchsvolle messtechnische Anwendungen – insbesondere auch für harte Umgebungsbedingungen – werden von MEN schon seit mehr als zehn Jahren geliefert. Dies geschah anfänglich auf Basis von VMEbus,

MEN Mikro Elektronik GmbH  
Neuwieder Straße 7  
D-90411 Nürnberg  
Deutschland  
Tel +49-911-99 33 5-0  
Fax +49-911-99 33 5-99  
E-Mail info@men.de  
WWW www.men.de

Geschäftsführer:  
Manfred Schmitz,  
Udo Fuchs  
Handelsregister Nürnberg  
HRB 5540  
UST-ID-Nr. DE 133 528 744

Deutsche Bank AG  
Kto. Nr. 0390 211  
BLZ 760 700 12

HypoVereinsbank  
Kto. Nr. 1560 224 300  
BLZ 760 200 70

ISO 9001 zertifiziert



mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

später dann auch für CompactPCI-Systeme. Nachdem PXI als Erweiterung von CompactPCI für die Instrumentierung definiert war, wurde MEN als technisch innovatives Unternehmen 1998 Gründungsmitglied der PXISA. Inzwischen ist der Markt für PXI-Anwendungen groß genug für entsprechende spezielle Produkte.

Wichtigster Aspekt in der Messtechnik ist die Vielfalt von Ein-/Ausgabe-Funktionen, die im Konzept von MEN mit den M-Modulen abgedeckt ist. Entsprechende Trägerkarten für PXI-Systeme leiten die Triggerleitungen bis auf die aufgesteckten Mezzanin-Karten weiter. Diese Trägerkarten unterstützen jeweils fünf PXI-Triggerleitungen und verfügen über zwei Trigger-Sourcen „on-board“ sowie über ein flexibles Trigger-Routing. Sie sind für beide Europakartengrößen verfügbar. Damit kann der Anwender immer die passende Variante auswählen. In 3HE sind die Systeme besonders kompakt und damit beispielsweise auch gut tragbar. Auf die großen 6-HE-Karten können jeweils bis zu vier M-Module gesteckt werden. Damit lassen sich hochkomplexe Anwendungen mit einer hohen Zahl von Ein-/Ausgabe-Kanälen oder Schnittstellen realisieren.

Gemäß PXI-Spezifikation muss der Hersteller auch die passende Software für Windows- und künftig evtl. auch Linux-Betriebssysteme für seine Karten mitliefern. Dies wird durch die MDIS-Schnittstelle (MEN Driver Interface System) gewährleistet. MDIS wurde bisher, unabhängig von der Hardware, für so unterschiedliche Betriebssysteme wie Windows, Linux, OS-9, VxWorks, LynxOS oder QNX portiert. Unter Windows wird auch LabWindows/CVI von National Instruments unterstützt. Hardware-seitig wird zu jedem M-Modul die Low-Level-Treiber-Source geliefert und mittels MDIS mit dem jeweils portierten Betriebssystem – in diesem Fall Windows – gelinkt. Damit können alle M-Module mit Ein-/Ausgabe- und Messtechnik-Funktionen direkt unter LabWindows/CVI programmiert werden.

Zusätzlich wird der für einige Geräteklassen definierte IVI-Standard unterstützt, damit die entsprechenden M-Module auch mit Software nach diesem Standard eingesetzt werden können. IVI (Interchangeable Virtual Instruments) ist ein Standard-Vorschlag für die Definition von (Mess-)Geräten. Definiert wurden die Geräteklassen für Switches, Multimeter und Funktionsgeneratoren. IVI-Treiber für die in diese Klassen gehörenden M-Module stehen zur Verfügung. IVI geht auf eine Initiative von NI zurück. Viele Messgerätefirmen sind in der IVI Foundation zusammengeschlossen.

Neben Software und Ein-/Ausgabe-Funktionalität werden für Komplettlösungen aber auch spezielle PXI-System-Controller benötigt, die gegenüber herkömmlichen CompactPCI-CPU's über zusätzliche Triggerleitungen verfügen. Für die kleinen, kompakten Einfacheuropa-Systeme übernimmt diese Aufgabe ein Pentium III-basierender Single-Board-Computer, der in unterschiedlichen Konfigurationen bis minimal einen Steckplatz im System benötigt. Für Doppeleuropa-Systeme steht ein 1-Slot-Pentium-Single-Board-Computer zur Verfügung. Beide System-Controller können, wie auch die M-Module im Temperaturbereich -40 bis +85°C eingesetzt werden.

Wird dann noch die komplette Lösung aus einer Hand verlangt, muss auch die Verpackung stimmen. So wurden in Zusammenarbeit mit Schroff zwei unterschiedliche Standard-19"-Racks definiert. Für komplexe Anwendungen steht ein 7-HE großes Rack für 14 PXI-Karten im Doppeleuropa-Format zur Verfügung, für kompakte Anwendungen ein 4-HE kleines Rack für 7 PXI-Karten im Einfacheuropa-Format.

System-Controller, Gerätefunktionen, Software, Verpackung - aus dieser Angebotspalette kann der Anwender ein Paket für seine Mess-Anforderungen schnüren – von einzelnen Komponenten bis zum komplett konfigurierten System aus einer Hand. PXI im allgemeinen erlaubt die einfache Realisierung von leistungsfähigen, standardisierten Mess-Systemen. Das PXI-Konzept von MEN setzt in puncto Flexibilität, Kostenbewusstsein und Ausfallsicherheit noch eins drauf.

Eines von vielen Beispielen für eine anspruchsvolle Messanwendung und gleichzeitig das erste Beispiel für eine PXI-Lösung von MEN ist ein 3-HE-System zur Messung aller Parameter in der Entwicklung, Produktion und Qualitätssicherung von Diesel-Einspritzanlagen. Gesteuert von einem Pentium III-basierenden System-Controller (F7) unter Windows 2000 ermitteln 16 digitale Oszilloskop-M-Module (M67), zwei

MEN Mikro Elektronik GmbH  
Neuwieder Straße 7  
D-90411 Nürnberg  
Deutschland  
Tel +49-911-99 33 5-0  
Fax +49-911-99 33 5-99  
E-Mail info@men.de  
WWW www.men.de

Geschäftsführer:  
Manfred Schmitz,  
Udo Fuchs  
Handelsregister Nürnberg  
HRB 5540  
UST-ID-Nr. DE 133 528 744

Deutsche Bank AG  
Kto. Nr. 0390 211  
BLZ 760 700 12

HypoVereinsbank  
Kto. Nr. 1560 224 300  
BLZ 760 200 70

ISO 9001 zertifiziert

Temperaturerfassungs-M-Module (M70), zwei Analog-Eingabekarten (M66) und weitere M-Module (M33, M72) die Messwerte, steuern die Anlage über ein CAN-Bus-M-Module (M65) und geben die Werte über den IEC-Messgerätebus (M-Modul M8) an andere Instrumente weiter.

## Marktinformationen

Der gesamte Markt für Mess- und Prüfgeräte weltweit wird von Frost & Sullivan auf etwa 4 Milliarden US-Dollar geschätzt, wovon auf PXI etwa 120 Millionen US\$ entfallen. Die jährliche Steigerungsrate soll bei etwa 10 Prozent für den Gesamtmarkt und etwa 20 bis 30 Prozent für PXI-Karten liegen.

Nach anderen Schätzungen lag der PXI-Gesamtmarkt mit Hardware, Software und Support im Jahr 2001 bei 60 Millionen US\$. Die erwarteten Zuwachsraten werden zwischen 20% und 100% pro Jahr für die nächsten Jahre angegeben. Einig sind sich zumindest die Hersteller darin, dass 2002 die entscheidende Wende in der Marktstellung von PXI bringen wird.

## Schlussbemerkungen

PXI ist eine wesentliche Bereicherung des PCI-dominierten Prüf- und Messgerätemarktes, insbesondere für komplexere Anwendungen und – nach sorgfältiger Qualifikation der Elektronik – unter härteren Umgebungsbedingungen. Einfache bis anspruchsvolle Messaufgaben im mittleren Leistungsbereich können flexibel und kostengünstig durchgeführt werden. Die durchaus hohen Wachstumsraten zeigen, dass dies von den Anwendern auch so gesehen wird.

MEN hat sich von Anfang an an der Standardisierung und Nutzung von PXI beteiligt. Fast alle neuen CPU-Karten des Unternehmens verfügen über Triggerleitungen nach PXI-Standard. Zusammen mit den M-Modulen für die Geräte und die Ein-/Ausgabe, den Standard-Racks und der MDIS-Software unter Windows mit Support für LabWindows/CVI wurde jetzt eine komplette PXI-Produktlinie aufgebaut. Mit dieser Linie kann dank der Vielfalt und Flexibilität der Produkte eine Großzahl der denkbaren Instrumentierungs-Aufgaben realisiert werden. Und der Anwender kann sich mit einem kompletten lauffähigen System sofort seinen speziellen Messaufgaben widmen. Ein Vorteil dieses Komplett-Pakets ist nicht zuletzt die Möglichkeit, sich über die Nutzung von Industriestandards – PXI, M-Module, Windows, MDIS, LabWindows/CVI – spätere Systemerweiterungen oder die Einbindung in größere Messanwendungen offen zu halten.



mikro elektronik  
gmbh • nürnberg

MEN Mikro Elektronik GmbH  
Neuwieder Straße 7  
D-90411 Nürnberg  
Deutschland  
Tel +49-911-99 33 5-0  
Fax +49-911-99 33 5-99  
E-Mail info@men.de  
WWW www.men.de

Geschäftsführer:  
Manfred Schmitz,  
Udo Fuchs  
Handelsregister Nürnberg  
HRB 5540  
UST-ID-Nr. DE 133 528 744

Deutsche Bank AG  
Kto. Nr. 0390 211  
BLZ 760 700 12

HypoVereinsbank  
Kto. Nr. 1560 224 300  
BLZ 760 200 70

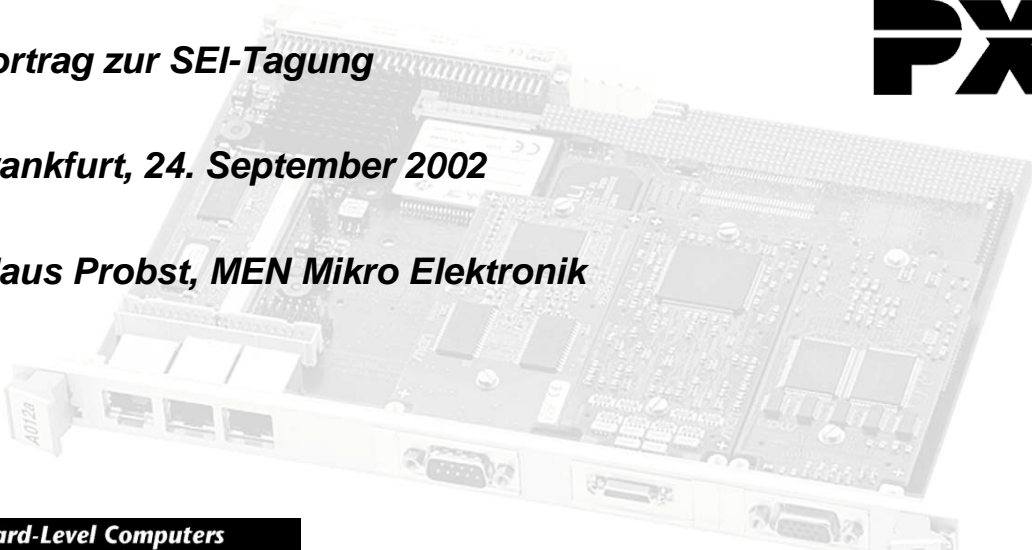
ISO 9001 zertifiziert

# Flexible und kostengünstige Instrumentierung mit PXI

Vortrag zur SEI-Tagung

Frankfurt, 24. September 2002

Klaus Probst, MEN Mikro Elektronik



Board-Level Computers  
for Industrial Applications

1  
19.09.2002



## 20 Years MEN Mikro Elektronik Nürnberg



Foundation in 1982

Privately held by three owners

Subsidiaries:

- ◆ MEN Mikro Elektronik, France (1996)
- ◆ MEN Micro Inc., USA (1998)
- ◆ MEN Micro Ltd., UK (2001)



Board-Level Computers  
for Industrial Applications

2  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

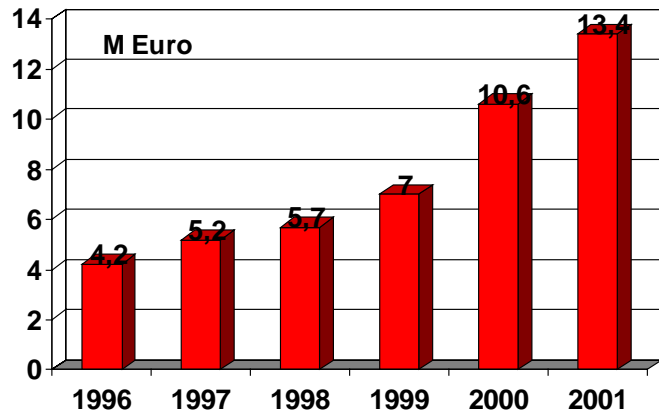
119





## A Medium-Sized Company

80 employees (December 2001)  
 13.4 M Euro turnover in 2001  
 Average yearly growth rates > 15%  
 Export rate up to 40...60%



**Board-Level Computers  
 for Industrial Applications**

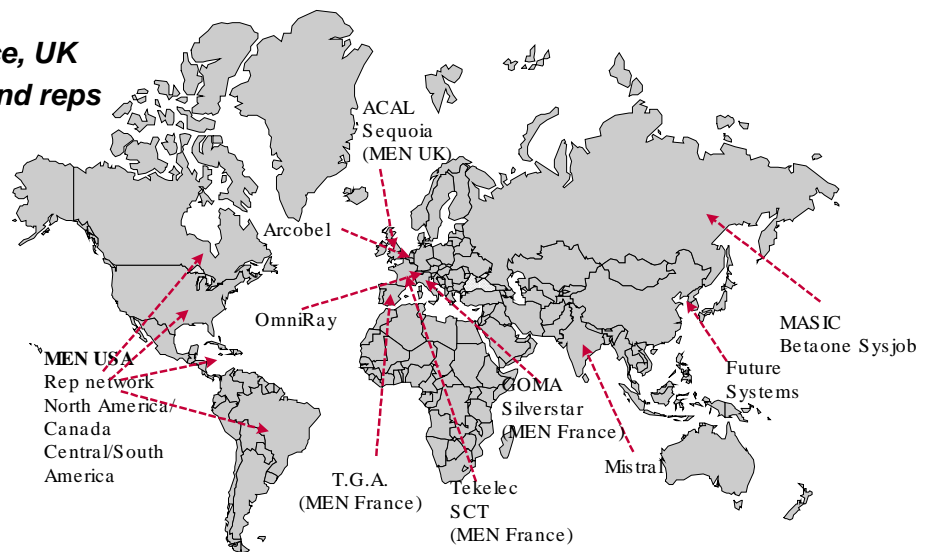
3  
 19.09.2002



## MEN International

**Subsidiaries in USA, France, UK**  
**Direct sales, distributors and reps**  
**Worldwide activities**

- ◆ Europe
- ◆ America
- ◆ Asia



**Board-Level Computers  
 for Industrial Applications**

4  
 SEI Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002





## All under One Roof

### Company headquarters Nuremberg:

- ◆ Design and development of boards and software
- ◆ Mechanical design
- ◆ SMT production
- ◆ System assembly
- ◆ Board and system test
- ◆ Environmental qualification
- ◆ Central customer support
- ◆ Worldwide marketing
- ◆ Direct sales
- ◆ Purchase and administration



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

5  
19.09.2002



## Embedded Products for the Industrial Market

### MEN Mikro Elektronik has established itself as a worldwide supplier of:

- ◆ Highly reliable, failure-safe computer systems
- ◆ Developed and qualified for extreme environmental conditions
- ◆ For industrial and embedded applications
- ◆ Running Windows, Linux and real-time operating systems



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

SEJ Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

121



## A Diverse Product Range



### 140 different computer boards

- ◆ > 20.000 boards per year

### Single Board Computers

- ◆ CompactPCI®, PXI, VMEbus
- ◆ Busless
- ◆ Pentium®, 68k, PowerPC®

### Standard mezzanine I/O

- ◆ M-Modules™, PC•MIP®

### Completely assembled systems

- ◆ 19" standard systems
- ◆ Man-Machine Interfaces
- ◆ Industrial control systems



### BSP, BIOS and driver support

- ◆ Windows®, Linux, VxWorks®, OS-9, QNX®, RTX

**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

7  
19.09.2002

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## More than just a PC

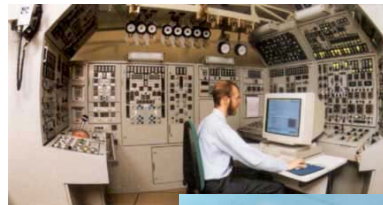


### Target markets:

- ◆ Automotive
- ◆ Transportation
- ◆ Aerospace and shipbuilding
- ◆ Mechanical engineering
- ◆ Medical engineering
- ◆ Military technology
- ◆ Tele/data communications

### Typical applications:

- ◆ Industrial control
- ◆ Automation
- ◆ Measurement and instrumentation
- ◆ Simulation



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

8  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

122

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## Automotive Production Lines



### The customer

- ◆ Diversified products for automotive, communication, automation, packaging machines etc.

### The application

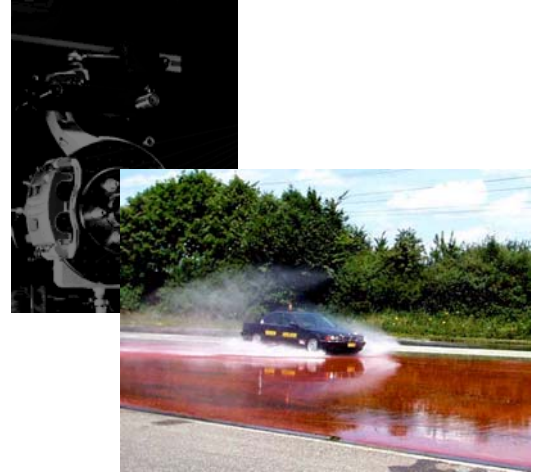
- ◆ Series production of ABS components
- ◆ High speed control of a hydraulic press

### The electronics

- ◆ VMEbus System with 68k-based SBC A9 under OS-9 and M-Modules in a customized enclosure

### A winning project

- ◆ Complete system integration
- ◆ Customer accepts only one supplier



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

9  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## Test Bench Systems



### The customer

- ◆ Customized control and test equipment for use in development, production and quality assurance

### The application

- ◆ Test bench system for L'Orange
- ◆ For high pressure injection systems for large Diesel engines

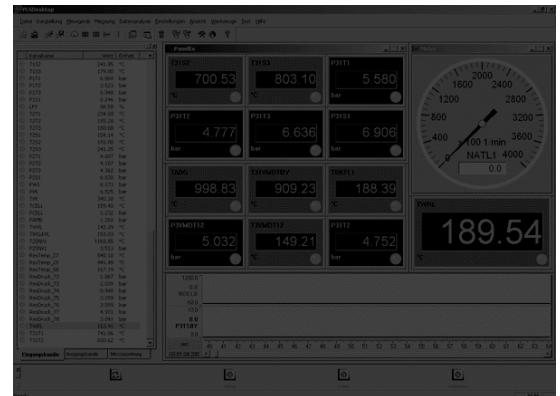
### The electronics

- ◆ F7 with 6U mounting kit and F7 Ext
- ◆ Windows 2000
- ◆ High grade collection of M-Modules

### A winning project

- ◆ Most cost effective and flexible solution with different M-Module configurations

16x M67 (Digital Oscilloscope), 2x M70 (Temperature), 2x M36 (Analog Input), 2x M66 (Digital I/O) plus M33, M72, M8, M65



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

10  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg





## Production Testing



### The customer

- ◆ Computer-based metrology for stabilizing, supervising and documenting production

### The application

- ◆ Form, gear and 3D measurements
- ◆ Automatic compensation of geometric errors, vibrations, temperature and pressure

### The electronics

- ◆ Complete axis control with 6U VMEbus SBC A12 under OS-9
- ◆ Binary and interface M-Modules

### A winning project

- ◆ A tailored solution with an unbeatable price/performance ratio
- ◆ Flexibility using M-Modules



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## Automotive Testing



### The customer

- ◆ Advanced vehicle diagnosis systems

### The application

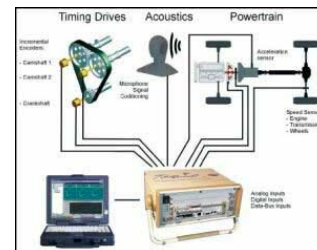
- ◆ Mobile high-speed datalogger which samples rotational speeds, analog, digital and audio information of engine, timing/auxiliary belt or chain drive, clutch, transmission, drivetrain
- ◆ Designed for rotational speed and angle analysis (absolute/relative torsional vibration analysis)
- ◆ Monitoring online data while sampling on a preceding Automotive Industrial Notebook

### The electronics

- ◆ Complete portable 6U VMEbus system with 68k-based SBC A10 under OS-9
- ◆ DSP-based M-Modules M59, M63, M140 for fast data-preprocessing
- ◆ Custom 100MHz counter M-Module and custom drivers for fast data throughput

### A winning project

- ◆ Complete system integration using standard and customized components



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



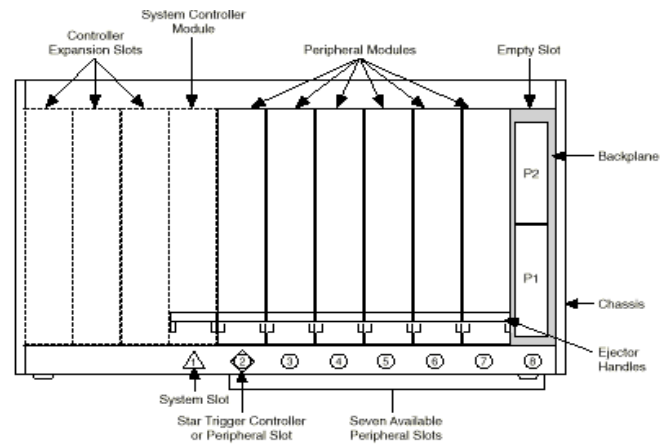
## What is PXI

### PXI is an extension of CompactPCI

- ◆ PCIeXtension for Instrumentation
- ◆ Developed by National Instruments

### The PXI specification describes

- ◆ Additional physical signals and wiring in a CompactPCI system (J2 Backplane)
- ◆ System slot (left), peripheral slot and star trigger slot requirements



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

13  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## PXI Signals

- PXI\_CLK10:** 10MHz output of the star trigger unit
- PCI\_CLK10\_IN:** 10MHz input for "synchronous triggers"
- PXI\_LBL[0:12]:** undefined daisy chain lines (left-hand side)
- PXI\_LBR[0:12]:** undefined daisy chain lines (right-hand side)
- PXI\_STAR:** star trigger input of a peripheral slot
- PXI\_STAR[0:12]:** outputs of the star trigger unit
- PXI\_TRIG[0:7]:** I/Os for bussed trigger lines

# PXI

**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

14  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

125

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## MEN PXI Solutions



### Offering the complete solution

- ◆ Board-level
- ◆ System-level
- ◆ Independent of the final application

### MEN's PXI product range includes:

- ◆ Main frames for 6U and 3U cards
- ◆ System controllers
- ◆ A wide range of I/O cards based on ANSI mezzanine standards
  - ◆ A 6U mezzanine carrier board hosts up to 4 M-Modules
  - ◆ A 3U mezzanine carrier board hosts up to 2 M-Modules
- ◆ Software support



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

15  
19.09.2002



## MEN PXI Product Range



### Main Frames

- ◆ Enclosures with PSU, CD-ROM and disk drives, 5 to 21 slots
- ◆ 6U and 3U cards

### Mezzanine I/O

- ◆ 70 M-Modules for instrumentation
- ◆ M-Module carrier boards receive and distribute PXI triggers
- ◆ PC-MIPs for computer I/O extension

### System Controllers

- ◆ All MEN x86 CPC1 CPUs generate trigger signals by means of hardware timers
- ◆ For example
  - ◆ 3U/6U SBC F7 (P III / 850MHz)
  - ◆ 6U SBC D4 (P 4 / 2GHz)

### Software Support

- ◆ Windows drivers for all mezzanine I/O cards
- ◆ LabWindows/CVI support



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

16  
19.09.2002





## PXI Packaging for 6U Cards

### 19" desktop system 7U, 84T, 375mm

- ◆ 14-slot 32bit/33MHz 3U PXI backplane (alt. 21 slots)
- ◆ 650W Open Frame PSU
- ◆ 3 DC fans, temperature controlled
- ◆ Option CD-ROM and floppy drive
- ◆ Customization on request
  
- ◆ PXI system controller F7 installed
- ◆ Windows installed
  
- ◆ Largest possible solution for expansive I/O requirements
- ◆ Only few 6U PXI solutions on the market



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

17  
19.09.2002

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## PXI Packaging for 3U Cards

### 1/2 19" desktop system 4U, 42T, 315mm

- ◆ 7-slot 32bit/33MHz 3U PXI backplane
- ◆ 250W pluggable PSU
- ◆ 2 DC fans, temperature controlled
- ◆ Option floppy drive
- ◆ Customization on request
  
- ◆ PXI system controller F7 installed
- ◆ Windows installed
  
- ◆ One of the smallest solutions available on the market
- ◆ For applications with limited space and rugged environments



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

18  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

127

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## F7 - 3U/6U Pentium III PXI System Controller

### Pentium III / 850MHz SBC

- ◆ 256MB DRAM installed
- ◆ 40GB industrial hard disk installed
- ◆ Extension kit for 6U cards

### Provided with the 810 chip set

- ◆ With embedded graphics controller
- ◆ DVI interface allows for attachment of both advanced and legacy flat-panel displays and CRT monitors
- ◆ On-board USB port as universal interface to keyboard, mouse, printer etc.

### 10/100Mbit/s Fast Ethernet at front

**Ultra ATA66 connector for any EIDE hard disk and CD-ROM drive**

**Onboard CompactFlash slot allows use of silicon disks**

**Front-side bus clock of up to 133MHz**



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

19  
19.09.2002

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## M-Modules - Industrial Mezzanine I/O for PXI

### Concept

- ◆ 4 M-Modules per 6U carrier board
- ◆ I/O signals also on front panel
- ◆ Perfect front mechanics for 100% EMC protection
- ◆ Highly shock and vibration resistant
- ◆ Suited for -40..+85°C operating temperature
- ◆ Industrial isolation
- ◆ For VMEbus, CompactPCI, PCI and Embedded

**ANSI standard since 1997**

### Product range

- ◆ Analog and digital I/O
- ◆ Instrumentation
- ◆ Motion/Robotics
- ◆ Field Buses
- ◆ Legacy serial/parallel I/O
- ◆ Communication



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

20  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

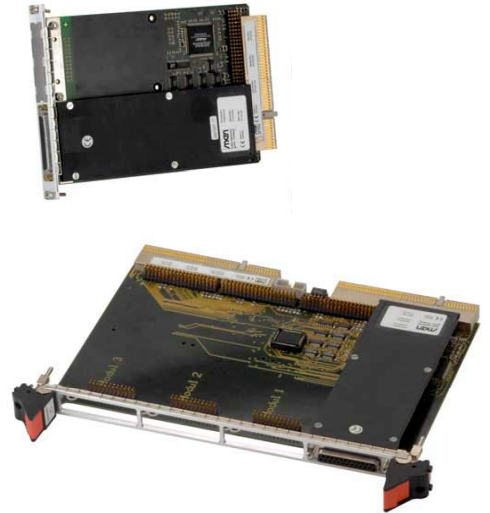
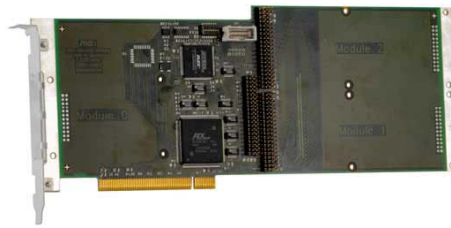


128

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## M-Module Carrier Boards

	Platform	M-Module Slots
<b>A201S</b>	6U VME	4
<b>B201S</b>	3U VME	1
<b>B202</b>	3U VME	2
<b>D201</b>	6U CPCI/PXI	4
<b>F201</b>	3U CPCI/PXI	1
<b>F202</b>	3U CPCI/PXI	2
<b>C201/2</b>	PC-AT	1/3
<b>C203/4</b>	Desktop PCI	1/3



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

21  
19.09.2002

**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## PXI Support via M-Module Carrier Cards

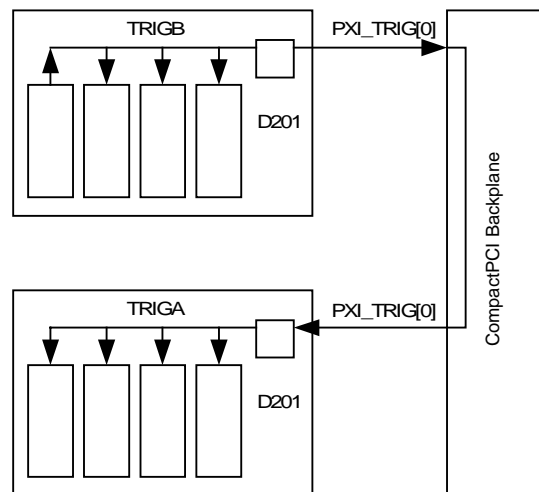
**All M-Module carrier cards support 5 PXI trigger lines**

**2 on-board trigger sources**

- ◆ One-shot or continuous trigger (243Hz..5.33MHz frequency)

**Flexible trigger routing**

- ◆ On-board trigger sources may be routed to M-Module interface or PXI trigger lines
- ◆ PXI trigger lines may be routed to M-Module interface trigger lines and vice versa



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

22  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

129

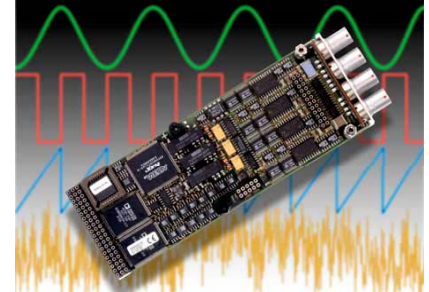
**mcA**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## M-Modules - Instrumentation

Embedded Solutions

	Function	I/O lines	Resolution	Conversion	Isolation	Software
<b>M8</b>	IEC625/IEE488	1			no	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M15</b>	Frequency and PWM generator	2 outputs	125ns/0.3mV	100ms typ.	yes	
<b>M16</b>	Analog data acquisition	4 differential inputs	12 bits	35us	yes	
<b>M56</b>	Analog multiplexer	16 relay switches			yes	
<b>M59</b>	Analog data acquisition	4 differential inputs	16 bits	10us	yes	
<b>M60</b>	Digital system multimeter	1 input	24 bits	52us	yes	
<b>M63</b>	Digital data acquisition	32 inputs, 16 outputs		10us	yes	
<b>M67</b>	Digital oscilloscope	1 voltage input	12 bits	25ns 40MHz	yes	
<b>M68</b>	Function and arbitrary waveform generator	4 outputs	16 bits	7us	yes	
<b>M70</b>	Temperature acquisition	16 voltage inputs	16 bits	20ms typ.	yes	
<b>M76</b>	Digital system multimeter	1 input	22.5 bits @ 10Hz sampling	52us	yes	
<b>M78</b>	Digital oscilloscope	4 voltage inputs	12 bits	variable	yes	
<b>M97</b>	Universal counter	1 input	10ns@+/- 1LSB		yes	



**Board-Level Computers for Industrial Applications**

23  
19.09.2002

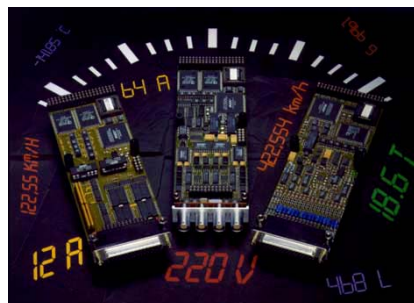
**mca**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## M-Modules - Analog I/O

Embedded Solutions

	I/O	Curr/Volt	Acquisition	Resolution	Isolation	Software
<b>M33</b>	8	current or voltage	10us	12 bits	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M34</b>	8/16	current or voltage	8.5us	12 bits	yes	
<b>M35</b>	8/16	current or voltage	10us	14 bits	yes	
<b>M36</b>	8/16	current or voltage	10us	16 bits	yes	
<b>M37</b>	4	current or voltage	8.5us	16 bits	yes	
<b>M62</b>	16	current or voltage	15us	12 bits	yes	



**Board-Level Computers for Industrial Applications**

24  
19.09.2002

**mca**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## M-Modules - Digital I/O



	I/O	Load on	Isolation	Software
<b>M11</b>	18-bit TTL I/O			Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M22</b>	8 inputs or outputs	Ground	yes	
<b>M24</b>	8/16 inputs	Ground or supply voltage	yes	
<b>M27</b>	16 outputs	Supply voltage	yes	
<b>M28</b>	16 outputs	Ground	yes	
<b>M29</b>	8 outputs	Ground	yes	
<b>M30</b>	8 inputs	Ground	yes	
<b>M31</b>	16 inputs	Ground	yes	
<b>M32</b>	16 inputs	Supply voltage	yes	
<b>M43</b>	8 relay outputs		yes	
<b>M58</b>	32-bit TTL I/O			
<b>M66</b>	32 inputs or outputs	Ground	yes	



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

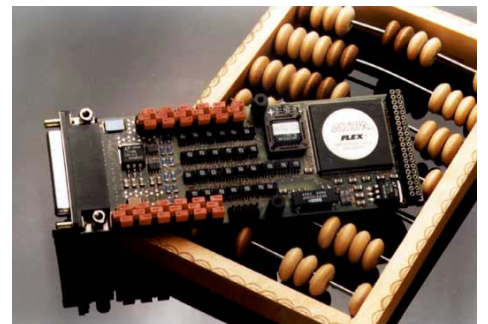
25  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## M-Modules - Motion



	Function	I/O lines	Isolation	Software
<b>M13</b>	Timer/counter	4	yes	OS-9
<b>M41</b>	Timer/counter	4	yes	OS-9
<b>M44</b>	DC-motor controller	1	yes	OS-9
<b>M47</b>	SSI controller	4	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M49</b>	Step-motor controller	2	yes	OS-9
<b>M50</b>	Synchro/resolver converter	1	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M54</b>	DC-motor controller	1	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M61</b>	Step-motor controller	1	yes	OS-9
<b>M72</b>	Motion counter	4	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

26  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

131

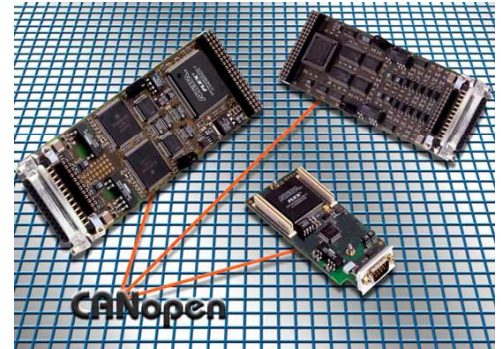
**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## M-Modules - Field Buses



	<b>Function</b>	<b>I/O lines</b>	<b>Iso-lation</b>	<b>Software</b>
<b>M39</b>	Interbus-S slave	1	yes	OS-9
<b>M40</b>	Profibus FMS master	1	yes	OS-9
<b>M57</b>	Profibus DP master	1	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M51</b>	Quad CAN 2.0B, Extended CAN	4	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M65</b>	Dual Full/Extended CAN	2	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M74</b>	Dual fault-tolerant CAN 2.0B, Extended CAN	2	yes	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>M9</b>	10Mbit Ethernet (AUI, Cheapernet)	1	Yes	OS-9
<b>M73</b>	10Base-T Ethernet	1	Yes	OS-9



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

27  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## M-Modules - Communication



	<b>Function</b>	<b>I/O lines</b>	<b>Iso-lation</b>	<b>Software</b>
<b>M6</b>	RS232 or RS422/485 or TTY	1	Yes	OS-9
<b>M9</b>	10Mbit Ethernet (AUI, Cheapernet)	1	Yes	OS-9
<b>M14</b>	SCSI-2	1	No	OS-9
<b>M17</b>	Intelligent RS232 or RS422 or RS485	3	Yes/No	Windows, OS-9
<b>M45</b>	RS232	8	No	Windows, VxWorks, OS-9
<b>M46</b>	RS232/Modem	3	No	
<b>M52</b>	Centronics	1	No	OS-9
<b>M53</b>	SCSI-2/FIFO	1	No	OS-9
<b>M69</b>	RS232	6	Yes	Windows, VxWorks, OS-9
<b>M73</b>	10Base-T Ethernet	1	Yes	OS-9
<b>M77</b>	RS232 or RS422 or RS485	4	yes	Windows, VxWorks



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

28  
19.09.2002

**mea**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg



## PC•MIP - Computer I/O Mezzanines for PXI

### Concept

- ◆ 6 PC•MIPs (300 I/Os) per 6U carrier board
- ◆ 100% PCI bus plus industrial features
- ◆ PXI trigger support (NI)
- ◆ I/O signals also at front panel
- ◆ perfect front mechanics for 100% EMC protection
- ◆ highly shock and vibration resistant
- ◆ opt. cooling concept f. -40..+85°C
- ◆ industrial isolation
- ◆ VME, CompactPCI, PCI, Embedded

### Product range

- ◆ Communication
- ◆ Legacy serial/parallel I/O
- ◆ Field buses

**ANSI standard since January 2002**



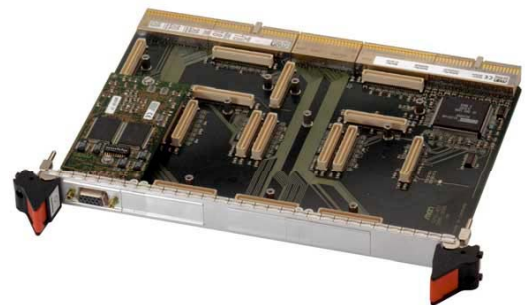
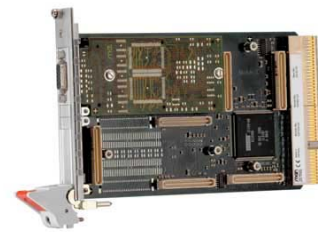
**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

29  
19.09.2002



## PC•MIP Carrier Boards

	<b>Platform</b>	<b>PC-MIP Slots</b>
<b>D202</b>	6U CompactPCI / PXI	6
<b>F203</b>	3U CompactPCI / PXI	3



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

30  
19.09.2002



## PC•MIP Overview



	Function	Software
<b>P1</b>	CRT/LCD graphics accelerator	Windows, Linux, VxWorks, QNX
<b>P4</b>	Ultra-2 SCSI controller	Windows, Linux
<b>P5</b>	Intelligent CAN interface	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>P6</b>	Profibus DP master interface	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>P9</b>	Gigabit Ethernet	Linux
<b>P10</b>	Quad RS232 UART	Windows, Linux, VxWorks, OS-9
<b>P11</b>	Quad RS422/485 UART	Windows, Linux, VxWorks
<b>P12</b>	Fast Ethernet	Windows, Linux, OS-9
<b>P13</b>	48-bit TTL I/O interface	Windows, Linux, VxWorks, QNX, RTX, OS-9
<b>P14</b>	IEEE 1394 OHCI FireWire Controller	
<b>P15</b>	NVRAM memory module	Linux, VxWorks, OS-9
<b>P16</b>	Dual Fast Ethernet	Linux, QNX, RTX, OS-9



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

31  
19.09.2002

**mca**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## MEN Software Support for PXI



**PXI requires that all peripheral modules have device driver software that runs in the appropriate framework**

**LabWindows/CVI is a text-based compiler to generate the application**  
**LabWindows/CVI provides:**

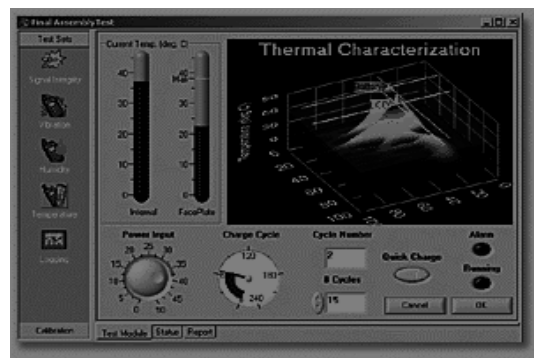
**MEN supports LabWindows/CVI**

- ◆ Run-time libraries for
  - Instrument control
  - Data acquisition and analysis
  - User interface

- ◆ MDIS4/Windows and native Windows drivers include support of LabWindows/CVI
- ◆ All drivers can be downloaded from MEN's website for free
- ◆ An MEN Application Note describes how to use it (download)

**Free standard IVI drivers for:**

- ◆ Switches (M56)
- ◆ Multimeters (M76)
- ◆ Function Generators (M68)
- ◆ IVI = Interchangeable Virtual Instrument



**Board-Level Computers  
for Industrial Applications**

32  
19.09.2002

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

134

**mca**  
mikro elektronik  
gmbh · nürnberg

## Präzisionsmessungen am Josephson-Spannungsnormal

Hans Borutta, TÜV Thüringen AT GmbH, Arnstadt, DKD-06801-Kalibrierlabor  
 Gerd Wende, IPHT Jena, Abteilung Quantenelektronik

Johann-Wolfgang-Goethe Universität, Frankfurt am Main, 24.09.2002

### **Verbesserung der Messunsicherheit im DKD-Kalibrierlabor**

Mit Unterstützung des Institutes für Physikalische Hochtechnologie in Jena konnte die Methodik der Präzisions-Spannungs-Messung am Josephson-Spannungsnormal praktisch demonstriert werden und auf Basis der Messwerte eine interessante Methode der Erkennung von Fehlern und deren Korrektur dargestellt werden.

Die im Kalibrierlabor akkreditierte Messunsicherheit von  $3 \cdot 10^{-6}$  ist auf diese Art in die Größenordnung  $2 \cdot 10^{-7}$  zu verbessern.

### **Die Rückführung der Spannung auf die Frequenz**

Mit dem Josephson-Spannungsnormal in Jena lassen sich Gleichspannungen im Bereich von + 10 V bis - 10 V in sehr feinen Abstufungen von ca. 155  $\mu$ V darstellen. Die Mikrowellenfrequenz von ca. 75 GHz wird die entscheidende Messgrösse für die Bestimmung des "richtigen Wertes" der Spannung. Die Zahl n ist eine ganzzahlige laufende Nummer die mit einer ersten Messung bestimmt wird. Danach errechnet sich die Spannung nach folgender Formel, die sichtbar macht, dass die einzige Variable die Frequenz f ist. Das magnetische Flussquantum  $\Phi_0$  ist eine Naturkonstante, die 1990 in Form der Josephson-Konstante  $K_{J90}$  festgelegt wurde.

$$V_n = n \Phi_0 f \quad (*)$$

n = 1, 2, 3, ...

$$\Phi_0 = h / 2e$$

(magnetisches Flussquantum)

Josephson - Konstante

$$K_J = 1 / \Phi_0$$

1990 Festlegung

$$K_{J90} = 483.597,9 \text{ GHz} / V$$

**(\*) Mit dieser Gleichung wird die elektrische Spannung auf eine Frequenz zurückgeführt!**

Für den Bediener ist es wichtig, dass er für den Zeitraum einer zuverlässigen Messung den Wert der Frequenz konstant hält und den Mikrowellenstrom in einem Bereich stabilisiert, dass

der Quantensprung bei **einer** Zahl  $n$  verbleibt. Die folgenden Messreihen haben gezeigt, dass sowohl die Mikrowellenfrequenz und auch die Stromstabilisierung sicher beherrscht werden. Die Frequenz kann in unserem Labor auf eine Referenzfrequenz von 10 MHz, die mit einem GPS-Referenznormal erzeugt wird, zurückgeführt werden. Die Messunsicherheit der Frequenz beträgt hierbei  $5 \cdot 10^{-11}$ .

### **Ergebnisse der Messungen in Jena**

Über einen Zeitraum von mehreren Stunden konnte eine Messreihe registriert werden, aus der sich das Linearitätsverhalten eines 8 1/2 stelligen Digitalvolmeters und seine Absolutgenauigkeit im Rahmen der zugelassenen Messunsicherheit sicher bestimmen liessen. Die nachträgliche Betrachtung der Messwerte brachte systematische Fehler zum Vorschein, die zu analysieren es sich lohnte. Z.B. erkannten wir sicher eine falsche Angabe der ganzzahligen Stufe  $n$ , Rundungsfehler des Taschenrechners und eine Abweichung durch Vorgabe eines um  $2 \mu\text{V}$  "falschen" Kalibrierwertes.

### **2. Messreihe in der PTB am Nationalen Normal**

Um sicher zu gehen, dass eine praktische Anwendung des Josephson-Spannungsnormal in einem Kalibrierlabor mit normaler Ausstattung möglich ist, wurde eine verbesserte Messreihe in Braunschweig vorgenommen. Hier konnten die Messwerte im Bereich 100 mV bis 1 V und von 1 V bis 10 V in jeweils 10 Referenzstufen eingestellt und registriert werden. Die Ergebnisse von Jena, die bei normalem Raumklima stattfanden, haben sich bestätigt. Das korrigierte Messergebnis (Korrektur der "falschen" Referenz, Nullpunktabweichung, Linearitätsfehler, falsche "n") ergab über den gesamten Bereich von  $\pm 10$  V eine relative Abweichung der Messwerte vom "richtigen Wert" von **kleiner  $2 \cdot 10^{-7}$** .

### **Zusammenfassung**

Präzisionsspannungsmessungen sind auch unter normalen Bedingungen eines Kalibrierlabors mit hoher Sicherheit der Rückführung auf das Nationale Normal - dem Josephson-Spannungsnormal - im Bereich der Messunsicherheit kleiner  $2 \cdot 10^{-7}$  durchführbar. Damit ergeben sich neue Momente in der Qualitätssicherung von Forschungsergebnissen und im produzierenden Bereich.

Das Kalibrierlabor kann Ihnen bei der Lösung von Messproblemen mit erhöhten Genauigkeitsanforderungen im Bereich der Spannungsmessung und der Frequenz-/Zeitmessung behilflich sein. Nehmen Sie über untenstehende Adresse Kontakt mit uns auf.

DKD-06801 Kalibrierlabor  
der TÜV Thüringen Anlagentechnik GmbH  
Ichtershäuser Str. 32  
99310 Arnstadt

Tel. 03628/598 320  
e-mail: [hborutta@tuev-thueringen.de](mailto:hborutta@tuev-thueringen.de)  
Powerpoint-Folien: U\_Normal.ppt

# Präzisionsmessungen am Josephson-Spannungsnormal

**Hans Borutta, Gerd Wende**

**TÜV Thüringen Anlagentechnik GmbH  
Kalibrierlabor DKD 06801  
und IPHT Jena**



# Spannungsmessung

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

## mit einer Messunsicherheit $< 2 \cdot 10^{-7}$

1. Das nationale Normal der Gleichspannung ist das Josephson-Spannungsnormal
2. Methodik der Messung mit einem 8 ½ stelligem DVM HP 3458
3. Korrekturmöglichkeit und Auswertung der Messergebnisse

# Verbesserung der Messunsicherheit im TÜV Kalibrierlabor

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

139

	Entfernung	Meßunsicherheit	Abweichung		
<b>250 km Erfurt-Frankfurt/Main</b>		<b>3,00E-06</b>	<b>0,750</b>	<b>m</b>	<b>Gleichspannung</b>
				<b>bisher</b>	<b>mit Muirhead-Zellen</b>
<b>250 km Erfurt-Frankfurt/Main</b>		<b>2,00E-07</b>	<b>0,050</b>	<b>m</b>	<b>Gleichspannung</b>
				<b>neu</b>	<b>mit Josephson</b>
<b>250 km Erfurt-Frankfurt/Main</b>		<b>1,00E-09</b>	<b>0,025</b>	<b>mm</b>	<b>Frequenz</b>
				<b>bisher</b>	<b>mit ZDF-Bildfrequenz</b>
<b>250 km Erfurt-Frankfurt/Main</b>		<b>5,00E-11</b>	<b>0,001</b>	<b>mm</b>	<b>Frequenz</b>
				<b>neu</b>	<b>mit GPS-Referenz</b>



# Multimeter HP 3458A

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

140

Vergleichsnorm

Fluke 732 A

Meßverfahren

U Verfahren

Kalibriergegenstand

HP 3458 A

8 1/2 stellig 8 ppm/a

9,999.920.0

10,000.000.0

10,000.080.0

Keine Konformität

Unsichere Aussage

Konformität

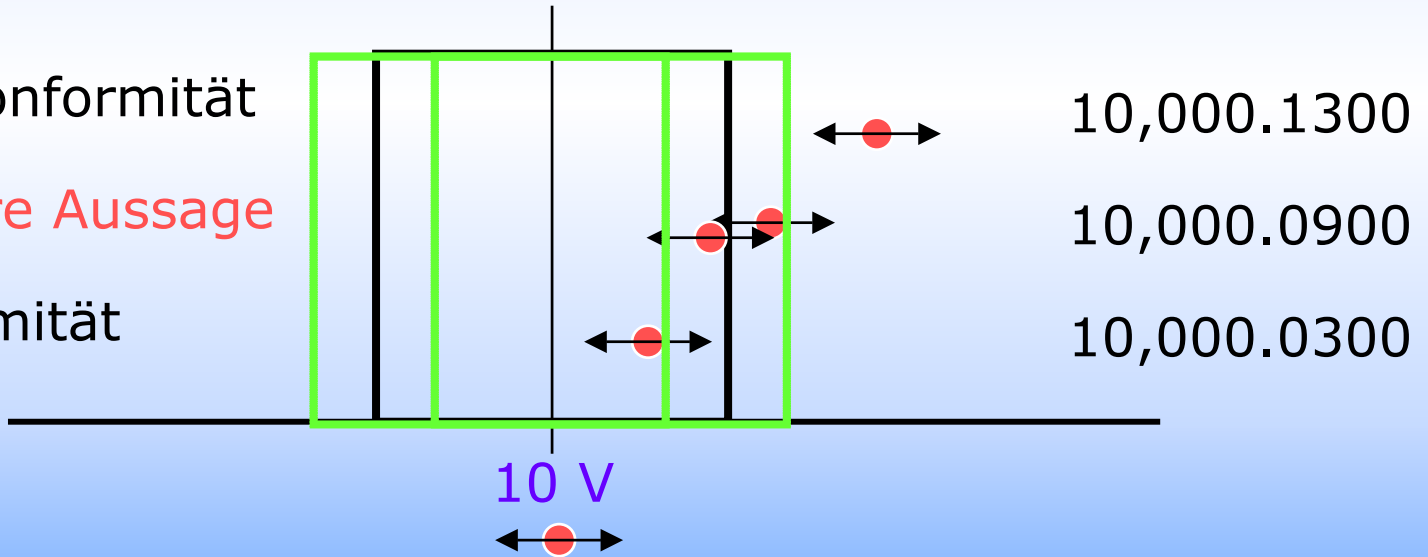
10,000.1300

10,000.0900

10,000.0300

10 V

3 ppm/a MU des Standards Fluke 732 A



# Multimeter HP 3458A

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

141

Vergleichsnorm  
Josephson-U-Normal

Meßverfahren  
U Verfahren

Kalibriergegenstand  
HP 3458 A

8 1/2 stellig 8 ppm/a

9,999.920.0

10,000.000.0

10,000.080.0

Keine Konformität

Sichere Aussage

Konformität

10,000.1300

10,000.0900

10,000.0300

10 V



mal 10 vergrößert

● < 0,2 ppm/a MU mit dem Josephson-Spannungsnorma

# Das Josephson-Spannungsnormale

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

142



INSTITUT FÜR  
PHYSIKALISCHE  
HOCHTECHNOLOGIE e. V.

## Josephson-Spannungsnormale Messplatz im Institut für Physikalische Hochtechnologie in Jena

Abteilung Quantenelektronik  
Institut für Physikalische Hochtechnologie e. V. · Postfach 10 02 39 · 07702 Jena





Abteilung Quantenelektronik

Institut für Physikalische Hochtechnologie e. V. · Postfach 10 02 39 · 07702 Jena



INSTITUT FÜR  
PHYSIKALISCHE  
HOCHTECHNOLOGIE e. V.

# Josephson-Spannungsnormal

$$V_n = n \Phi_0 f \quad (*)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots \quad \Phi_0 = h / 2e \quad (\text{magnetisches Flussquantum})$$

$$\text{Josephson - Konstante} \quad K_J = 1 / \Phi_0$$

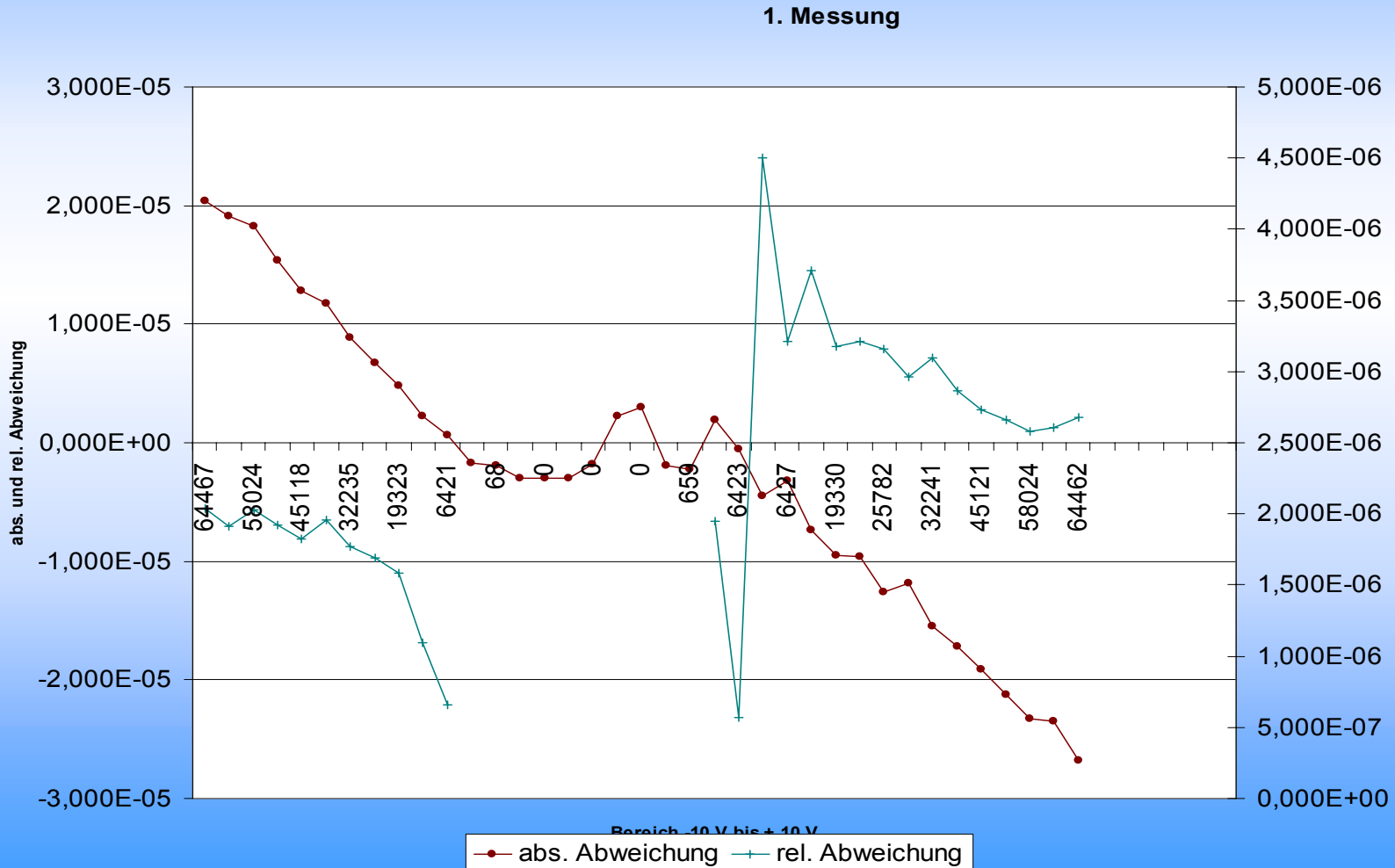
$$\text{1990 Festlegung} \quad K_{J90} = 483.597,9 \text{ GHz} / \text{V}$$

(\*) Mit dieser Gleichung wird die elektrische Spannung auf eine Frequenz zurückgeführt!

# 1. Messreihe in JENA im IPHT

lfd. Nr.	Richtiger Wert IPHT		Meßwert TÜV		Konstante	
	n	V	V		deltaV/V	V/n
Frequenz f = 75,010.000.001 GHz stabilisiert mit dem Rubidiumnormal (GPS diszipliniert wäre möglich)						
K <sub>J90</sub> = 483.597,9 GHz/V						
				abs. Abweichu	rel. Abweichung	
37	64467	-9,99936035700	-9,999340	2,036E-05	2,036E-06	-1,551082004E-04
36	64465	-9,99905014100	-9,999031	1,914E-05	1,914E-06	-1,551082004E-04
34	58024	-8,99999822200	-8,999980	1,822E-05	2,025E-06	-1,551082004E-04
31	51556	-7,99675838100	-7,996743	1,538E-05	1,923E-06	-1,551082004E-04
27	45118	-6,99817178700	-6,998159	1,279E-05	1,827E-06	-1,551082004E-04
25	38676	-5,99896476000	-5,998953	1,176E-05	1,960E-06	-1,551082004E-04
23	32235	-4,99991284100	-4,999904	8,841E-06	1,768E-06	-1,551082004E-04
21	25774	-3,99775875800	-3,997752	6,758E-06	1,690E-06	-1,551082004E-04
18	19323	-2,99715575700	-2,997151	4,757E-06	1,587E-06	-1,551082004E-04
13	12876	-1,99717318900	-1,997171	2,189E-06	1,096E-06	-1,551082005E-04
11	6421	-0,99594975495	-0,9959491	6,550E-07	6,576E-07	-1,551082004E-04
9	644	-0,09988968108	-0,0998914	-1,719E-06		-1,551082004E-04
7	68	-0,01054735763	-0,0105493	-1,942E-06		-1,551082004E-04
17	0	0,00000000000	-0,000003	-3,000E-06		#DIV/0!
28	0	0,00000000000	-0,000003	-3,000E-06		#DIV/0!
29	0	0,00000000000	-0,000003	-3,000E-06		#DIV/0!
5	0	0,00000000000	-0,000018	-1,800E-06		#DIV/0!
4	0	0,00000000000	0,000022	2,200E-06		#DIV/0!
16	0	0,00000000000	0,000003	3,000E-06		#DIV/0!
6	76	0,01178822323	0,0117863	-1,923E-06		1,551082004E-04
8	659	0,10221630410	0,1022141	-2,204E-06		1,551082005E-04
2	6422	0,99610486315	0,9961068	1,937E-06	1,944E-06	1,551082004E-04
1	6423	0,99625997135	0,9962594	-5,713E-07	5,735E-07	1,551082004E-04
10	6425	0,99657018780	0,9965657	-4,488E-06	4,503E-06	1,551082004E-04
3	6427	0,99688040415	0,9968772	-3,204E-06	3,214E-06	1,551082004E-04
12	12878	1,99748340500	1,997476	-7,405E-06	3,707E-06	1,551082004E-04
15	19330	2,99824151400	2,998232	-9,514E-06	3,173E-06	1,551082004E-04
14	19331	2,99839662300	2,998387	-9,623E-06	3,209E-06	1,551082005E-04
19	25782	3,99899962400	3,998987	-1,262E-05	3,157E-06	1,551082004E-04
20	25784	3,99930984000	3,999298	-1,184E-05	2,961E-06	1,551082004E-04
22	32241	5,00084349000	5,000828	-1,549E-05	3,097E-06	1,551082004E-04
24	38680	5,99958519300	5,999568	-1,719E-05	2,866E-06	1,551082004E-04
26	45121	6,99863711200	6,998618	-1,911E-05	2,731E-06	1,551082004E-04
30	51555	7,99660327300	7,996582	-2,127E-05	2,660E-06	1,551082004E-04
33	58024	8,99999822200	8,999975	-2,322E-05	2,580E-06	1,551082004E-04
32	58026	9,00030843800	9,000285	-2,344E-05	2,604E-06	1,551082004E-04

# 1. Messreihe in JENA im IPHT



# Korrigierte Messreihe



# 2. Messreihe in der PTB

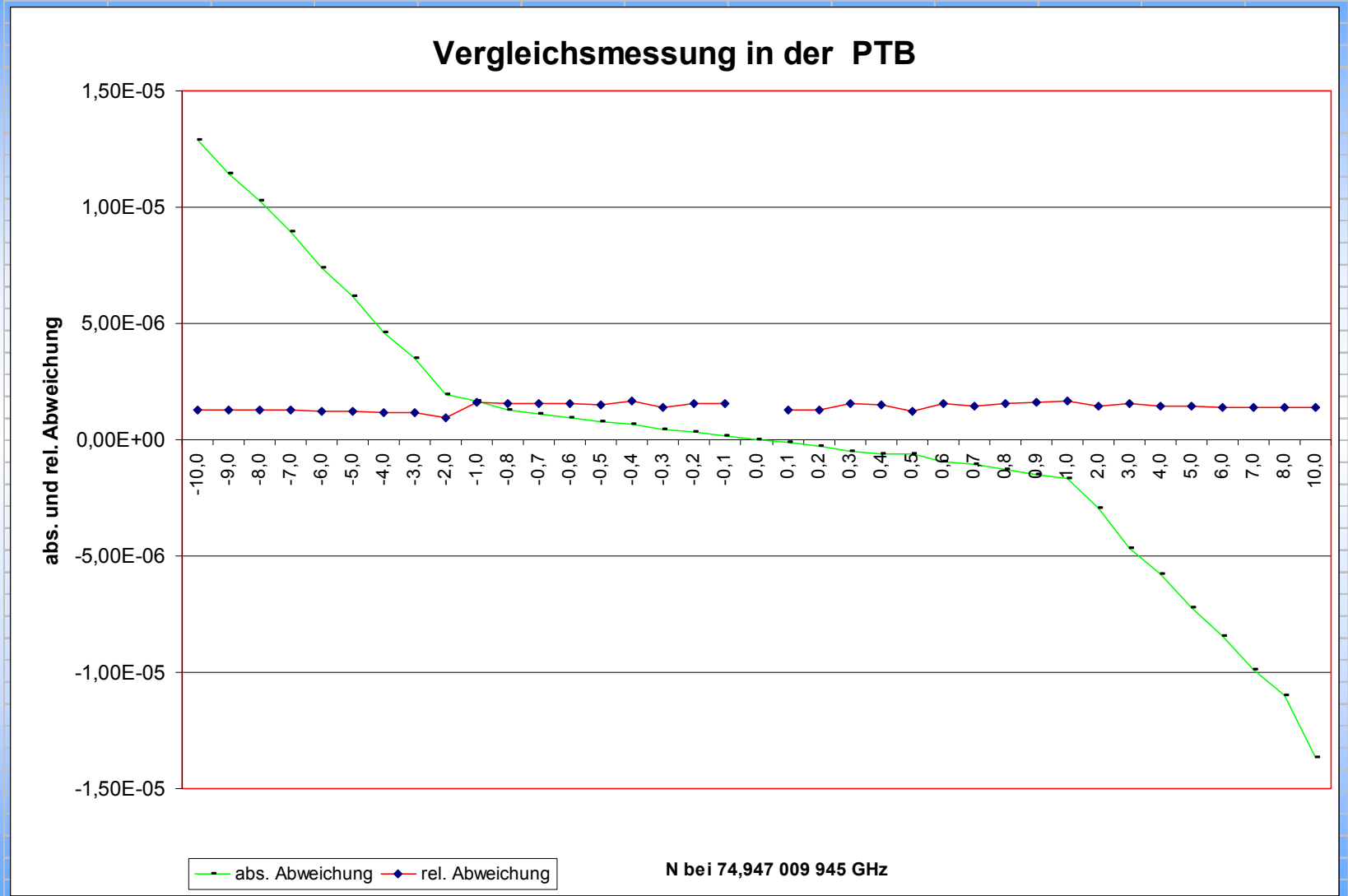
	n	V	V				deltaV+0,25µV	deltaV/V	V/n
Frequenz f = 74,947009900 GHz stabilisiert mit dem Rubidiumnormal (GPS diszipliniert wäre möglich)									
K <sub>J90</sub> = 483.597,9 GHz/V									
27	-64631	-10,01637971721	<b>-10,0163671</b>	<b>-10,0163798</b>	<b>-1,048994E-07</b>	<b>1,04728E-08</b>	1,287E-05	<b>1,285E-06</b>	+1µV
28	-58101	-9,00437372081	<b>-9,0043625</b>	<b>-9,00437386</b>	<b>-1,350925E-07</b>	<b>1,5003E-08</b>	1,147E-05	<b>1,274E-06</b>	1,549779474E-04
29	-51576	-7,99314261415	<b>-7,9931326</b>	<b>-7,99314259</b>	<b>2,340530E-08</b>	<b>-2,92817E-09</b>	1,026E-05	<b>1,284E-06</b>	1,549779474E-04
30	-45128	-6,99384480943	<b>-6,9938361</b>	<b>-6,99384474</b>	<b>6,774147E-08</b>	<b>-9,68587E-09</b>	8,959E-06	<b>1,281E-06</b>	1,549779474E-04
31	-38729	-6,00214092414	<b>-6,0021338</b>	<b>-6,0021411</b>	<b>-1,787524E-07</b>	<b>2,97814E-08</b>	7,374E-06	<b>1,229E-06</b>	1,549779474E-04
32	-32336	-5,01136690653	<b>-5,0113610</b>	<b>-5,01136697</b>	<b>-5,881740E-08</b>	<b>1,17368E-08</b>	6,157E-06	<b>1,229E-06</b>	1,549779474E-04
33	-25857	-4,00726478544	<b>-4,0072604</b>	<b>-4,00726501</b>	<b>-2,243642E-07</b>	<b>5,59894E-08</b>	4,635E-06	<b>1,157E-06</b>	1,549779474E-04
34	<b>-19374</b>	-3,00254275257	<b>-3,0025395</b>	<b>-3,00254275</b>	<b>-8,636918E-10</b>	<b>2,87653E-10</b>	3,503E-06	<b>1,167E-06</b>	-1n daneben und -30µV
35	-12866	-1,99394627101	<b>-1,9939446</b>	<b>-1,99394649</b>	<b>-2,208172E-07</b>	<b>1,10744E-07</b>	1,921E-06	<b>9,634E-07</b>	1,549779474E-04
14	-6578	-1,01944493788	<b>-1,01944354</b>	<b>-1,01944482</b>	<b>1,187080E-07</b>	<b>-1,16444E-07</b>	1,648E-06	<b>1,616E-06</b>	1,549779474E-04
16	-5316	-0,82386276828	<b>-0,82386174</b>	<b>-0,82386273</b>	<b>4,248586E-08</b>	<b>-5,15691E-08</b>	1,278E-06	<b>1,552E-06</b>	1,549779474E-04
17	-4654	-0,72126736711	<b>-0,72126650</b>	<b>-0,72126733</b>	<b>3,521241E-08</b>	<b>-4,88202E-08</b>	1,117E-06	<b>1,549E-06</b>	1,549779474E-04
18	-3995	-0,61913689979	<b>-0,61913618</b>	<b>-0,61913686</b>	<b>4,108371E-08</b>	<b>-6,63564E-08</b>	9,698E-07	<b>1,566E-06</b>	1,549779474E-04
19	-3334	-0,51669647657	<b>-0,51669596</b>	<b>-0,51669649</b>	<b>-8,474821E-09</b>	<b>1,64019E-08</b>	7,666E-07	<b>1,484E-06</b>	1,549779474E-04
20	-2663	-0,41270627388	<b>-0,41270584</b>	<b>-0,41270621</b>	<b>6,481750E-08</b>	<b>-1,57055E-07</b>	6,839E-07	<b>1,657E-06</b>	1,549779474E-04
21	-2007	-0,31104074039	<b>-0,31104055</b>	<b>-0,31104077</b>	<b>-2,616646E-08</b>	<b>8,41255E-08</b>	4,404E-07	<b>1,416E-06</b>	1,549779474E-04
22	<b>-1347</b>	-0,20875529512	<b>-0,20875522</b>	<b>-0,20875528</b>	<b>1,198993E-08</b>	<b>-5,74353E-08</b>	3,251E-07	<b>1,557E-06</b>	-2n daneben
23	-675	-0,10461011448	<b>-0,1046102</b>	<b>-0,10461011</b>	<b>7,567335E-09</b>	<b>-7,23385E-08</b>	1,645E-07	<b>1,572E-06</b>	1,549779474E-04
2	0	0,00000000000	<b>-0,00000025</b>	<b>0</b>	<b>0,000000E+00</b>		0,000E+00		Nullpunkt mit Kurzschluss
3	675	0,10461011448	<b>0,10460973</b>	<b>0,104610137</b>	<b>2,243266E-08</b>	<b>2,14441E-07</b>	-1,345E-07	<b>1,286E-06</b>	1,549779474E-04
4	1340	0,20767044949	<b>0,20766993</b>	<b>0,207670492</b>	<b>4,201448E-08</b>	<b>2,02313E-07</b>	-2,695E-07	<b>1,298E-06</b>	1,549779474E-04
5	2013	0,31197060808	<b>0,31196988</b>	<b>0,311970598</b>	<b>-1,012303E-08</b>	<b>-3,24487E-08</b>	-4,781E-07	<b>1,532E-06</b>	1,549779474E-04
6	2650	0,41069156056	<b>0,41069070</b>	<b>0,410691566</b>	<b>5,476387E-09</b>	<b>1,33346E-08</b>	-6,106E-07	<b>1,487E-06</b>	1,549779474E-04
7	3328	0,51576660889	<b>0,51576573</b>	<b>0,515766754</b>	<b>1,447643E-07</b>	<b>2,80678E-07</b>	-6,289E-07	<b>1,219E-06</b>	1,549779474E-04
8	3994	0,61898192184	<b>0,61898071</b>	<b>0,618981888</b>	<b>-3,336880E-08</b>	<b>-5,39092E-08</b>	-9,618E-07	<b>1,554E-06</b>	1,549779474E-04
9	4658	0,72188727890	<b>0,72188598</b>	<b>0,721887313</b>	<b>3,392793E-08</b>	<b>4,69989E-08</b>	-1,049E-06	<b>1,453E-06</b>	1,549779474E-04
10	5324	0,82510259186	<b>0,82510104</b>	<b>0,825102528</b>	<b>-6,420518E-08</b>	<b>-7,78148E-08</b>	-1,302E-06	<b>1,578E-06</b>	1,549779474E-04
11	5976	0,92614821355	<b>0,92614648</b>	<b>0,926148119</b>	<b>-9,432948E-08</b>	<b>-1,01851E-07</b>	-1,484E-06	<b>1,602E-06</b>	1,549779474E-04
13	6580	1,01975489377	<b>1,01975296</b>	<b>1,01975474</b>	<b>-1,541379E-07</b>	<b>-1,51152E-07</b>	-1,684E-06	<b>1,651E-06</b>	1,549779474E-04
39	12951	2,00711939654	<b>2,0071162</b>	<b>2,007119609</b>	<b>2,127175E-07</b>	<b>1,05981E-07</b>	-2,947E-06	<b>1,468E-06</b>	1,549779474E-04
40	19458	3,01556090015	<b>3,0155560</b>	<b>3,01556072</b>	<b>-1,799199E-07</b>	<b>-5,96638E-08</b>	-4,650E-06	<b>1,542E-06</b>	1,549779474E-04
41	25936	4,01950804329	<b>4,0195020</b>	<b>4,019508025</b>	<b>-1,792592E-08</b>	<b>-4,45973E-09</b>	-5,793E-06	<b>1,441E-06</b>	1,549779474E-04
42	32401	5,02144047311	<b>5,0214330</b>	<b>5,021440328</b>	<b>-1,452351E-07</b>	<b>-2,8923E-08</b>	-7,223E-06	<b>1,438E-06</b>	1,549779474E-04
43	38903	6,02910708698	<b>6,0290984</b>	<b>6,029107038</b>	<b>-4,914297E-08</b>	<b>-8,15095E-09</b>	-8,437E-06	<b>1,399E-06</b>	1,549779474E-04
44	45368	7,03103951680	<b>7,0310294</b>	<b>7,03103934</b>	<b>-1,764522E-07</b>	<b>-2,50962E-08</b>	-9,867E-06	<b>1,403E-06</b>	1,549779474E-04
45	<b>51852</b>	8,03591652763	<b>8,0359053</b>	<b>8,035916547</b>	<b>1,906637E-08</b>	<b>2,37264E-09</b>	-1,098E-05	<b>1,366E-06</b>	+2n daneben
46	64722	10,03048271042	<b>10,0304688</b>	<b>10,03048264</b>	<b>-7,079740E-08</b>	<b>-7,05822E-09</b>	-1,366E-05	<b>1,362E-06</b>	1,549779474E-04



# 2. Messreihe in der PTB

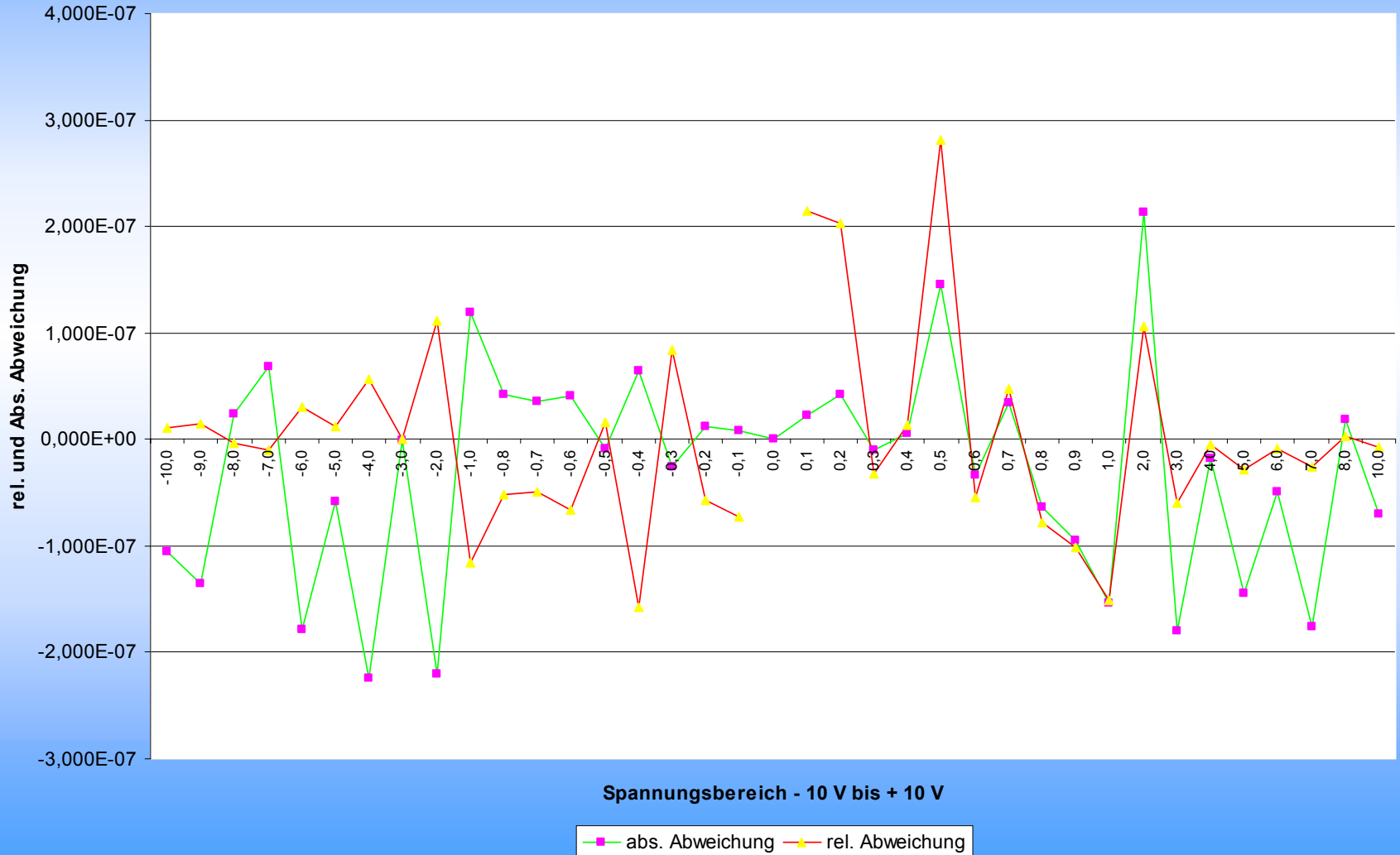
SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

148



# 2. Messreihe in der PTB

Korrekturfaktor der Referenzspannung



# Das Gleichspannungsnormal

## MODELLGLEICHUNG

$$U_A = U_{NE} * k_V * k_{DC-St} * k_{ND}$$

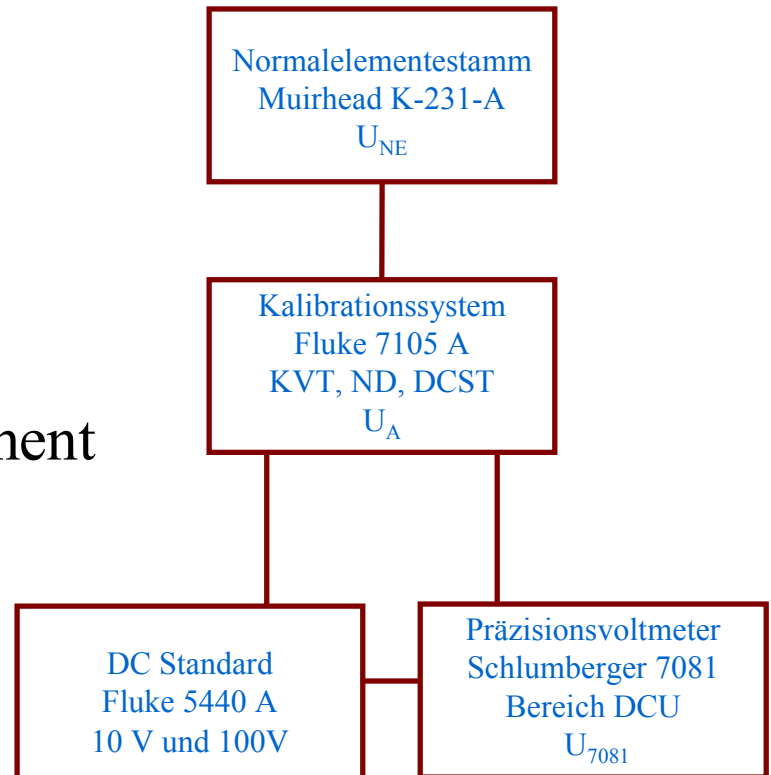
$U_A$  = Ausgangsspannung

$U_{NE}$  = Spannung-Normalelement

$k_V$  = Kelvin-Varley-Teiler

$k_{DC-St}$  = DC-Standard

$k_{ND}$  = Nulldetector



<b>Messunsicherheitsbudget bei Gleichspannung</b>			
Ausgangsspannung		$U_A$	
Bereich 0,1 V bis 1 V; 1,017... V		$U_1$	
Bereich 1 V bis 10 V		$U_2$	
Bereich 10 V bis 100 V		$U_3$	
Bereich 100 V bis 1000 V		$U_4$	
Bereich 0,01 V bis 0,1 V		$U_5$	
Spannung des Normalelementes		$U_{NE}$	
Referenz-Spannung DC-Standard		$U_{REF}$	
Korrektur- bzw Einflußfaktoren			
Nulldetektor		$k_{ND}$	
DC-Standard 335 A		$k_{DC-St}$	
Kelvin-Varley-Teiler		$k_{KVT}$	
DC-Standard 5440 A		$k_{5440}$	
<b>Modellgleichung</b>		$U_A = U_{NE} * k_{KVT} * k_{DC-St} * k_{ND}$	

# Neue Technologien im Bereich der frei programmierbaren Gate Arrays

---

30.09.02

M.Balzer IPE

1

## Agenda

- FPGA HW-Technologien
- Design von FPGAs
- „FPGA“ der Zukunft

## FPGA Technologien

- EEPROM
  - nicht flüchtig
  - Lattice, Altera MAX
- Antifuse
  - einmal programmierbar (otp)
  - Actel, Cypress, Quicklogic
- Flash
  - nicht flüchtig
  - Actel (ES-family)
- SRAM
  - laden nach power on
  - Altera, Atmel, Lucent, Xilinx

## HW-Technologien und Frequenzen

- 1994:            8k            0,5  $\mu\text{m}$  5.0 V    10 MHz
- 1998:            130k        0,35  $\mu\text{m}$  3.3 V    40 MHz
- 2000:            200k        0,22  $\mu\text{m}$  2.5 V
- 2002:            3.000k     0,15  $\mu\text{m}$  1.5 V    100 MHz
- (2003:           6.000k     0,13  $\mu\text{m}$  1.5 V    250 MHz)

## I/O Fähigkeiten (Altera)

- open drain output
- slew rate control
- programmable pull up resistor
- programmable drive strength
- 1,5V; 1,8V; 2,5V; 3,3V
  
- LVTTTL; LVCMOS; LVDS; LVPECL; ...
- double data rate I/O (DDR)
- 3,3V-PCI

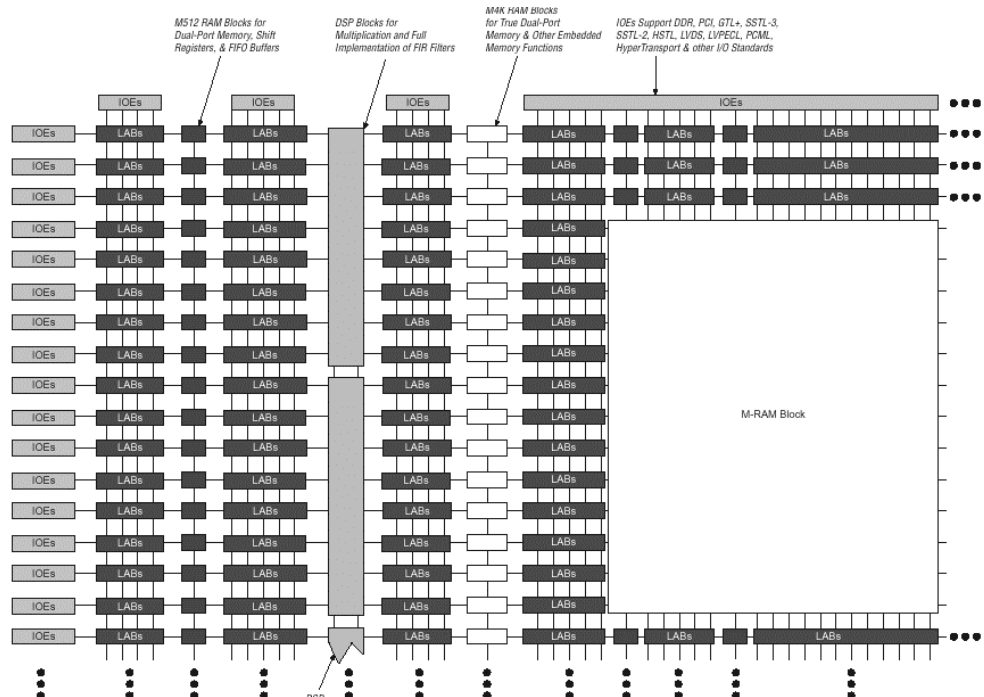
30.09.02

M.Balzer IPE

5

## Hardware - Elemente eines modernen FPGAs

- LAB / LE
  - Gatter
  - Register
- Memory Blocks
- Phase Lock Loop
- DSP Blocks



30.09.02

M.Balzer IPE

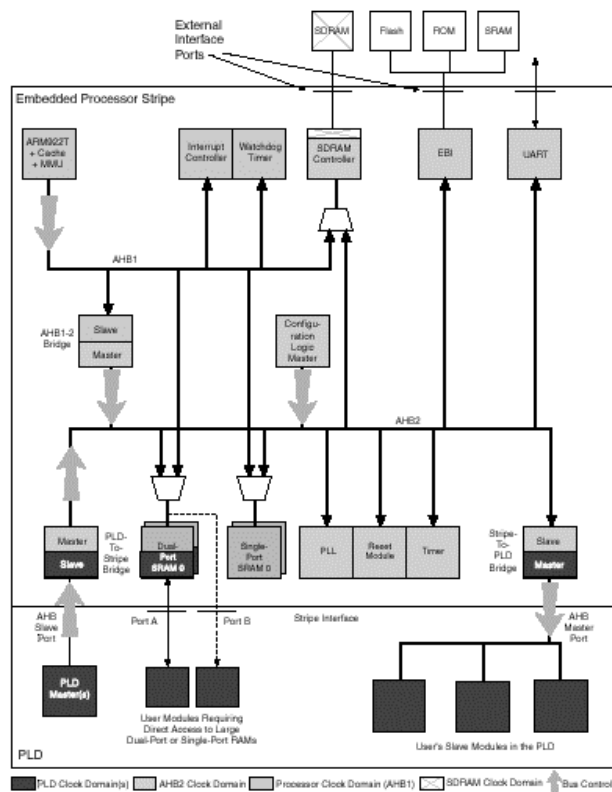
6

## FPGA & Prozessor

- Soft Kernel (IP)
  - Altera (NIOS 32-Bit Prozessor)
  - Xilinx (Micro Blaze)
  - 8051(8-Bit Prozessor)
  - ...
  
- Hard Kernel
  - Altera Arm922T-32
  - Atmel AVR8
  - Quicklogic MIPS-32 4kc
  - Xilinx PowerPC

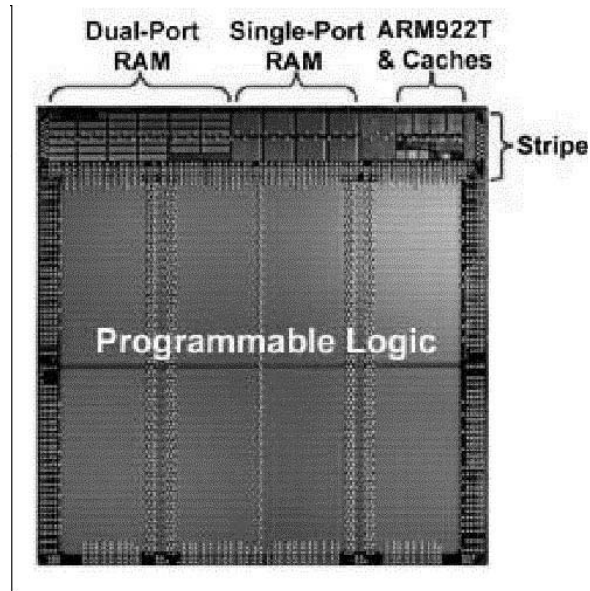
## Beispiel für ein FPGA & Processor Stripe

- ARM 922T-32 200 MHz
- External DRAM Interface  
266 MHz data rate
- Real Time Operating System
- Addressraum DRAM 512 MByte
- Addressraum 4 x 32 Mbyte
- 256 kByte SRAM
- 128 kByte DPRAM
  
- 1000k Gates
- 40k Byte RAM





## Altera Excalibur ARM



30.09.02

M.Balzer IPE

9

- sehr komplexe FPGAs bis zu 6 Mio. Gatter
- Entwicklungszeit ?



## Entwicklung von komplexen FPGAs

- **Beschreibung**
  - Grafische Beschreibung
  - Hardware Beschreibungssprache (VHDL, Verilog)
  - **Intellectual Properties**
    - **Algorithmen:** FIR, IIR, FFT,...
    - **Schnittstellen:** Ethernet, PCMCIA, IDE-Controller; ...
    - **Prozessoren:** NIOS, 8051, 68000
  - **System- und DSP-Builder**
  - **Systembeschreibung (SystemC, Handle-C, ...)**
- **Simulation & Verifikation**
  - Test auf Simulationsebene
- **Synthese** => High-Level Synthese
- **Implementierung** mit FPGA Hersteller spezifischen Werkzeugen

## System- und DSP-Builder (Altera)

- **Architekturbeschreibung**
  - Zusammensetzung von mehreren IPs
  - Parametrisierung von einzelnen IPs
  - Bereitstellung von Software für NIOS Anwendungen
- **Entwurf** einer Signalverarbeitung mit Simulink(Matlab) und **Portierung** in die FPGA Entwicklungsumgebung

## SystemC eine C/C++ basierende Beschreibungssprache

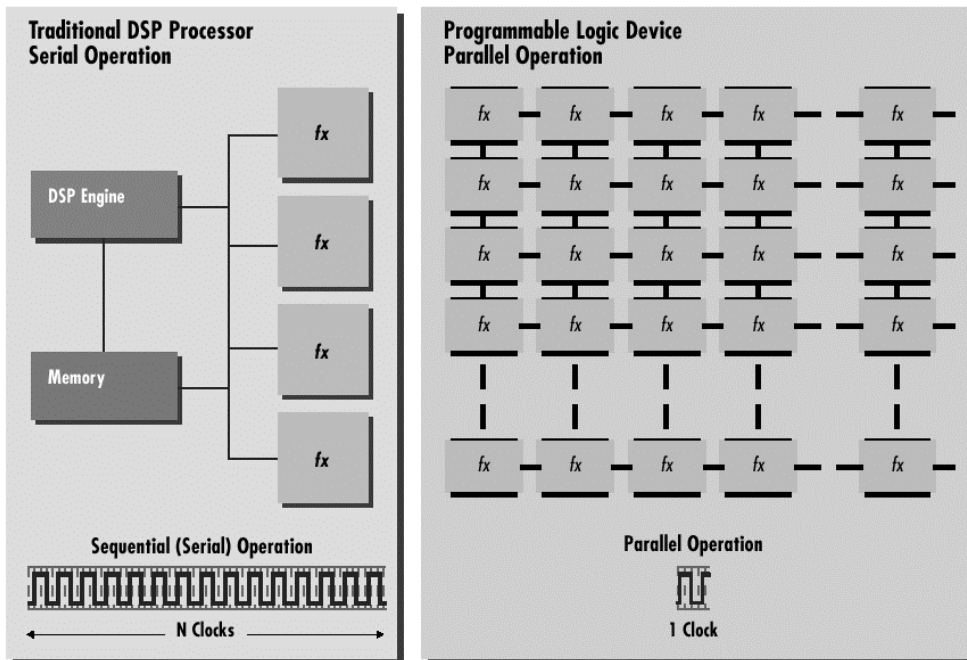
- Open **SystemC** Initiative (OSCI)
- **hohe Abstraktion** => Schnelle Simulation auf Systemebene
- **Testbench** kann für die HW-Implementierung verwendet werden
- **Eine** Sprache für **Systembeschreibung**, **Software** und **Hardwarebeschreibung**
- Alle bedeutenden EDA Tools bieten eine SystemC Simulation
- Synthese nur wenige Anbieter (Synopsys-Europractice)

## „FPGA“ der Zukunft

- „**Standard**“ Weiterentwicklung
  - kleinere Transistor-Strukturen
  - steigende Komplexität
  - höhere Schaltgeschwindigkeiten
  - mehr Funktionalitätsblöcke
- **Dynamisch rekonfigurierbare Systeme**



## Vergleich Prozessor mit FPGA



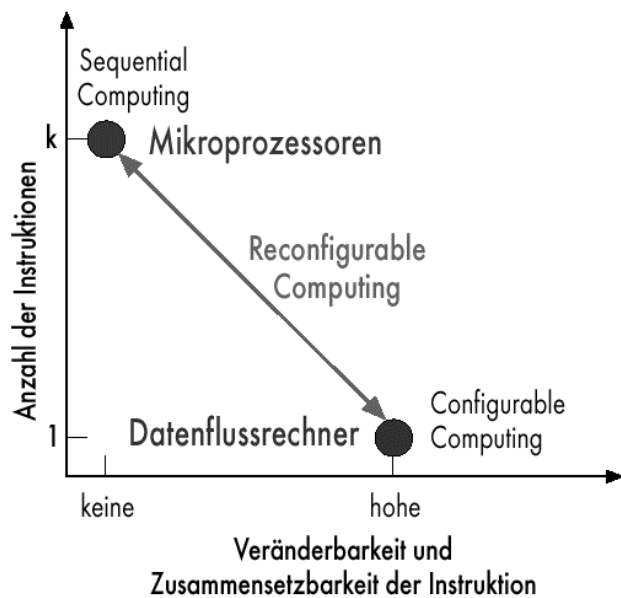
30.09.02

M.Balzer IPE

15

## Rekonfigurierbar Systeme

- **Prozessor:**  
sequentielle Verarbeitung
  - langsame Verarbeitung
  - viele Instruktionen
  - geringer HW-Aufwand
- **FPGA:**  
parallele Verarbeitung
  - schnelle Verarbeitung
  - eine Instruktion
  - hoher HW-Aufwand

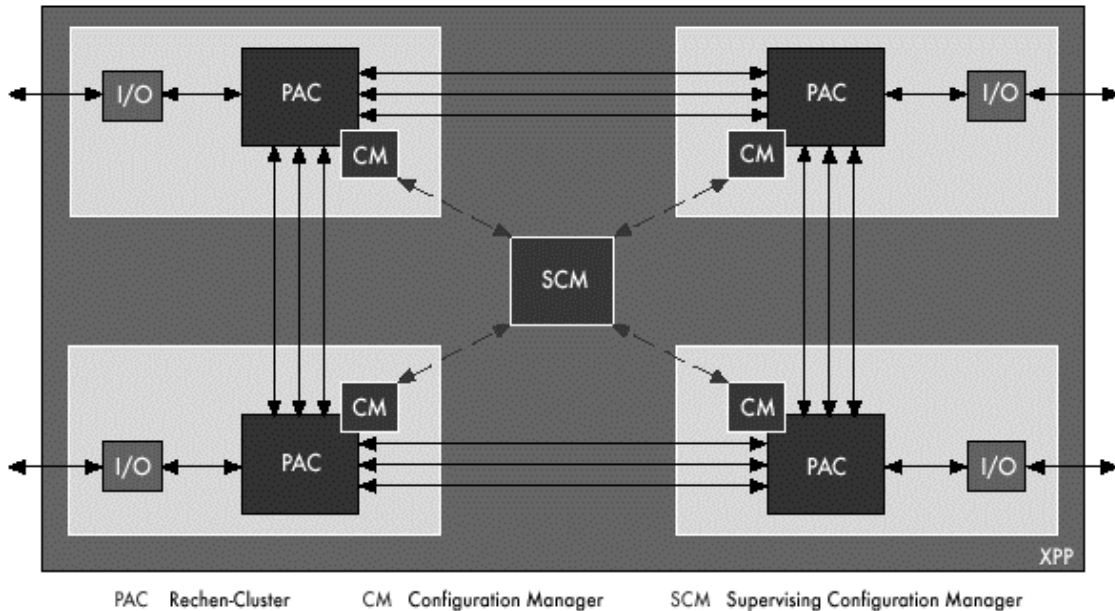


30.09.02

M.Balzer IPE

16

## Prozessor => Universal Configurable Block Struktur (UCB) (Fa. PACT)



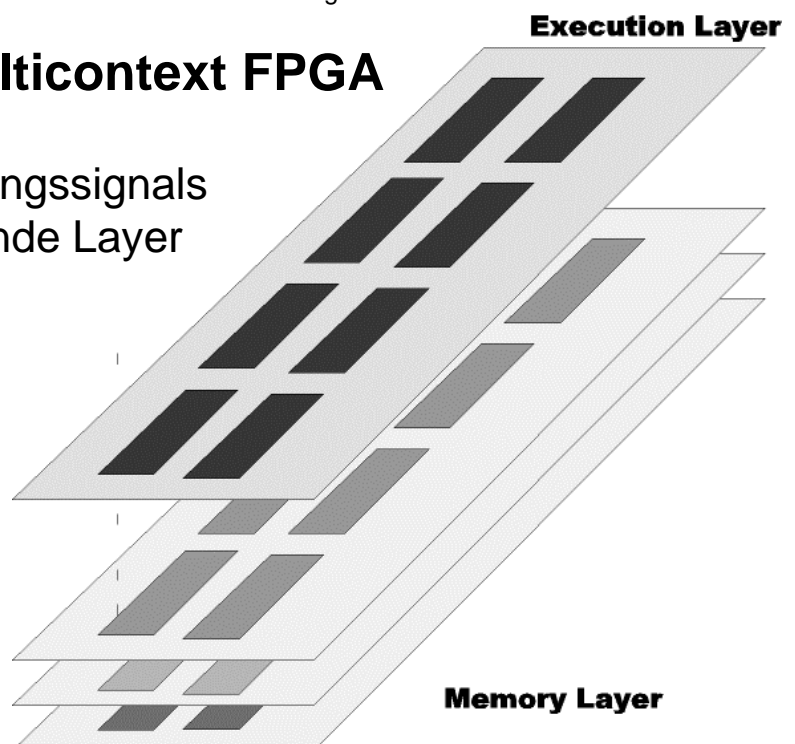
30.09.02

M.Balzer IPE

17

## SRAM FPGA => Multicontext FPGA

- Anhand eines Eingangssignals wird die entsprechende Layer geladen, z.B.: CASE()



30.09.02

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

M.Balzer IPE

160

18

Institut für Kernphysik Frankfurt

## **Zusammenfassung**

- **Einführung von neuen Entwicklungswerkzeugen**
  - Handhabung von höheren Komplexitäten
  - Verringerung der Entwicklungszeit
  - parallele Hardware und Software Entwicklung
- **Dynamisch rekonfigurierbare Systeme**
  - höhere Rechenleistung bei niedrigerer Taktfrequenz
  - geringerer Hardwareaufwand
  - schwierigerer Entwurf

# **Entwicklung, Aufbau und Programmierung einer mikrocontroller-basierten Meßdatenerfassungshardware zur Zyklisierung von Batteriesystemen**

**Waldemar Przybilla**

# Gliederung

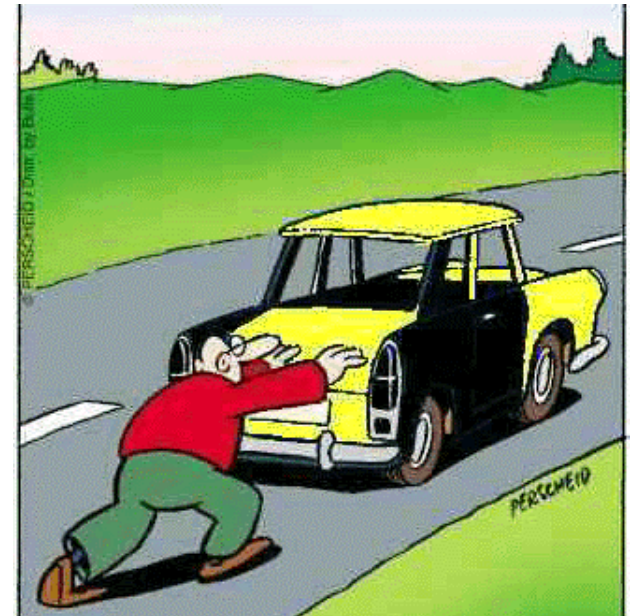
- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Strom & Temperaturmessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/ Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



# Motivation der Diplomarbeit

- **Motivation der Diplomarbeit**
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Strom & Temperaturmessung
- Verbindung zum Mikrocontroller
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

- Ladezustandsbestimmung von Blei/Gel-Batterien nicht gelöst
- Verringerung der Umweltbelastung durch elektrische Antriebe in Kraftfahrzeugen
- Interesse an der Programmierung eines Mikrocontrollers
- Spaß an der Entwicklung und dem Aufbau von Hardwarekomponenten



# Aufgabenstellung/ Übersicht

- Auswahl/ Entwicklung einer Spannungsmessung von bis zu 30 Traktionsbatterien (Abtastrate 1 ms)
- Entwicklung einer Strom- & Temperaturmeßschaltung
- Aufbau dieser Hardware, Fehlersuche und Anbindung an das Mikrocontrollerboard C167 von Phytec
- Aufbau einer Hardware zur Ansteuerung mit einem Laptop
- Programmierung des Controllers in C unter Tasking
- Testen dieses Messsystems auf Geschwindigkeit, Genauigkeit im Labor sowie im Fahrzeug

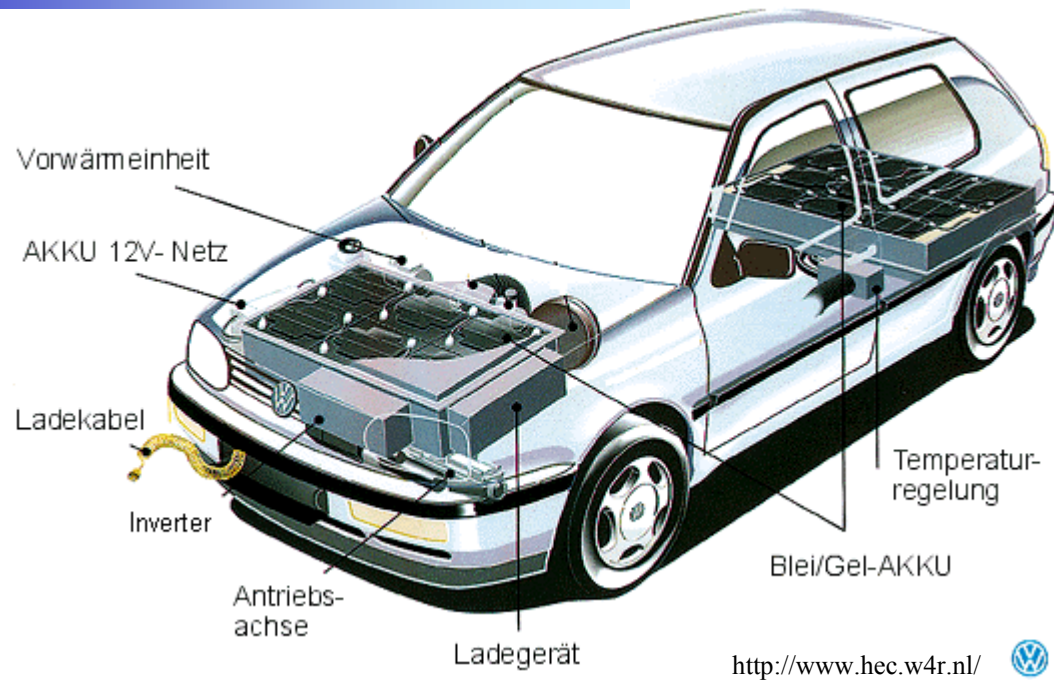
Ziel: Bestimmung des Batterie-Ladezustandes aus dem Lebenslauf der Batterien

- Motivation der Diplomarbeit
- **Aufgabenstellung/ Übersicht**
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/ Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla

# Übersicht: VW Golf CitySTROMer

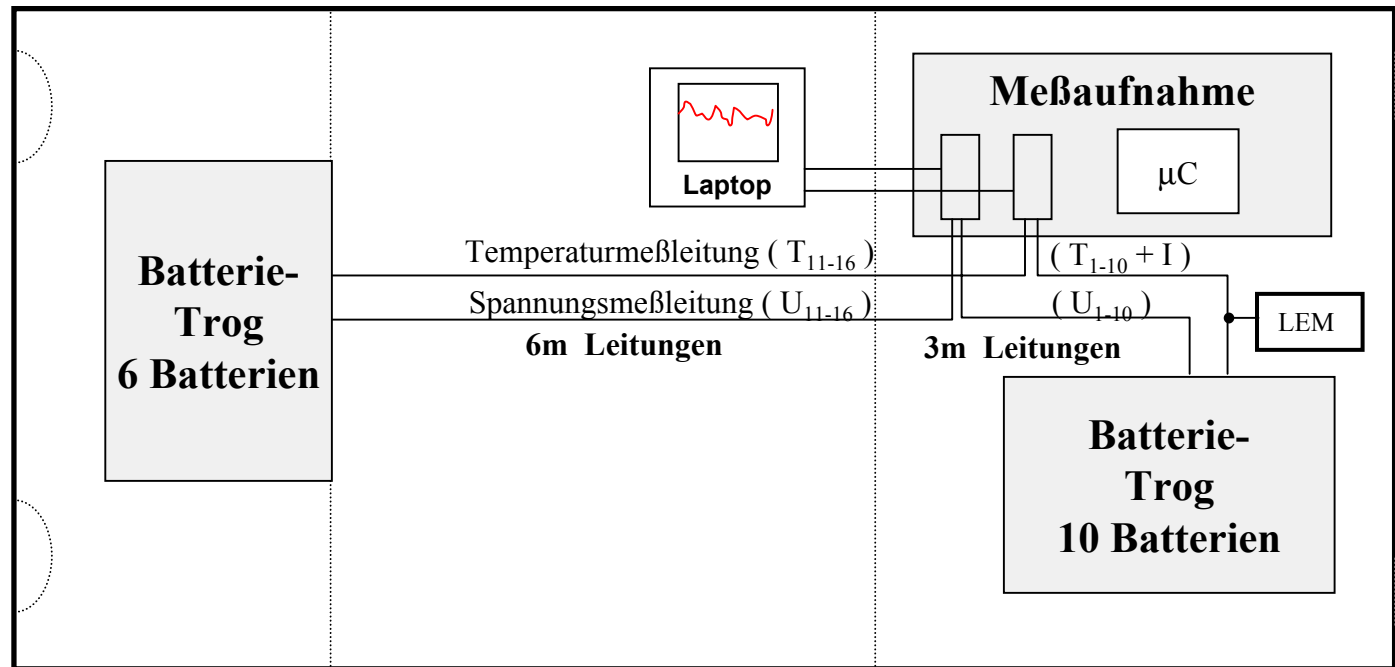
- Motivation der Diplomarbeit
- **Aufgabenstellung/Übersicht**
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



**L x B x H** : 4.02m x 1.69m x 1.42m  
**Sitze** : 4  
**Leergewicht** : 1520 kg  
**Zuladung** : 340 kg

**Reichweite** : 60-90 km  
**Geschwindigkeit** : 100 km/h (max)  
**Batterietyp** : Blei-Gel  
**Preis(ca.)** : 49.500 DM (Leasingrate)

# Übersicht: Lage im Fahrzeug

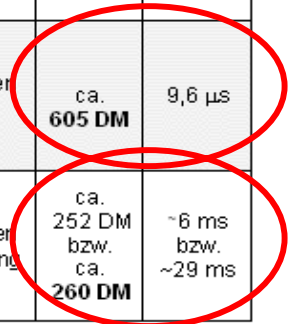


- Motivation der Diplomarbeit
- **Aufgabenstellung/Übersicht**
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla

# Ansätze zur Spannungsmessung

Meßverfahren	Vorteile	Nachteile	Preis	min. Zykluszeit
<b>Parallelspannungsscanner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>preiswert</li> <li>rel. kleiner Meßaufbau</li> <li>eine Spannungsquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>langsam</li> <li>Fehler bis 30 mV von 10V</li> </ul>	ca. 200 DM	ca. 1 s
<b>Spannungsteiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>schnell</li> <li>Kleiner Meßaufbau</li> <li>eine Spannungsquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sehr hohe Kosten</li> </ul>	> 1260 DM	9,6 µs
<b>Höchstlineare Optokoppler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>schnell</li> <li>gute galvanische Trennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mehrere Spannungsquellen</li> <li>hoher Schaltungsaufwand</li> <li>=&gt; hohe Kosten</li> </ul>	ca. 885 DM	9,6 µs
<b>Spannungswandler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gute galv. Trennung</li> <li>einfacher Meßaufbau</li> <li>eine Spannungsquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Kosten</li> <li>niedrige Auflösung</li> </ul>	ca. 1360 DM	40 µs
<b>High Common-Mode Voltage Differenz Verstärker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>schnell</li> <li>einfacher Meßaufbau</li> <li>Kurzschlußschutz</li> <li>eine Spannungsquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relativ hohe Kosten</li> </ul>	ca. 605 DM	9,6 µs
<b>Präzisions-Spannung-Frequenz Konverter</b> (14 bit bzw. 16 bit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>galv. Trennung möglich</li> <li>wenig Störungen auf Zuleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>relativ langsam</li> <li>mehrere Spannungsquellen</li> <li>(nur pos. Spannung meßbar)</li> </ul>	ca. 252 DM bzw. ca. 260 DM	~6 ms bzw. ~29 ms

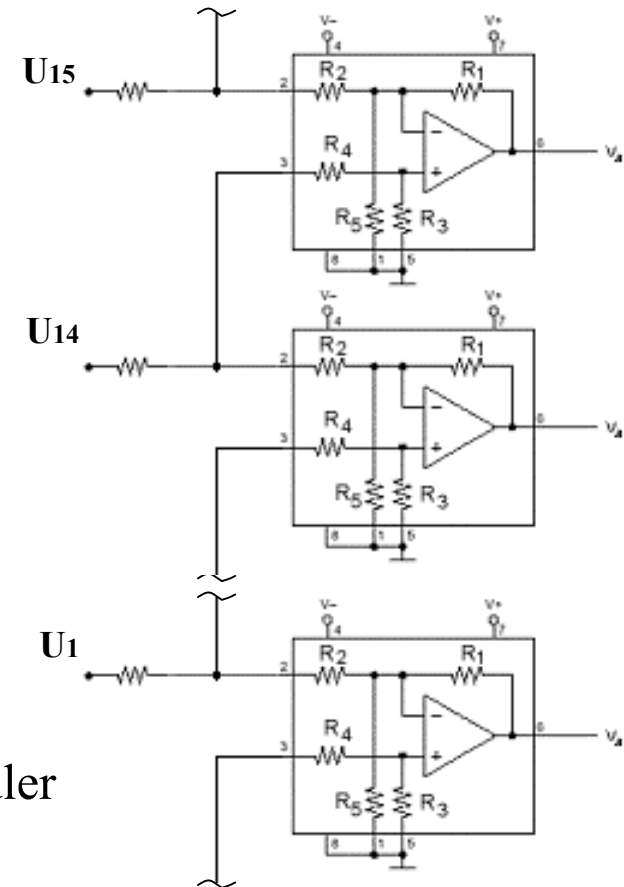


- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- **Ansätze zur Spannungsmessung**
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Differenzverstärker

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- **Ansätze zur Spannungsmessung**
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

- Aufnahme der Batteriespannungen über Differenzverstärker
- Vorteile:
  - einfacher Meßaufbau
  - Eingangsspannungsfestigkeit: 270V
  - max. Offset 1mV
  - schnelle Wandlung möglich ( 28kHz )
  - simultane Erfassung durch 4-fach A/D-Wandler
- Nachteile: - relativ hohe Kosten

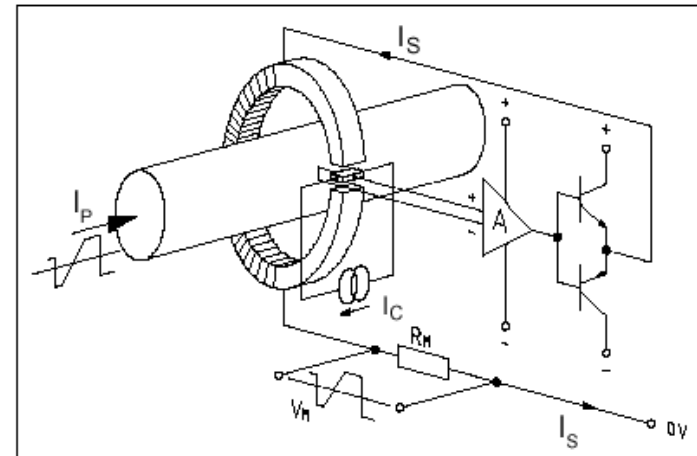




# Strommessung

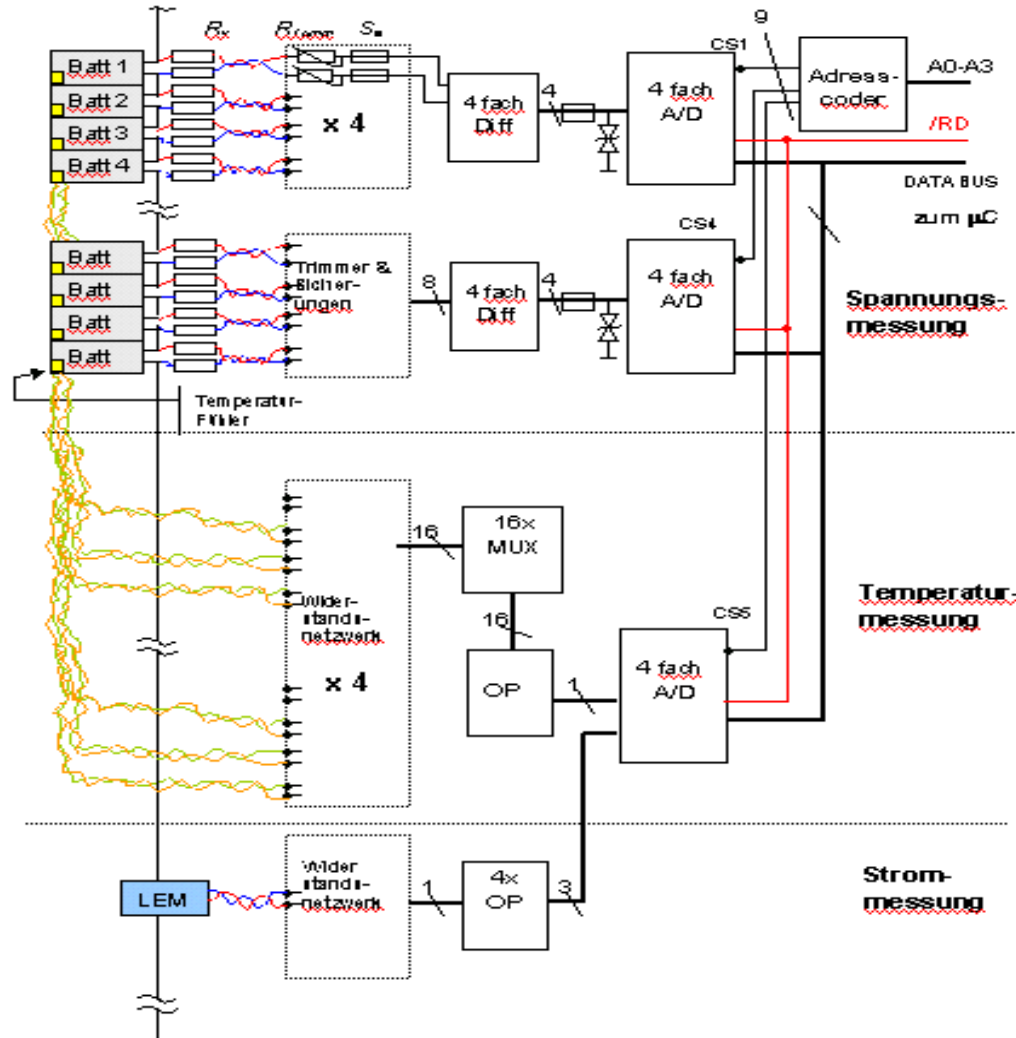
- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- **Strommessung**
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

- Kompensations-Stromwandler **LA305-S**
- Spezifikationen:
  - kompakte Bauform
  - galvanische Trennung
  - Gesamtfehler  $< 1\%$
  - Meßbereich:  $\pm 500\text{A}$
  - Betriebstemperaturbereich:  $(-10\dots+85\text{ }^\circ\text{C})$ .





# Überblick / Gesamtprodukt

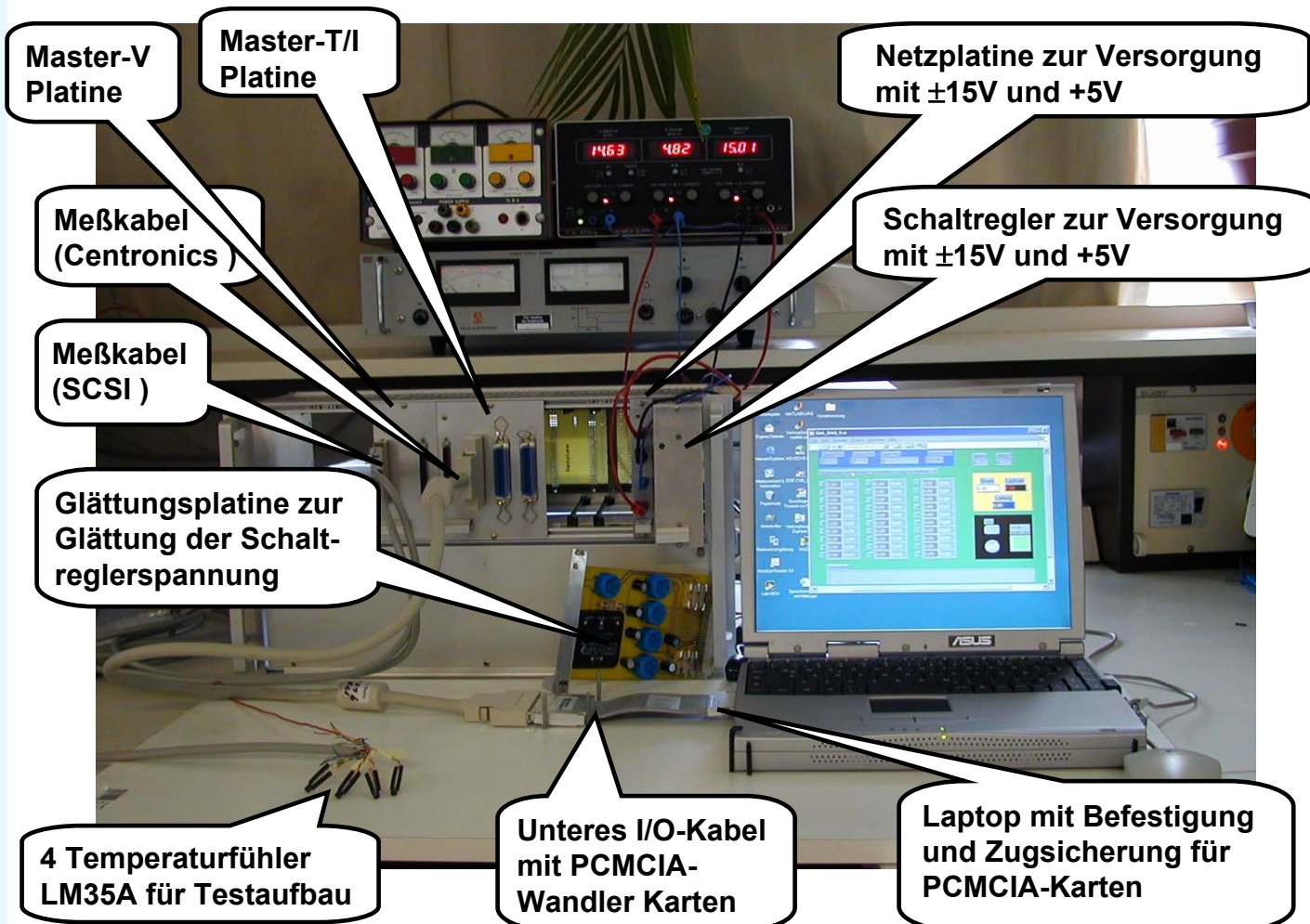


- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- **Überblick / Gesamtprodukt**
- Inbetriebnahme/ Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla



# Übersicht / Labormessung



**Master-V  
Platine**

**Master-T/I  
Platine**

**Netzplatine zur Versorgung  
mit  $\pm 15V$  und  $+5V$**

**Meßkabel  
(Centronics)**

**Schaltregler zur Versorgung  
mit  $\pm 15V$  und  $+5V$**

**Meßkabel  
(SCSI)**

**Glättungsplatine zur  
Glättung der Schalt-  
reglerspannung**

**4 Temperaturfühler  
LM35A für Testaufbau**

**Unteres I/O-Kabel  
mit PCMCIA-  
Wandler Karten**

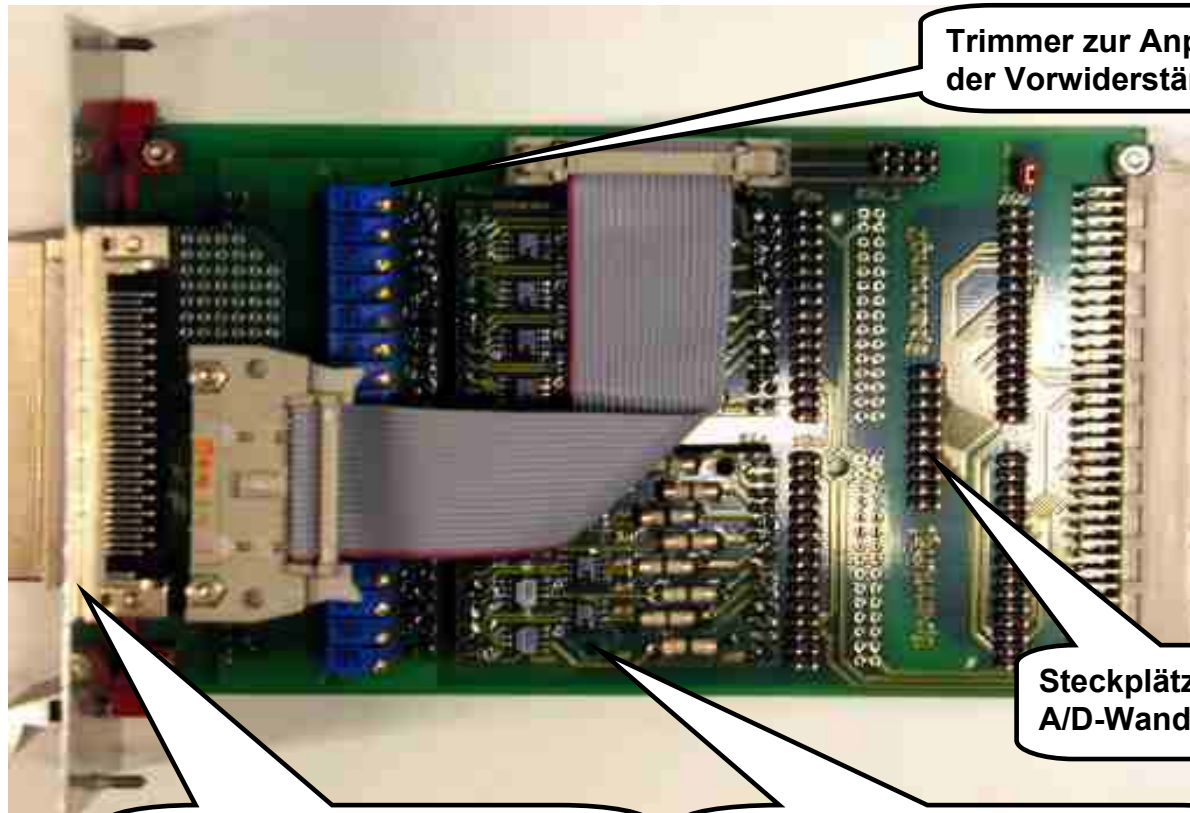
**Laptop mit Befestigung  
und Zugsicherung für  
PCMCIA-Karten**

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/ Platinen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla

## Master-V- Platine

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- **Inbetriebnahme/ Platinen**
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



Trimmer zur Anpassung der Vorwiderstände  $R_{vor}$

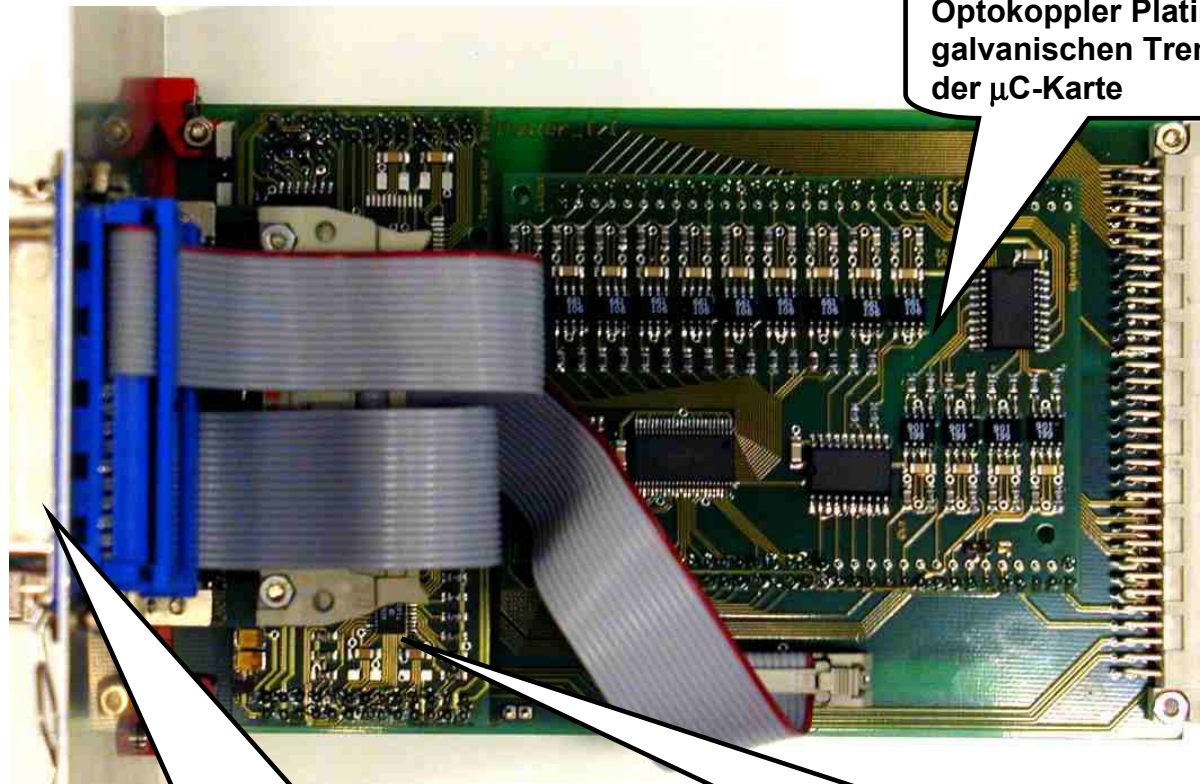
Steckplätze für die A/D-Wandlerkarten

SCSI-Adapter-V Stecker zur Meßaufnahme mit dem Laptop

Differenzverstärker- Platine zur Messung der Batteriespannungen

## Master T/I- Platine

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- **Inbetriebnahme/ Platinen**
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



Optokoppler Platine zur galvanischen Trennung der  $\mu$ C-Karte

SCSI-Adapter-T/I zur Meßaufnahme mit dem Laptop

Temperatur+Strom Platine unter der Adapterplatine untergebracht

# Ergebnisse

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- **Ergebnisse**
- Zusammenfassung und Ausblick

## Temperaturmessung von

### 16 Kanälen:

**Meßbereich:**  $-55^{\circ}\text{C} \dots 80^{\circ}\text{C}$   
**max. linearer Fehler:**  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$   
**Abtastgeschwindigkeit:** 16 ms

## Gleichzeitige Spannungsmessung von

### 16 Kanälen:

**Betriebstemperaturbereich:**  $-55^{\circ}\text{C} \dots 80^{\circ}\text{C}$   
**Meßbereich:**  $\pm 10 \text{ V}$   
**max. linearer Fehler:**  $\pm 10 \text{ mV}$   
**Abtastgeschwindigkeit:** 1 ms

## Parallele Gesamtstrommessung:

**Betriebstemperaturbereich:**  $-55^{\circ}\text{C} \dots 80^{\circ}\text{C}$   
**Meßbereich 1:**  $\pm 500 \text{ A}$   
**max. linearer Fehler:**  $\pm 7,5 \text{ A}$   
**Meßbereich 2:**  $\pm 50 \text{ A}$   
**max. linearer Fehler:**  $\pm 0,5 \text{ A}$   
**Abtastgeschwindigkeit:** 1 ms

# Zusammenfassung und Ausblick

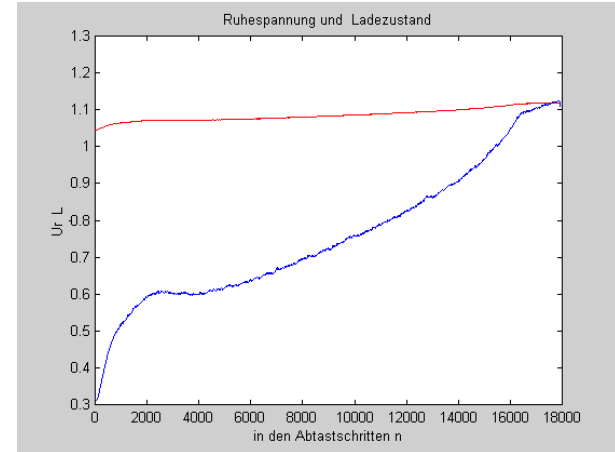
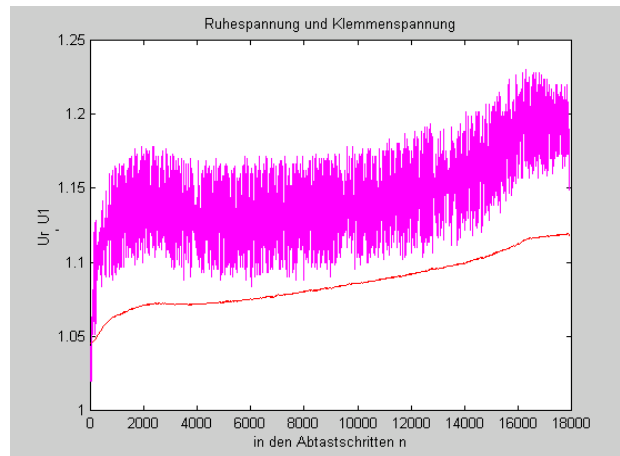
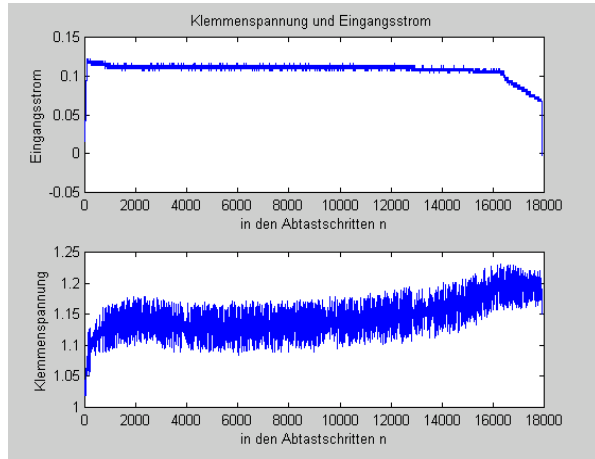
- Messsystem innerhalb eines 19"-Rahmens
  - Neuerungen bzw. Ausbauten leicht einzubinden.
- Fahrzeugdaten-Aufnahme über einen Laptop bzw. dem Speicher der Mikrocontroller-Platine
- Dieser Hardware-Aufbau ermöglicht, die genauen Vorgänge bei extremen Belastungen, wie beim Anfahren und Abbremsen des Fahrzeugs, bei dem schnelle Änderungen der Batteriedaten zu erwarten waren, aufzunehmen.
- Anhand dieser Daten können weitergehende Untersuchungen in Hinsicht auf Ladezustandserkennung im Batteriemanagementsystem unternommen werden.
- Das Messsystem wird von einem zweiten Studienarbeiter zum Laborteststand erweitert.

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Verlauf einer Batterie-Aufladung

Ladezyklus : 5 h

Zeitpunkt : April 2002



- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung und Ausblick**

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla

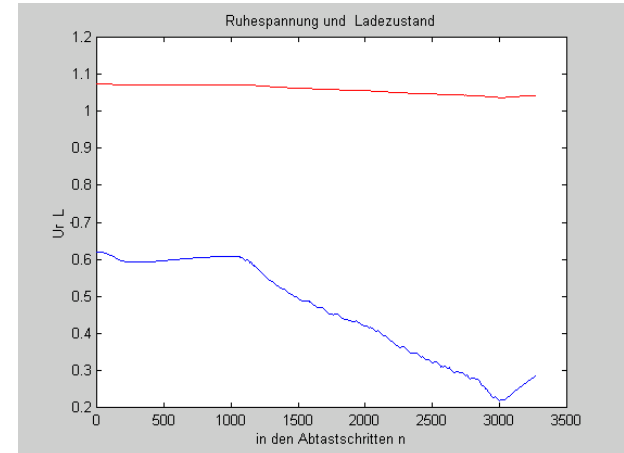
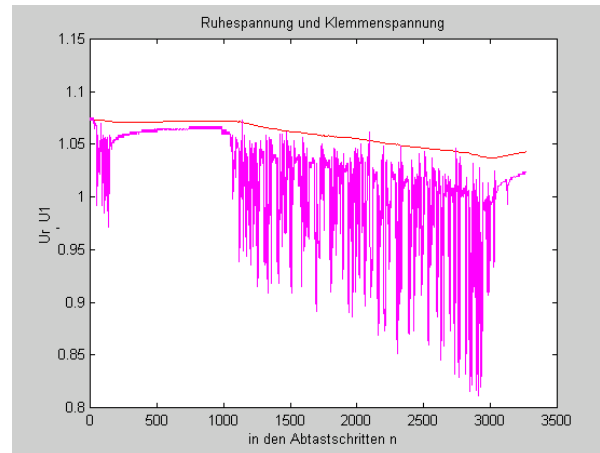
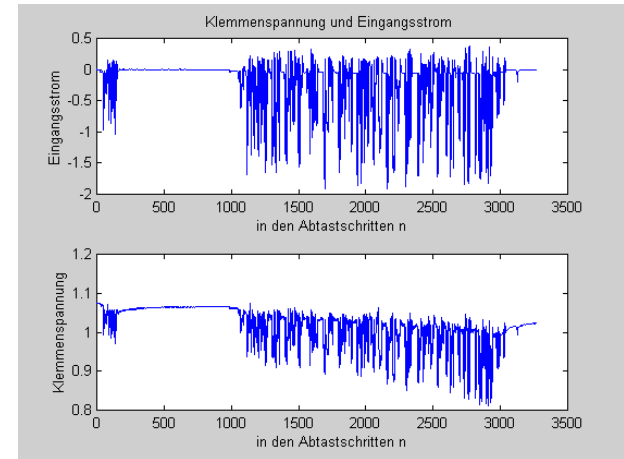
# Verlauf der Batterie-Entladung

Meßfahrt : 55min  
( Pause 15min )

Zeitpunkt : April 2002

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/ Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/ Platinen
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung und Ausblick**

Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla





## Elektrofahrzeuge

- Motivation der Diplomarbeit
- Aufgabenstellung/Übersicht
- Ansätze zur Spannungsmessung
- Temperaturmessung
- Strommessung
- Überblick / Gesamtprodukt
- Inbetriebnahme/Platinen
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung und Ausblick**



**VW CityStromer**



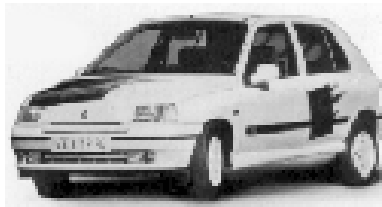
**Renault Rapid**



**Citroën Saxo**



**Skoda Pickup E**



**Renault Clio electro**



**Berlingo électrique**



**Legier SJ16**

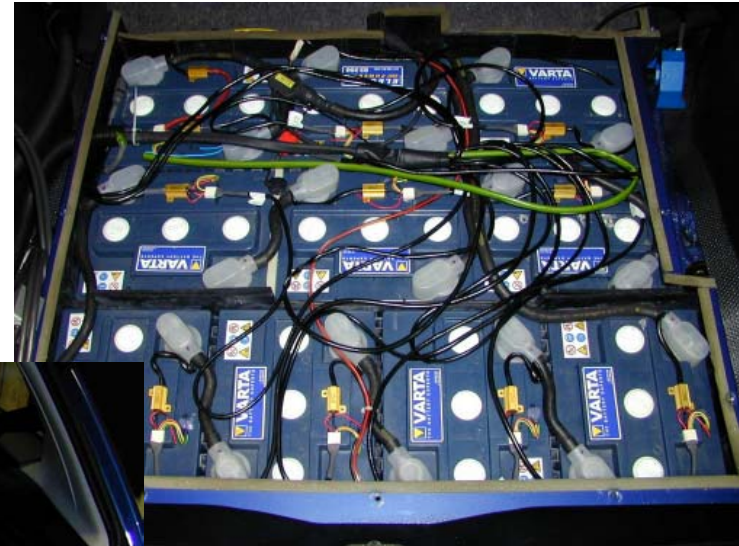
Diplomarbeit von:  
Waldemar Przybilla

<http://www.solarmobil.de/utw/emobilov.htm>



# Fragen und Anregungen ?

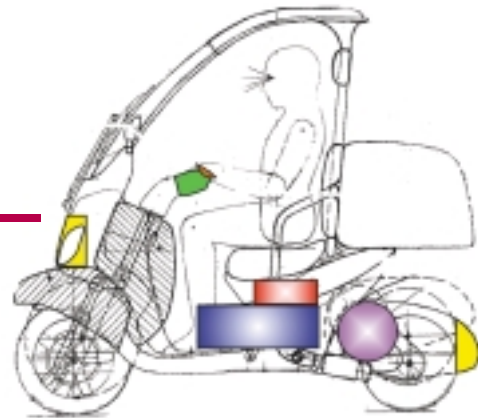
Batterietrog im Fahrzeug ⇒



⇐ Meßaufnahme im Fahrzeug

# Ein langes Leben für die Batterie

## Modernes Energiemanagement in Elektrofahrzeugen



Mit der Verbesserung der Akzeptanz und des dynamischen Verhaltens von Elektrofahrzeugen beschäftigt sich seit längerer Zeit die Forschungsgruppe um Prof. Dr.-Ing. Dietrich Naunin. Moderne Fahrzeugkommunikationselektronik, die Einsatzmöglichkeiten moderner Energiespeicher und die notwendigen Verknüpfungen beider Gebiete durch Energiemanagementsysteme werden von den TU-Wissenschaftlern näher untersucht.

Moderne Fahrzeugelektronik ist bei Verbrennungsfahrzeugen mittlerweile selbst bei kleineren Fahrzeugtypen schon Standard. Elektrofahrzeuge erhalten aufgrund eingeschränkter finanzieller Spielräume meistens jedoch keine moderneren Elektroniksysteme. Allerdings könnten diese Fahrzeuge durch die elektronischen Steuerungen, die schon in den Fahrzeugen implementiert sind, relativ einfach nachgerüstet werden.

Im Zuge eines von der Europäischen Union geförderten Projektes wurde ein einfaches CAN-Bus-System (s. Abb.) für kleinere Fahrzeuge entwickelt, das kostenneutral bzw. sogar kostenreduzierend eingesetzt werden kann. Dies wird durch den Aufbau einer modularen Fahrzeugstruktur und durch die Verwendung moderner Elektronikkomponenten erreicht. Auf Basis dieses CAN-Bus-Systems wird verstärkt an einem Fahrzeugkonzept gearbeitet, das eine Verbesserung der Reichweite, des Fahrverhaltens und der Lebensdauer der Batteriesätze durch die Verwendung von neuartigen Energiespeichern ermöglicht. Dabei kommen im speziellen die Wasserstoff-Brennstofftechnologie, Doppelschichtkondensatoren und auf Neuronalen Netzen bzw. Fuzzy-Logic basierende Algorithmen zum Einsatz.

Brennstoffzellen setzen Wasserstoff und Sauerstoff direkt in elektrischen Strom und Wasser um, wodurch die zum Betrieb des Fahrzeugs benötigte Energie direkt und auf sehr saubere Art erzeugt werden kann. Abgesehen von den Risiken durch die Verwendung von Wasserstoff in

Fahrzeugen ergeben sich dabei eine Vielzahl von Aufgaben, die vor allem ein sicheres Verhalten der Brennstoffzellen beinhalten. Doppelschichtkondensatoren (auch Ultrakondensatoren genannt) können sehr schnell große Energiemengen sowohl speichern als auch wieder abgeben. Dadurch wird es möglich, fast die gesamte kinetische Energie eines Fahrzeugs zurückzugewinnen und damit die Reichweite des Fahrzeugs zu erhöhen. Auch die Lebensdauer der Batterien wird verlängert, da diese deutlich weniger Leistungsspitzen unterworfen werden. Aufgrund der geringen Spannungen der Einzelelemente können die Doppelschichtkondensatoren nur in Reihenschaltungen verwendet werden, die jedoch einen hohen regeltechnischen Aufwand erfordern. Beide Konzepte bzw. deren mögliche Kombinationen sind nur durch die Verwendung von neu zu entwickelnder Leistungs- und Steuerelektronik in einem Fahrzeug einzusetzen. Diese benötigen wiederum moderne Kommunikationssysteme (CAN-Bus) und neuartige Regelalgorithmen (Fuzzy-Logic/Neuronale Netze).

Jörg Folchert, Dietrich Naunin

### Datenbank

>Kontakt Institut für Energie- und Automatisierungstechnik, Allgemeine Elektrotechnik und Systemelektronik, Prof. Dr.-Ing. Dietrich Naunin, Dipl.-Ing. Jörg Folchert, Tel: 030/314-2 39 50, Fax: 030/314-2 21 20  
>E-Mail folchert@tubife1.ee.tu-berlin.de

## Der sparsame TU-CitySTROMer

Was tut der Autofahrer, wenn er lange gefahren ist? Richtig, er wirft ab und zu einen Blick auf seine Tankanzeige. Neigt sich die Nadel bedrohlich nach links, steuert er eine Tankstelle an. Doch was tut jemand, der mit einem Elektroauto unterwegs ist, bei dem nicht der Füllstand des Tanks, sondern die verfügbare Restenergie des verwendeten Batteriesystems über den weiteren Verlauf der Fahrt entscheidet?

Um möglichst genau die Restenergie als Fahrerinformation anzuzeigen, wird am Institut für Energie- und Automatisierungstechnik der TU Berlin an Batteriemodellen gearbeitet und diese in ein selbstentwickeltes Batteriemanagementsystem integriert. Untersucht werden mathematische, physikalisch-chemische und andere Modelle zur Restenergiebestimmung der Batterien, genauso wie Kalmanfilter, einfache Ladungs- bzw. Energiebilanzierungen und Tabellenverfahren. An einem eigens dafür entwickelten Probestand können Testzyklen bzw. Standard-Fahrzyklen an



verschiedenen Batterien nachgefahren werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Parameter fließen in die Batteriemodellierung ein. Neben der Fahrerinformation für Restenergie und Restreichweite hat das Batteriemanagementsystem noch zahlreiche andere Aufgaben.

16 Batteriemodule, wie im Golf CitySTROMer (Typ III) des Institutes, kosten zusammen ca. 3500 Euro und müssen vor Tiefentladung und Überladung geschützt werden. Ein Betrieb bei zu niedrigen bzw. zu hohen Temperaturen ist ebenfalls zu vermeiden. Das neue System überwacht daher den Strom, alle Spannungen und Temperaturen bei der Ladung sowie bei der Entladung und greift ein, um eine Schädigung der Module zu verhindern. Das äußert sich bei einer Fahrt mit einer Restenergie nahe Null in der Begrenzung des Fahrtenreglers. Das »Gaspedal« kann dann nur noch eine begrenzte Leistungsentnahme bewirken, auch wenn man es ganz durchtritt. Beim Laden mit 18 Ampere bei 96 Volt Nennspannung laufen die Einzelmodule mit den Jahren immer weiter auseinander. Einige erreichen ihre maximale Ladespannung, wenn andere noch davon entfernt sind. Auch hier kann das Batteriemanagementsystem durch aktiven Ladungsausgleich helfen. Ebenso können defekte Module angezeigt werden, genauso wie unzulässige Ladeströme bei einem Defekt im Ladegerät oder unzulässige Temperaturbereiche.

Die im CitySTROMer eingesetzte Blei-Gel-Batterietechnologie ist die momentan vergleichsweise kostengünstigste. Die 16 Batterien des Golf CitySTROMer III wiegen 480 Kilogramm und liefern die Energiemenge, um den Elektrogolf ca. 80 Kilometer mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h zu bewegen. Bei momentan 12 Cent pro kWh sind die laufenden Kosten unseres Elektrostraßenfahrzeugs recht gering (etwa 2,5 Euro pro 100 km). Eine normale Haushaltssteckdose mit einer 10 Ampere Sicherung und fünf Stunden Zeit für eine Vollladung reichen aus, um den CitySTROMer stets fahrbereit zu halten. René Straßnick

# Datenerfassung mit LabWindows/CVI

Roland Jainsch

Zentralabteilung Forschungs- und Informationstechnik

Forschungszentrum Rossendorf e. V.

Email: [R.Jainsch@fz-rossendorf.de](mailto:R.Jainsch@fz-rossendorf.de)

Am Elektronenbeschleuniger ELBE im Forschungszentrum Rossendorf werden zur Anlagensteuerung neben SIMATIC-SPS'en und WinCC auch PCs zur Datenerfassung bzw. Bildverarbeitung eingesetzt. Die hier vorgestellten Lösungen wurden alle mit LabWindows/CVI Version 6 der Firma National Instruments erstellt. LabWindows/CVI ist eine integrierte C-Entwicklungsumgebung mit vielen Erweiterungen für Datenerfassung, Auswertung, Visualisierung, Kommunikation und zur effektiven Erstellung von Bedienoberflächen. Die Abkürzung CVI steht für C for Virtual Instruments.

LabWindows/CVI ist für fast alle Programmieraufgaben in der MS-Windows Umgebung ideal geeignet. Die Applikationen lassen sich mit Unterstützung von Wizards schnell erstellen und testen. Aus den lauffähigen Programmen kann mit LabWindows/CVI ein Distribution Kit erstellt und somit die Software auf andere PCs installiert werden. Nur bei Verwendung der Bildverarbeitungsbibliothek (IMAQ-Vision) fallen zusätzliche Lizenzgebühren für jede weitere Installation an. Zu allen Hardwarekomponenten von National Instruments werden leistungsfähige Gerätetreiber, Test- und Konfigurationstools (MAX: Measurement & Automation Explorer) geliefert.

LabWindows/CVI ist kompatibel zu Microsoft Visual C++. Dadurch lassen sich problemlos auch Hard- und Software-Komponenten in CVI-Programme einbinden, welche nicht von National Instruments stammen. So wurden bei den erstellten Programmen DLLs für Hardware-

Komponenten von HP (Laserinterferometer), PI (Motorsteuerungen) und Datel (ADCs) integriert. Unter Verwendung der Active-X Technologie lassen sich MS-Applikationen (Excel, IE, ...) durch CVI-Anwendungen aufrufen und steuern. Durch den Einsatz der DataSocket-Bibliothek von NI ist ein schneller Datenaustausch zwischen PCs über das LAN und die einfache Programmierung von OPC-Clients für den WinCC OPC-Server möglich. Zwar ist der Einsatz von OPC in Ausnahmefällen problematisch, wenn z. B. in der Projektierungsphase der WinCC-Server oft deaktiviert wird, aber trotzdem ist OPC eine brauchbare Kommunikationslösung zwischen Leit- und Datenerfassungssystemen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass LabWindows/CVI Version 6 alle Möglichkeiten zur effektiven Implementierung PC-gestützter DAQ Systeme und deren effektiver Einbindung in Kontrollsysteme bietet. Als Instrumentierungsplattform wird teilweise PXI eingesetzt. Die Datenerfassungsmodule (PXI und CPCI) sind in einem Crate (PXI-1000B) untergebracht und über eine MXI-3-Bridge per LWL mit dem PC verbunden. Das PXI-Crate kann bis zu sieben Module aufnehmen.

Da für spezielle Anwendungen zur Zeit nur ISA-Karten verfügbar sind, werden auch Industrie-PCs mit ISA-Seckplätzen eingesetzt. Mit einigem Konfigurationsaufwand arbeiten ISA-Karten mit NT4-Treibern auch unter Windows 2000.

Die wichtigsten, mit LabWindows/CVI erstellten Programme, werden nun kurz vorgestellt.

## Das Datenerfassungsprogramm ELBE-RF

Die in Buncher und Kavitäten des Beschleunigers eingespeiste und die reflektierte HF-Leistung wird mit dem Programm ELBE-RF gemessen, skaliert und über das LAN an den WinCC OPC-Server gesendet.

Die Messung wird vom Beginn des Makropulses getriggert und dauert je nach dessen Länge 100  $\mu$ s bis 37,6 ms. Die Pulsrate beträgt 40 bis 1000 ms. Mit einem herkömmlichen Datenerfassungsmodul (Mul-

tiplexer mit nachgeschaltetem ADC) ist es nicht möglich alle 16 Kanäle bei 100  $\mu$ s Makropulsdauer mehrfach abzutasten. Deshalb wurde hier ein 16-fach ADC-Modul CPCI-510L der Firma Datel verwendet. Dadurch können nun alle 16 Kanäle parallel mit bis zu 190 kS/s gemessen werden. Mit einem speziellen Viewer-Programm kann der zeitliche Signalverlauf jedes Kanals zu Diagnosezwecken dargestellt werden.

## Das Datenerfassungsprogramm ELBE-LB

Zur Anzeige und Archivierung der beim Beschleunigerbetrieb auftretenden Dosisleistungswerte mit WinCC ist es notwendig die Micro Gamma Dosisleistungsmessgeräte LB 111 der Firma Berthold auszulesen. Jedes LB 111 besitzt ein TTY-Interface und ist über V24/TTY-Schnittstellenwandler mit einem 16-fach RS-232 Modul PXI-8420/16 von National Instruments verbunden.

Das Programm fragt im Minutentakt jedes LB 111 ab, extrahiert die Dosisleistung aus dem Antworttelegramm und sendet die Dosisleistung über LAN an den WinCC OPC-Server. Da jedes LB 111 seine Ad-

resse im Antworttelegramm übermittelt, kann das Programm die Zuordnung der Kommunikationsports zu den Geräten dynamisch ermitteln. Auch wenn zu Diagnosezwecken temporär weitere Geräte an freie Ports angeschlossen werden, erkennt das Programm sie automatisch.

Die serielle Kommunikation erfolgt Ereignisgesteuert (CR im Eingabepuffer erzeugt ein Event und aktiviert eine Callback-Routine zur Bearbeitung des Antworttelegramms). Dadurch ist die Systemlast sehr gering und das Programm kann parallel zum Programm ELBE-RF auf dem selben PC abgearbeitet werden.

## Das Steuerprogramm ELBE-IF

Die Einstellung, Messung und Stabilisierung der Länge der optischen Cavity sind für den stabilen Betrieb des FELs (Freier-Elektronen-Laser) besonders wichtig. Die Längenmessung wird mit zwei Interferometern (Lasermesssystem auf der Basis von HP 1887P Programmable PC Calibrator Boards) durchgeführt. Die Längeneinstellung bzw. Stabilisierung erfolgt mit zwei DC-Mike Actuatoren vom Typ M-

230.10 (Grob- und Feineinstellung direkt und über Biegebalken) und dem C-842 DC-Motor Controller der Firma Physik Instrumente.

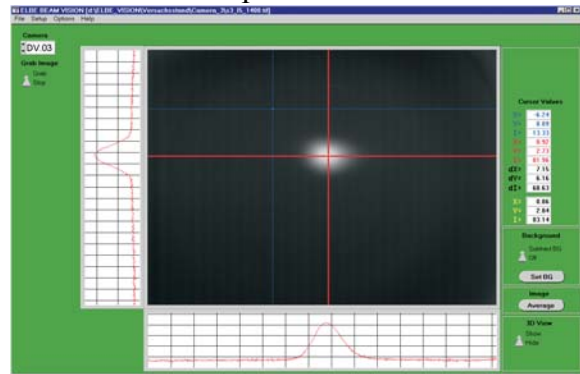
Die Stellwerte erhält das Programm vom Leitsystem über OPC. Die Längenmessung wird kontinuierlich durchgeführt. Bei Abweichungen vom Sollwert erfolgt eine Verstellung des Spiegelabstands entsprechen eines speziellen Regelalgorithmus.

## Das Bilderfassungssystem ELBE-Vision für Strahlbeobachtung und Diagnose

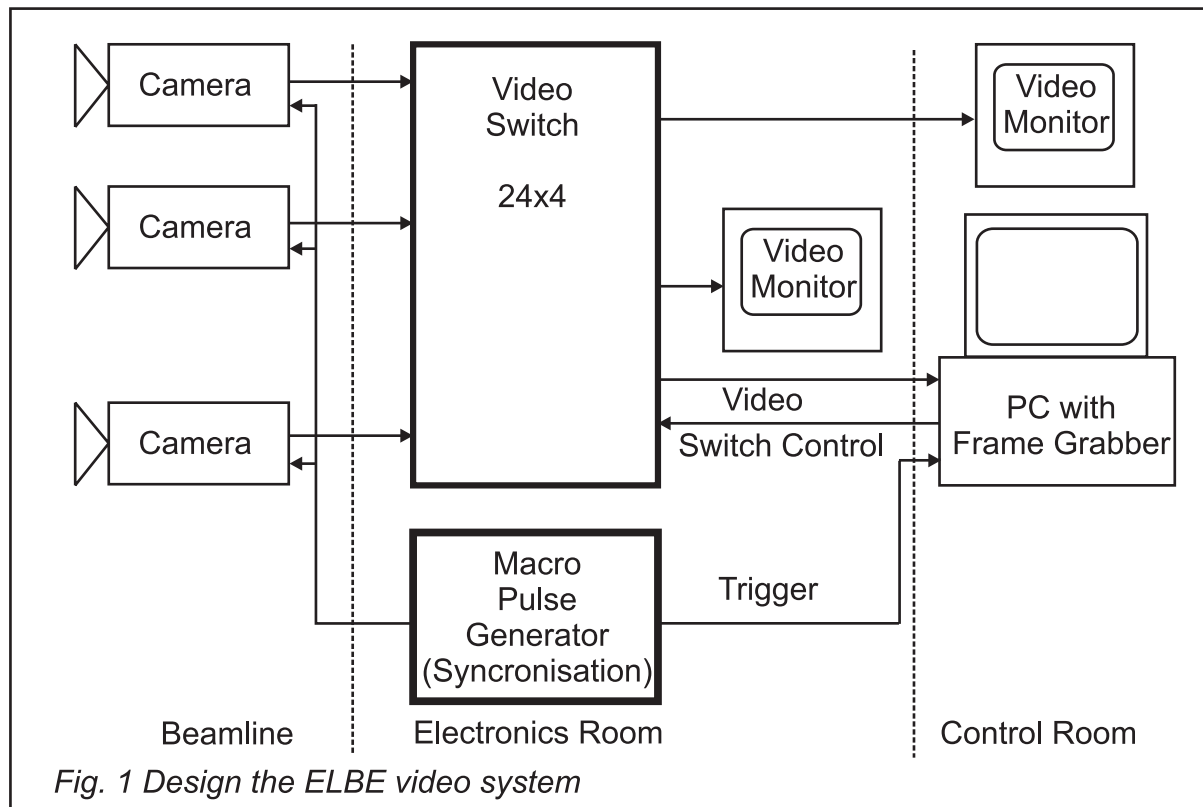
Das Bilderfassungssystem ist integraler Bestandteil des ELBE-Leitsystems. Die Software zur Bilderfassung und Auswertung läuft auf PCs unter Windows 2000. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Hardwareaufbau. Es kommen S/W-Kameras (CCIR-Norm) vom Typ KH 500 (Saticon) der Firma EG&G Heimann zum Einsatz. An der Kameraelektronik wurden einige Veränderungen durchgeführt, um die Bilderfassung mit dem Makropulse des Beschleunigers synchronisieren zu können. Die Videosignale werden über eine Videokreuzschleife SYSTEM 1000M der Firma Ernitec auf Monitore und den Frame-Grabber geschaltet. Die Ansteuerung der Videokreuzschleife erfolgt über die RS-232 vom PC. Die Digitalisierung der Videosignale in Echtzeit wird mit dem Frame-Grabber PCI-1407 von National Instruments durchgeführt.

Das Bilderfassungsprogramm ELBE-VISION wurde unter Verwendung des IMAQ-Toolkits erstellt. Die automatische Kameraumschaltung auf den eingefahrenen Viewscreen erfolgt durch Nutzung einer OPC-Verbindung zum Leitsystem (WinCC).

Das erfasste Kamerabild wird live angezeigt. Optional ist auch ein Fadenkreuz zur besseren Orientierung einblendbar. Der Bediener kann die Bilderfassung stoppen und eine Datenauswertung (Glättung, Untergrundsubtraktion und Berechnung von Intensitätsprofilen für Diagnosezwecke) durchführen. Dazu werden in einem Ringpuffer 50 Bilder gespeichert. Die folgende Abbildung zeigt den Elektronenstrahl auf dem Viewscreen und die Intensitätsprofile.



Die Bilder und Profile können lokal gespeichert oder via DataSocket an andere PCs zur Weiterverarbeitung übertragen werden.



# Die neue Generation der Bussysteme

**Matthias Drochner**  
**FZ Juelich / ZEL**

- PCI: "letzte Verfeinerungen"
- PCI-X
- Neue geschaltete Verbindungen:
  - PCI-Express
  - RapidIO
  - Infiniband
  - HyperTransport

# "Conventional PCI"

## **Rev. 2.3 (Maerz '02):**

- **keine 5V-only-Karten mehr**
- **Pins fuer SMBUS**
- **PCIXCAP fuer Migration**
- **"low Profile" - Formfaktor**
- **"EFI" Boot-ROMs**
- **Interrupt-Disable Command Bit**

## **Rev. 3.0 (in Review):**

- **keine 5V-Slots mehr**
- **MSI-X: erweiterte Message-Signaled Interrupts**



# Serielle Busse - Uebersicht

- InfiniBand (NGIO, Future I/O, System I/O)  
Intel  
High level (SAN), FibreChannel-Konkurrent
- HyperTransport (Lightning Data Transport)  
AMD (in "Hammer"-CPU)  
API, PLX, NVidia
- RapidIO  
Motorola (in "G5" PowerPCs - PowerQUICC III)  
Tundra  
"VME-Renaissance":
  - PCI-X / VME (2eSST - 320) Chip "Tempe"
  - VXS = Serial Switched on VMEMercury (RACEway - Abloesung?)
- PCI Express (Arapahoe, 3GIO)  
PCISIG (Intel)  
PCI-Kompatibilitaet



# What's new in PCI-X?

- § Attribute phase for each transaction
  - § Byte count
  - § Initiator ID
  - § Handling instructions
- § Split Transactions replace Delayed Transactions (30% performance improvement)
- § Electrical design for PCI-X easier than conventional 66 MHz



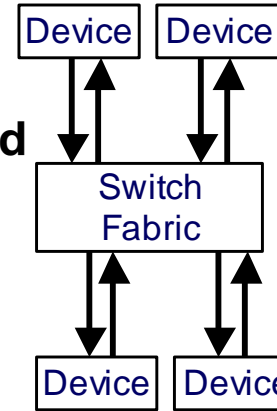
# Slot Compatibility

Bus Width	Bus Freq.	PCI, PCI-X B/W	DDR B/W	QDR B/W	PCI Slots	PCI-X Slots	CPCI Slots
32-bit	33 MHz	133 MB/s	N/A	N/A	4	N/A	8
64-bit	66 MHz	533 MB/s	1066 MB/s	2132 MB/s	2	4	5/8
64-bit	100 MHz	800 MB/s	1600 MB/s	3200 MB/s	N/A	N/A	5
64-bit	133 MHz	1066 MB/s	2132 MB/s	4264 MB/s	N/A	1	2

# System Topology Trends

System Performance

- Packet Switched
- Point-to-Point
- Low pin count



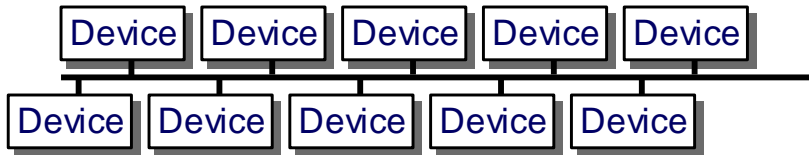
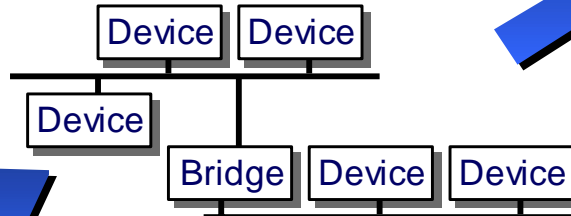
Very High Frequency

Examples: RapidIO, HT, PCI-Express

- Bridged Hierarchy
- Broadcast

®133MHz

Examples: PCI, PCI-X

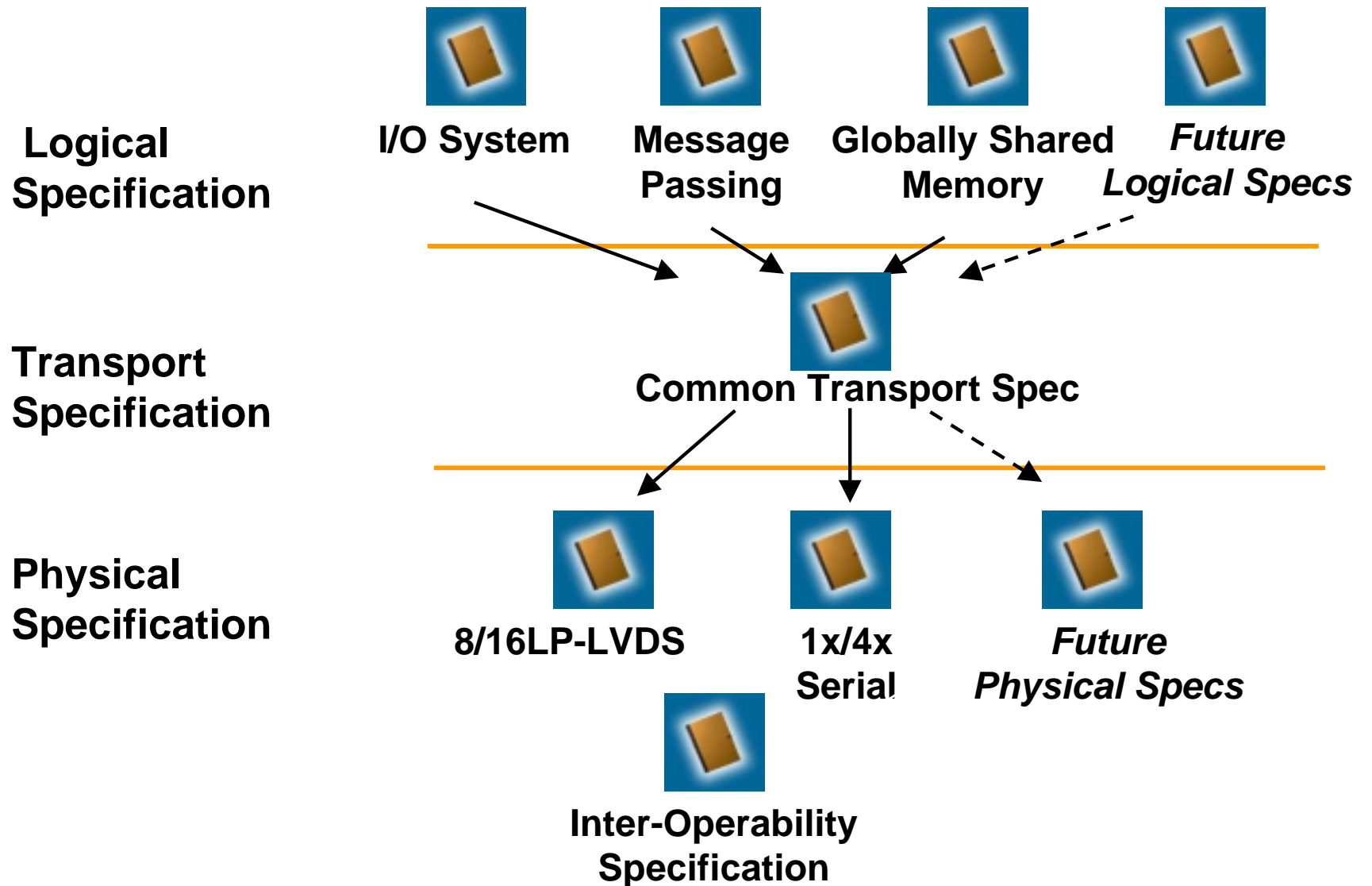


- Single Segment
- Broadcast

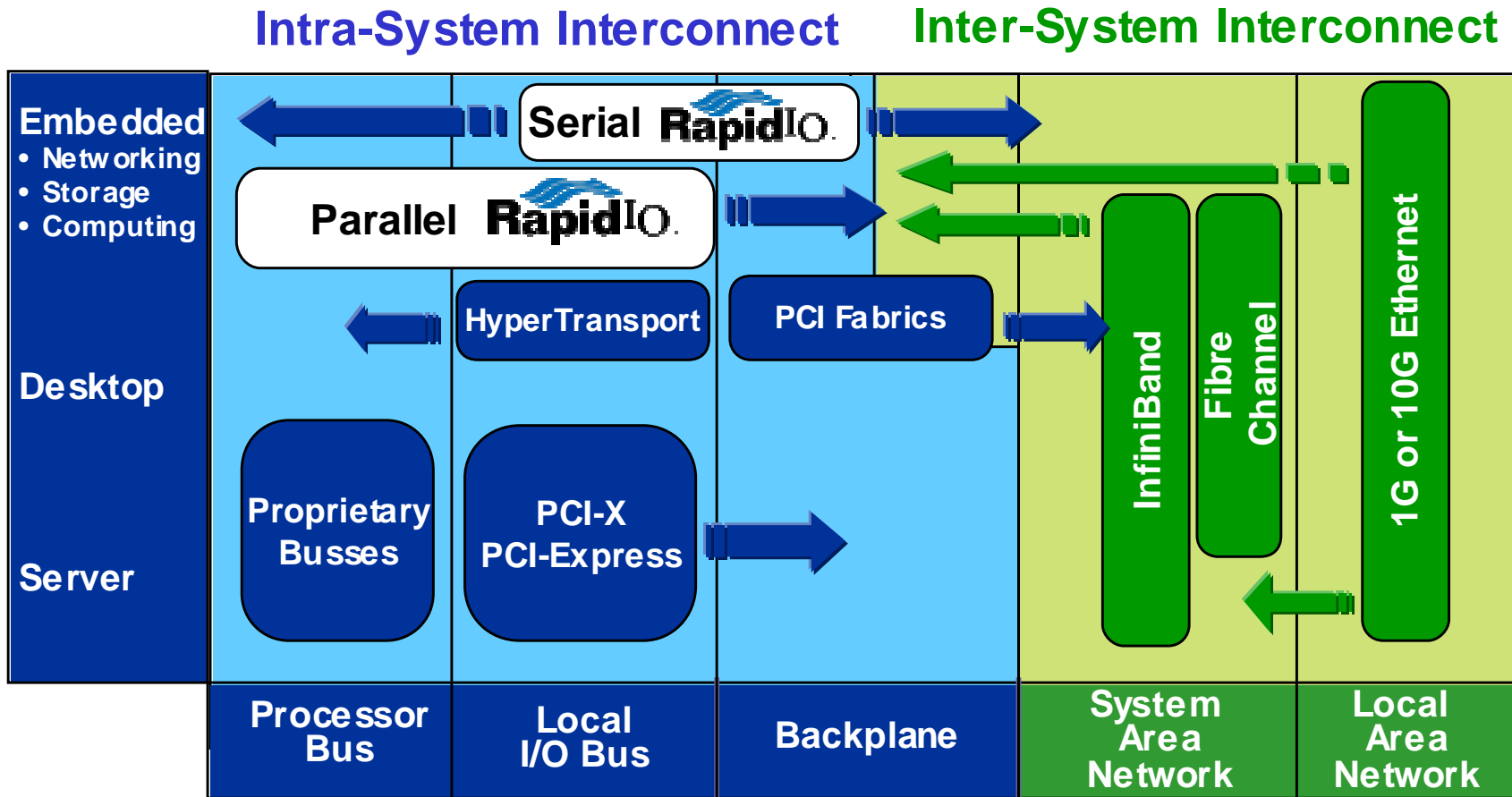
®66MHz

Examples: CompactPCI, VME

# Specification Hierarchy



# Where Does RapidIO Fit?



# Bandwidth

## RapidIO overhead estimates

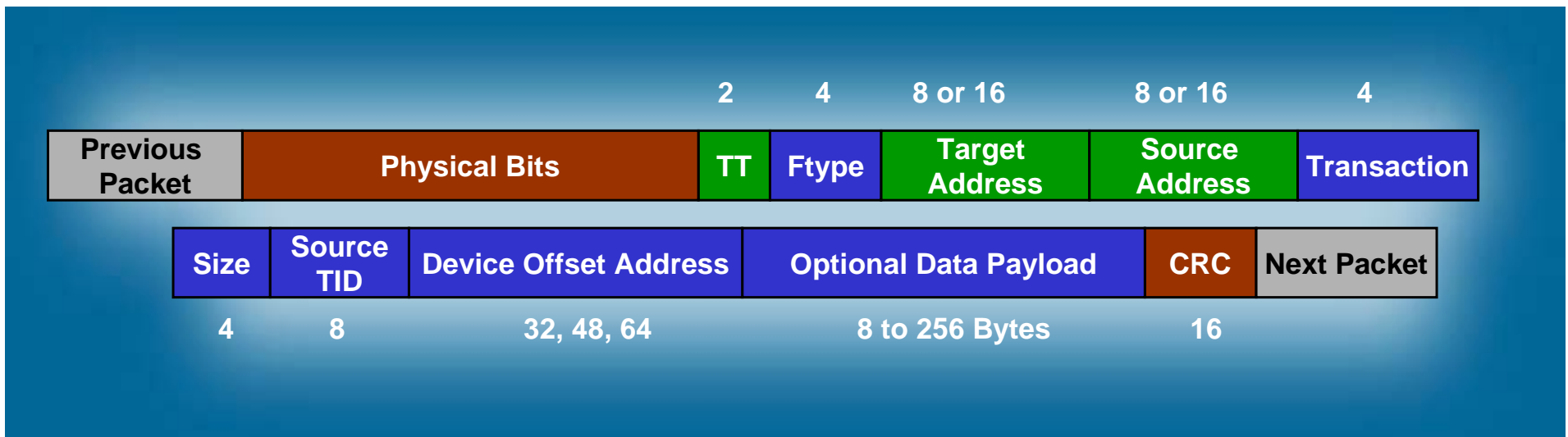
Configuration	8-bit Mode			16-bit Mode		
	PEAK	Sustained 32 byte Op	Sustained 256 byte Op	PEAK	Sustained 32 byte Op	Sustained 256 byte Op
125MHz	4Gb/s	2Gb/s	3.7Gb/s	8Gb/s	4Gb/s	7.5Gb/s
250MHz	8Gb/s	4Gb/s	7.5Gb/s	16Gb/s	8Gb/s	15Gb/s
500MHz	16Gb/s	8Gb/s	15Gb/s	32Gb/s	16Gb/s	30Gb/s
1GHz	32Gb/s	16Gb/s	30Gb/s	64Gb/s	32Gb/s	60Gb/s

- Sustained Operations include all transaction overhead
- For fully loaded full duplex traffic
  - 32-byte operation is 50% efficient
  - 256-byte operation is >90% efficient
- For unidirectional traffic (not including ack overhead)
  - 32-byte is >70% Efficient
  - 256-byte is >95% Efficient

# The RapidIO Packet Format

- RapidIO is only true switched system interconnect
  - Switches not required to interpret transaction protocol
  - Routing decisions made with Transport address and Priority
  - Allows forward compatibility
  - All others require complex bridges
- Packet partitioned to simplify assembly/disassembly in controllers

Physical Transport Logical





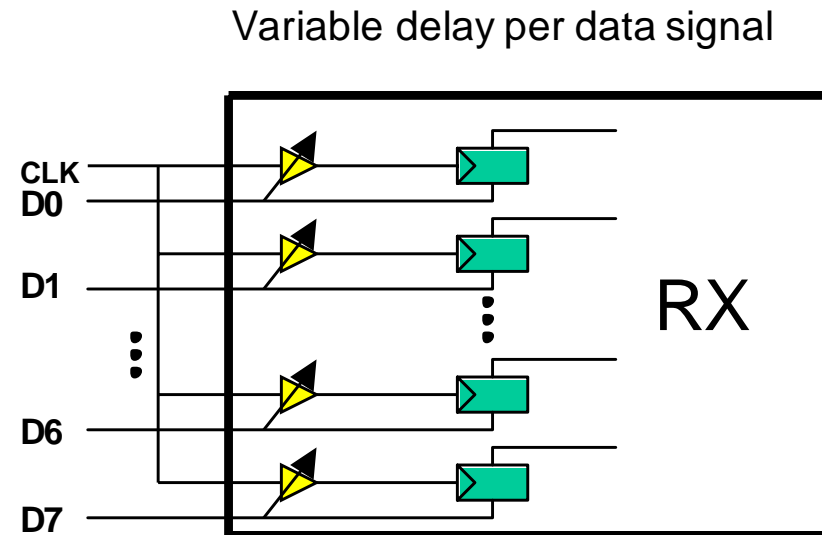
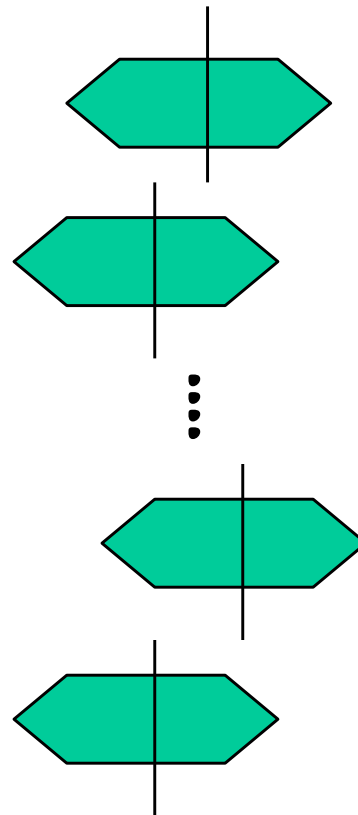
# Parallel & Serial PHY Options

- **8/16 Parallel Interface**
  - **Highest Bandwidth & Performance (8 – 60 Gb/s)**
  - **Latency sensitive applications (e.g. Processor to memory)**
  - **Shorter transmission distance**
  - **Higher Pin Count (40, 78 pins)**
- **1x/4x Serial Interface**
  - **High Bandwidth (1 – 10 Gb/s)**
  - **Latency tolerant applications**
  - **Longer transmission distance (Board to Board, Chassis to Chassis)**
  - **Pin Count Sensitive Applications (4, 16 pins)**

# Data Capture

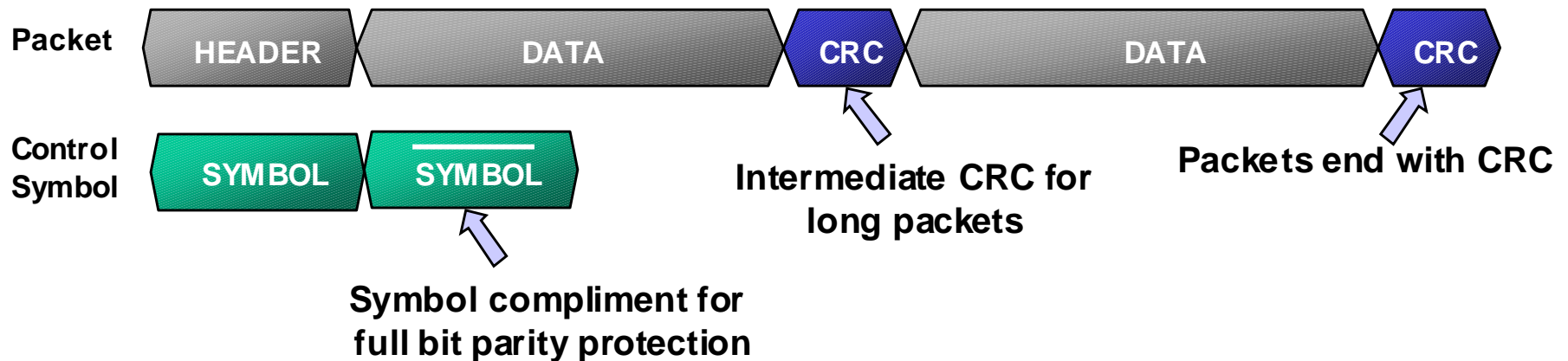
- Per-bit deskew places the sample clock edge in the DV window for each data bit

Clock edge  
delayed to the  
midpoint of  
each individual  
data eye



# Error Management

- Link-by-link error detection and recovery
  - Single and multi-bit error detection
  - FRAME signal
  - NRZ signaling with runt transition detection
  - Fixed ACKID sequence numbering
  - Automatic hardware retry of corrupt packets
- Physical layer link synchronization protocol
- Logical and physical layer transaction timers





# PCB

- Velocity of Propagation
  - $V = C/\sqrt{\epsilon_r}$
  - $C = \text{Speed of Light} = 3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$
  - $\epsilon_r = \text{relative dielectric constant}$ 
    - Typically 4-4.5 for FR4
- RapidIO link up to 30 in of FR4
  - 5.08UI time of flight
    - Assuming 1Gb/s link
    - Assuming  $\epsilon_r = 4$



# Receiver Skew Specs

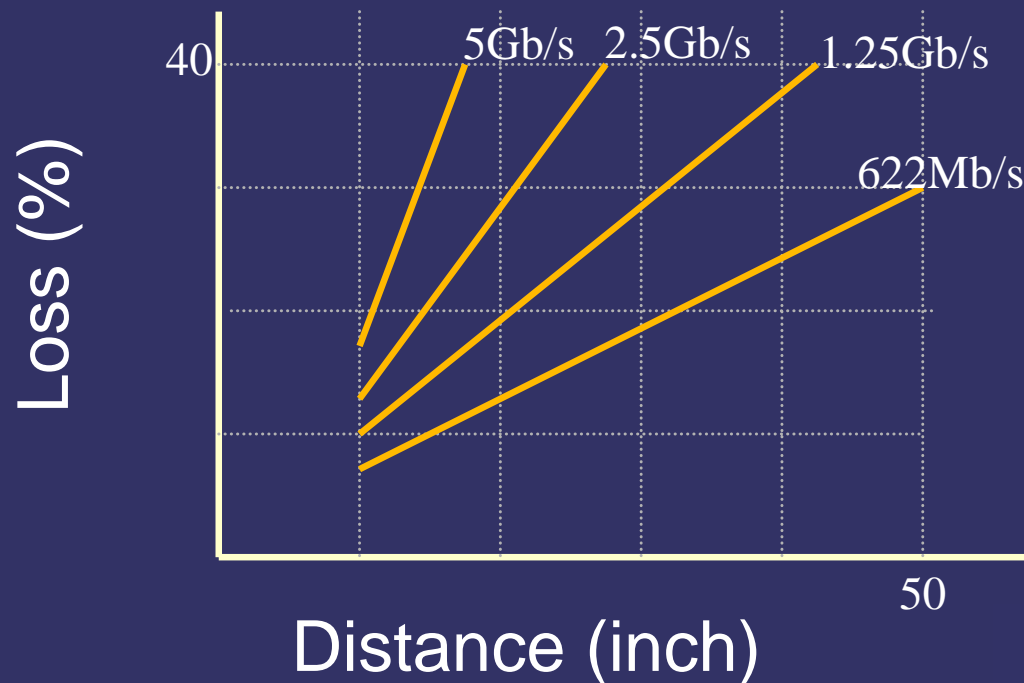
Frequency (Mb/s)	500	750	1000	1500	2000
UI (pS)	2000	1333	1000	667	500
Static skew between data bits (UI)	.19	.3	.3	.4	.4
Static skew between data bits (pS)	380	400	300	266.8	200
Static skew between data bits (cm)*	5.7	6	4.5	4	3

\* Calculation assumes transmitter has no skew



# Attenuation

- TX output is 200mV minimum
- RX input is 100mV minimum
- NESAs Data (4 mil lines)



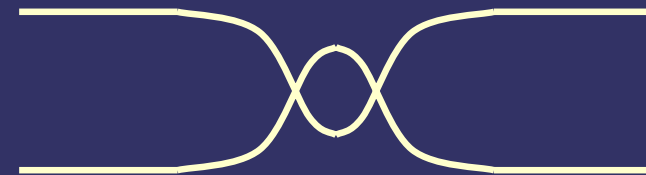


# Pre Emphasis

TX No Emphasis



RX



TX with Emphasis

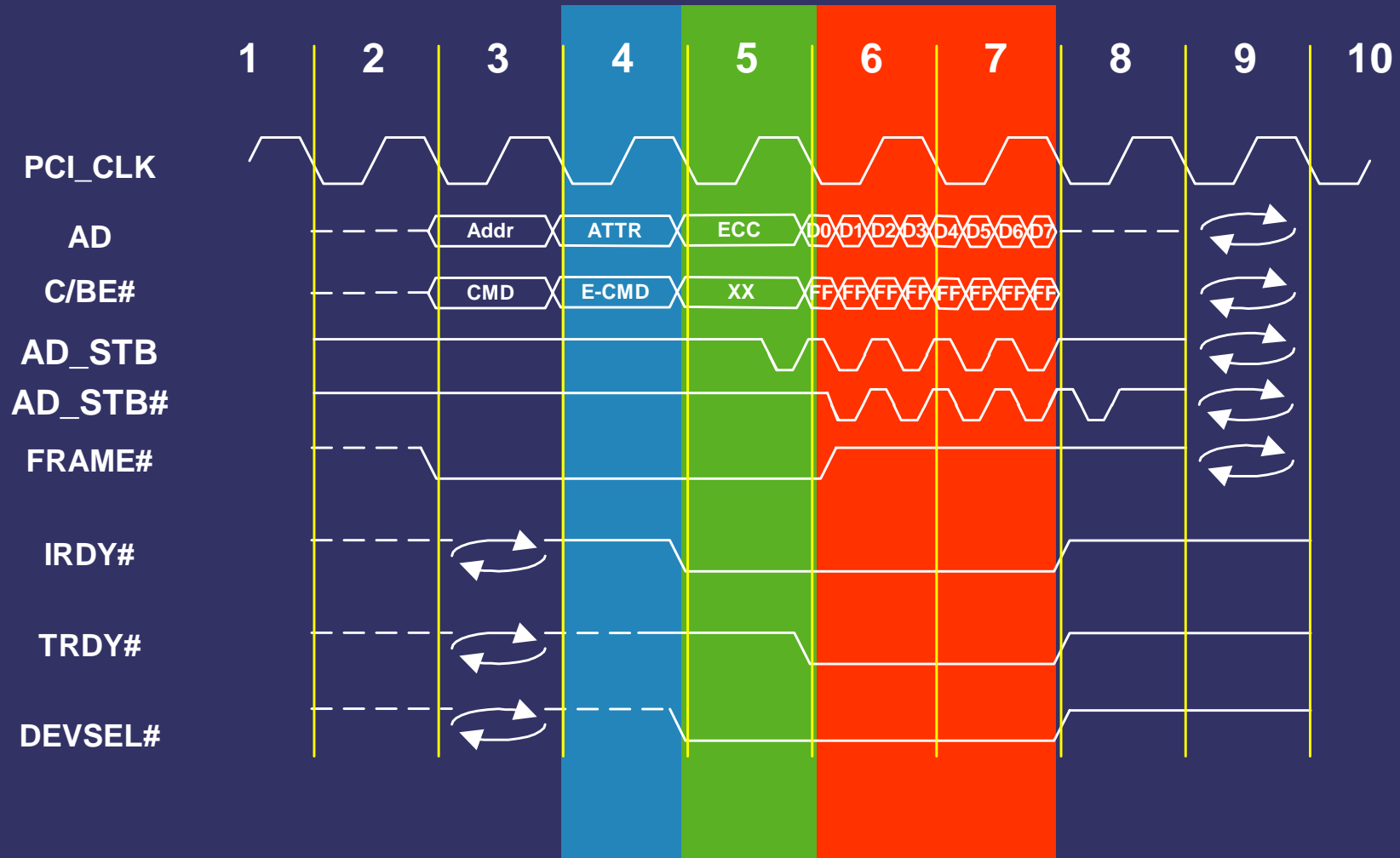


RX



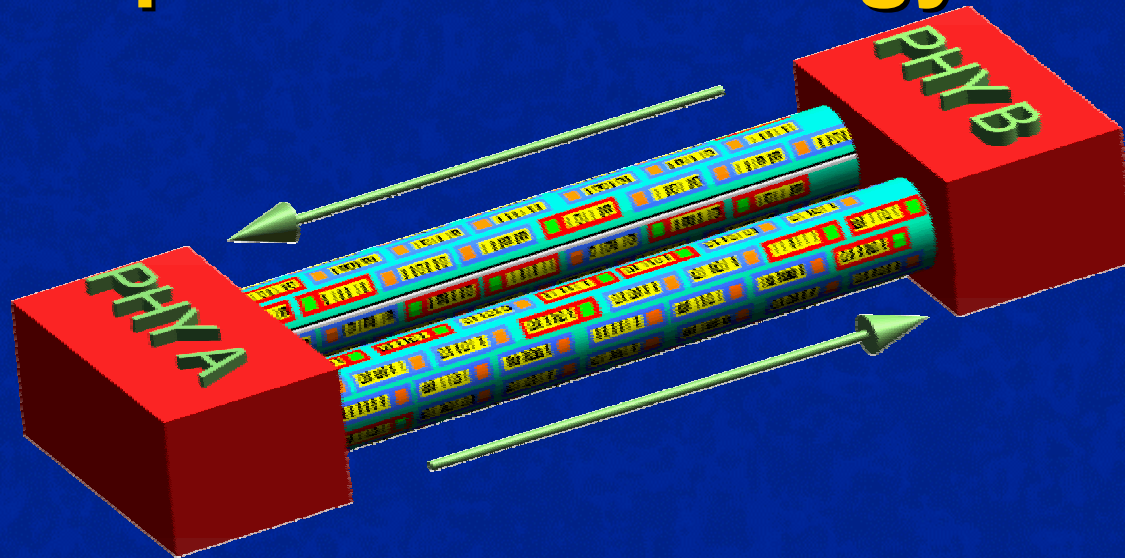


# DDR/QDR Timing Layer



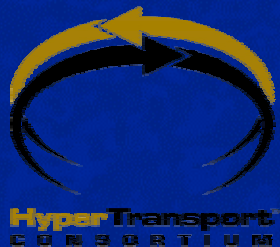


# HyperTransport™ Technology Basics

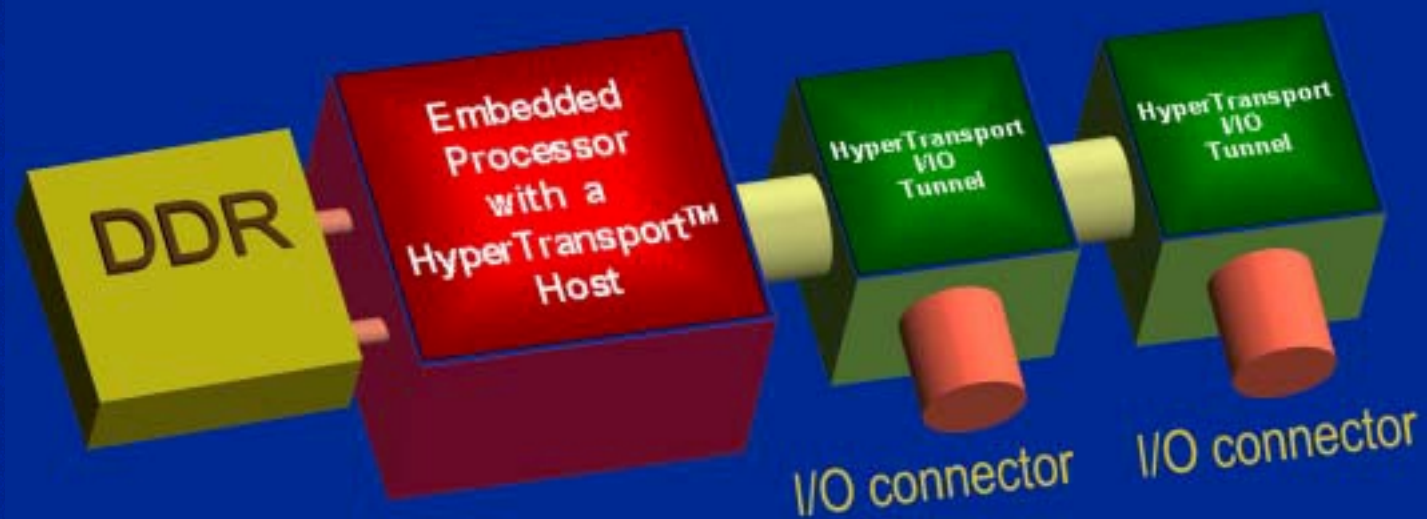


- **HyperTransport™ Technology buses have two unidirectional point-to-point links**
  - The links can be 2-, 4-, 8-, 16-, or 32-bits wide in each direction
  - HyperTransport links have a data rate up to 1600 Megabits/second per pin-pair (800 MHz clock)
    - E.g., 4 bits each way give up to 1.6 GB/sec total bandwidth
    - E.g., 8 bits each way give up to 3.2 GB/sec total bandwidth
    - E.g., 16 bits each way give up to 6.4 GB/sec total bandwidth
    - E.g., 32 bits each way give up to 12.8 GB/sec total bandwidth
- **Packets are multiples of 4-bytes in length**
- **Serial link with commands, addresses and data use the same bits**

*\*HyperTransport is a trademark of the HyperTransport Technology Consortium. AMD and AMD Athlon are trademarks of Advanced Micro Devices, Inc. All the other TM belong to their respective owners*



# Embedded Applications and I/O Tunnels



- **For the 1<sup>st</sup> time in the industry:**
  - I/O devices shared among computation and communication industry
  - Unique “TUNNELING” capability gives almost unlimited I/O expandability
  - Fundamentally different microprocessor and memory controllers may be designed to use the very same I/O components
  - Pin count adjustable for the necessary Bandwidth
  - Cost reduced due to the cumulative volume
  - Extended component life



HyperTransport  
CONSORTIUM

ITC-Services für die Wissenschaft.

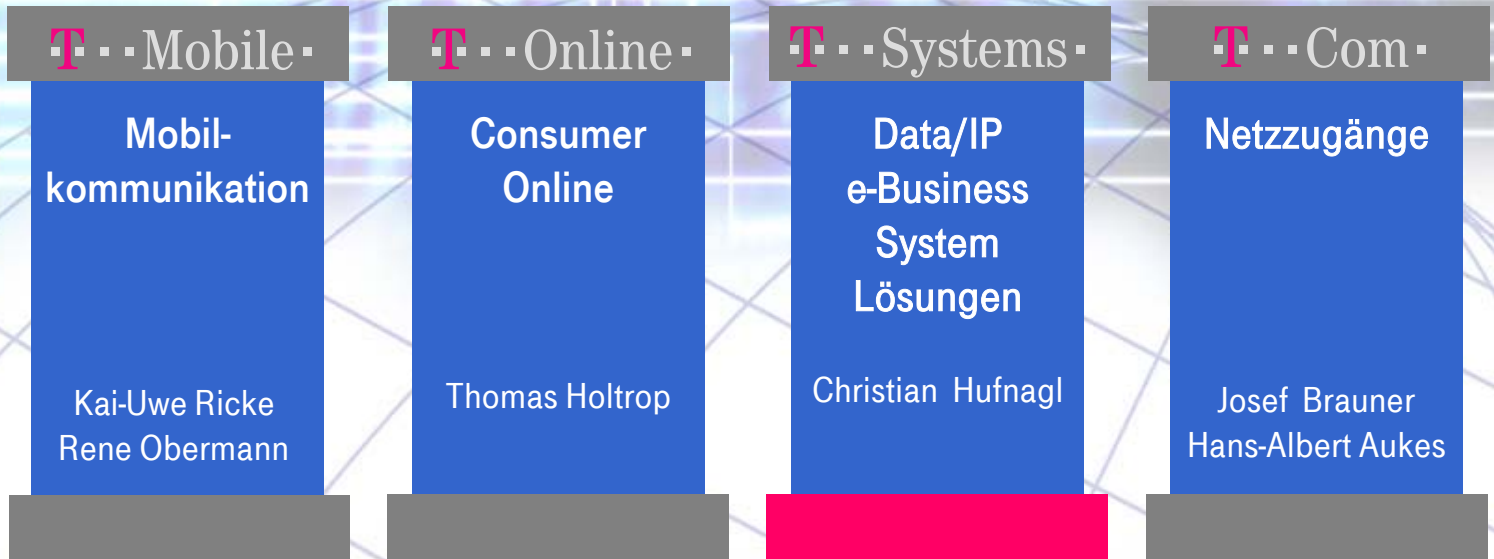
# T-Systems Solutions for Research GmbH

# Deutsche Telekom. Die Unternehmenssäulen.

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

207

Institut für Kernphysik Frankfurt



# T-Systems. Facts & Figures.



## Standorte national

ca. 25 Hauptstandorte mit jeweils mehr als 200 Mitarbeitern in Deutschland

## Präsenz international

in mehr als 20 Ländern

## Umsatz

rd. 13,8 Milliarden Euro/Geschäftsjahr 2001

## Mitarbeiter

rd. 43.000, davon rd. 10.000 im Ausland  
(Stand Januar 2002)

## Kerngeschäft

Vernetzung weltweiter Standorte unserer Kunden und Integration ihrer IT- und DV-Anwendungen

## Highlights

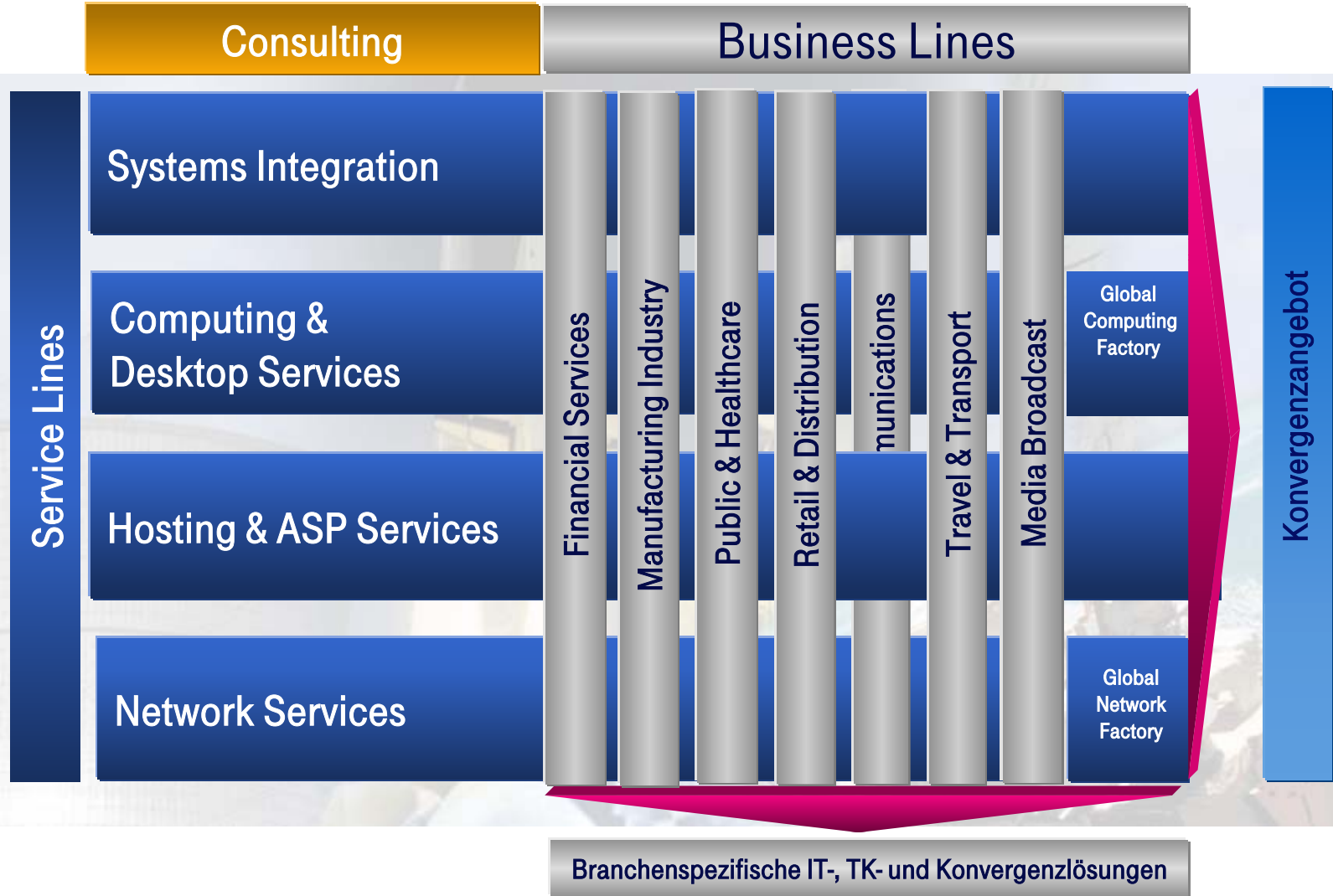
Betrieb von 1,0 Mio. Arbeitsplätze unserer Kunden;  
Besitzer des zweitgrößten Computerzentrums der Welt

# T-Systems. Branchenkompetenz und Services.

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

209

Institut für Kernphysik Frankfurt



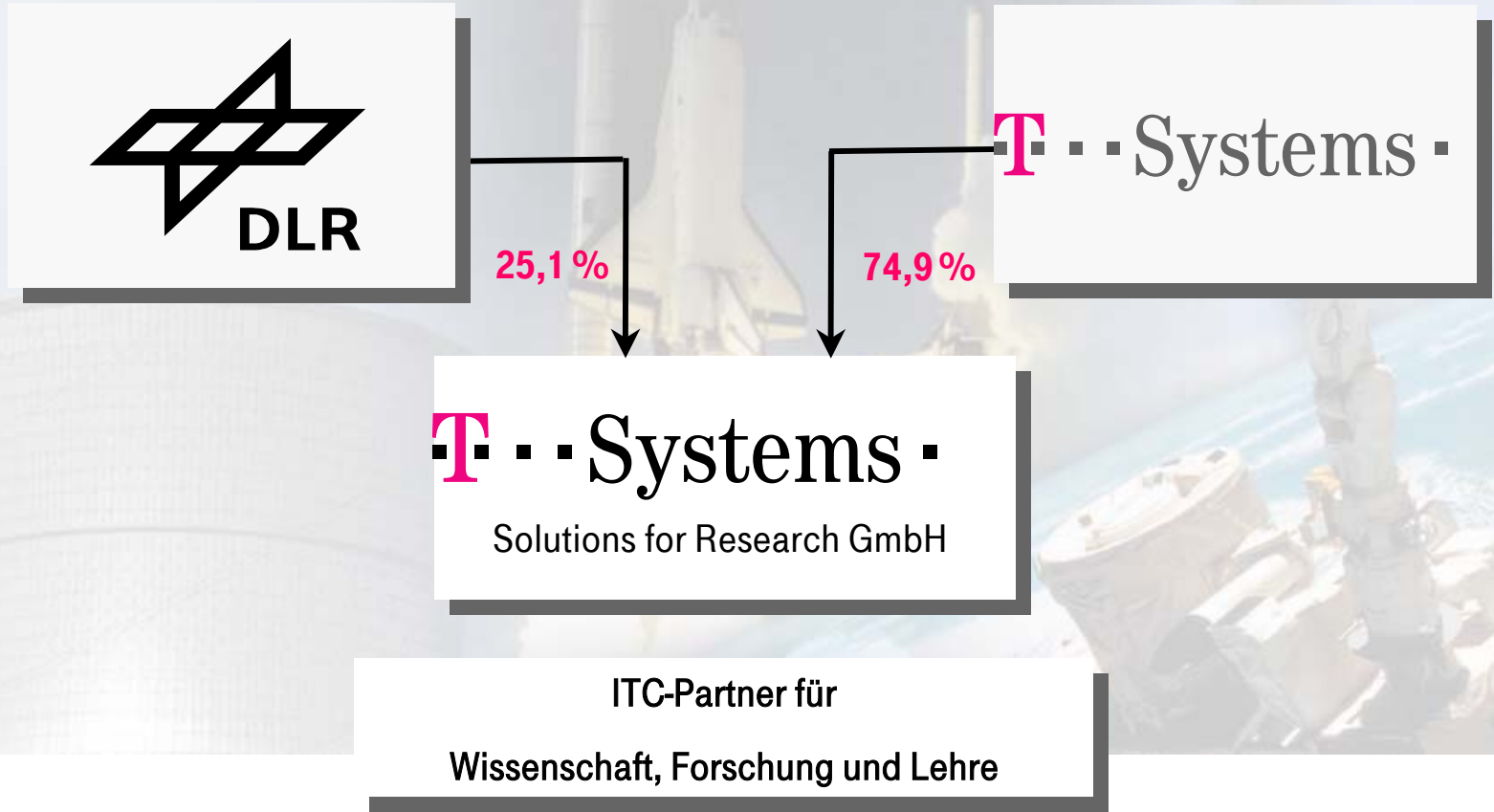
# T-Systems SfR.

Forschungskompetenz kombiniert mit ITC-Servicekompetenz.

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

210

Institut für Kernphysik Frankfurt



# Unsere Mission.

## ITC-Partner für Wissenschaft und Forschung.

### Eckdaten - Stand 6/2002

- Gründungsdatum: 1.5.99
- Stammkapital: 5 Mio. €
- Gesellschafter
  - T-Systems ITS 74,9 %
  - DLR 25,1 %
- Umsatz 2001: 33 Mio. €
- Mitarbeiter: 184
- VBL-Mitglied
- bundesweit vertreten
- Geschäftsführung:
  - Jürgen Aumayer
  - Hans Gersing
- Aufsichtsrat:
  - Dr. Hagen Hultzsch (Vors.)
  - Dr. Haas
  - H. Caffier
  - Prof. Blum (Stellv. Vors.)
  - Prof. Bachem





# Unser Service-Offering Portfolio.

## Zentrale und dezentrale Services aus einer Hand.

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

212

Institut für Kernphysik Frankfurt

hww



### High Performance Computing-Services

- Parallelrechner
- Vektorrechner
- Anwenderunterstützung
- Softwareoptimierung
- Visualisierung

### Datamanagement-Services

- Backup/Recovery (ADSM)
- Migration (HSM)
- DFS - Distributed File System

### Network-Services

- WAN, LAN, TK-Anlagen
- Internet-Zugang
- Remote Access

### Client/Server-Services

- Beschaffung
- Betrieb und Vor-Ort Service
- Anwender-Support
- Serverplattform
- Mobile-Computing

### Kommunikation und Information

- Internet/Intranet
- Mailing und Groupware
- E-Business/E-Science
- Electronic Publishing

### Administrative DV-Services

- SAP R/3 Betrieb und Entwicklung
- Spezialesysteme (z.B. HIS,...)
- Beratung

### Service Desk

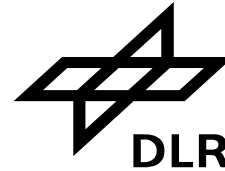
- zentrale Schnittstelle für alle Benutzer bei Anfragen und Störungen

### Consulting-Services

- Datamanagement
- LAN/WAN
- Desktop
- Distributed Applications
- Security
- ...



# Referenzen.



## **DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)**

Alle Services  
ITC-Outsourcing

## **DCFT (DaimlerChrysler Forschung und Technologie)**

Desktop-Services  
Network-Services (LAN)

## **GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit)**

Alle Services  
ITC-Outsourcing



## **EADS**

HPC-Services (NEC SX-5)  
Desktop-Services



## **Universität Stuttgart**

HPC-Services  
(Hitachi SR-8000)



## **Max-Planck Gesellschaft**

Data-Management



## **Helmholtz Gemeinschaft e.V.**

Desktop-Services  
IT-Consulting



## **CIRA (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali)**

HPC-Services (NEC SX-5)

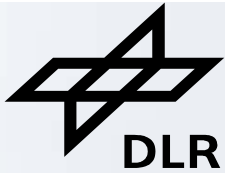


# Kundenbeispiel.

SEI-Herbsttagung, 23. - 25. 9. 2002

214

Institut für Kernphysik Frankfurt



## Erstes ITC-Outsourcing im Wissenschaftsbereich

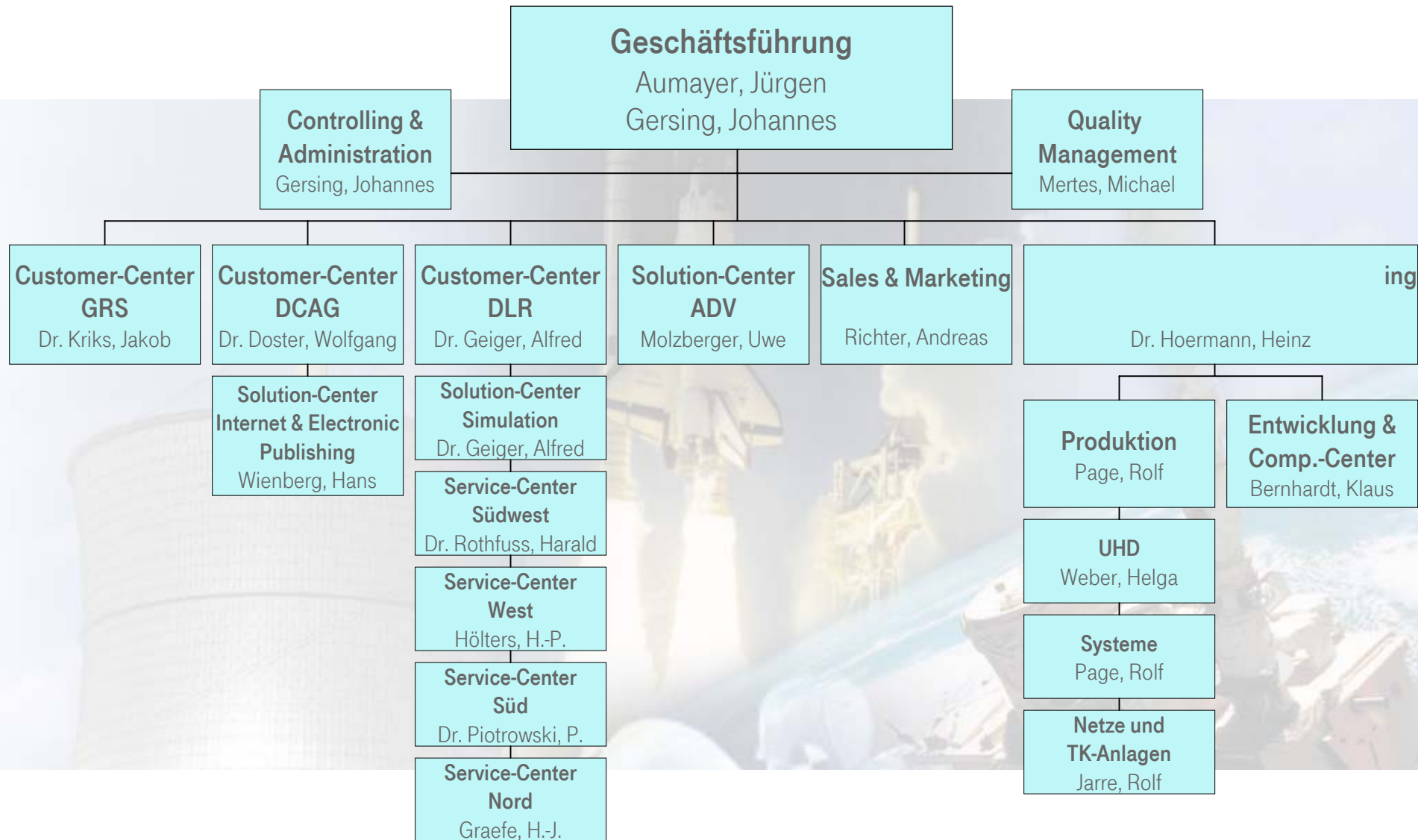
Neue Ausrichtung des internen IKT-Dienstleistungsbereichs

Umsetzung spezieller IKT-Dienstleistungen:

- Computing Services inklusiv High Performance Computing
- LAN-/WAN- und TK-Anlagen Services
- Client Services
- Administrative Datenverarbeitungs-Services

**Joint Venture Partnerschaft**

# Organisation T-Systems SfR.



# Organisation T-Systems SfR. Standorte.

