

Aus dem Institut für Physik der Universität Freiburg (Schweiz)

Die semileptonischen Zerfälle im neutralen Kaon-System

&

The Slow-Control System

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor rerum naturalium
der Mathematisch- Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Freiburg in der Schweiz

vorgelegt von

Hans Ulrich Johner
aus Kerzers (FR)

Dissertation Nr. 1026

Druckerei des CERN - Genf
1993

Von der Mathematisch - Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität
Freiburg in der Schweiz angenommen, auf Antrag der Professoren J. Kern
und L. Tauscher.

Freiburg, den 16 März 1993

Der Dekan:
Prof. M. Maggetti

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00081062

CERN LIBRARIES, GENEVA

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Einführung	1
Literaturverzeichnis zu Kapitel 1	3
Das CPLEAR Experiment	4
2.1 Einführung	4
2.2 Die Geschichte der CP-Verletzung	4
2.3 Das K^0 -System	4
2.4 Die Parametrisierung der CP-Verletzung für den Zerfall in 2π	6
2.4.1 Die Zeitabhängige Asymmetrie	8
2.4.2 Die Integrale Asymmetrie	9
2.5 Die Zerfälle in drei Pionen	10
2.6 Die semileptonischen Zerfälle	11
2.7 Experimenteller Stand der CP-Verletzung, der Beitrag von CPLEAR	15
Literaturverzeichnis zum Kapitel 2	16
Der Detektor	17
3.1 LEAR als Quelle neutraler Kaonen	17
3.2 Der Strahl	18
3.3 Anforderungen an den Detektor	18
3.4 Strahl-Monitor und Target	19
3.5 Die Proportionalkammern (MWPC1 & 2)	20
3.6 Die Driftkammern (DC1-DC6)	20
3.7 Die Streamertubes	21
3.8 Die PID's, (Particle Identification Detectors)	21
3.9 Das Kalorimeter	22
3.10 Der Magnet	22
3.11 Der Trigger	23
3.12 Das Datenaquisitionssystem	24
Literaturverzeichnis zum Kapitel 3	26
Die Auswertung der semileptonischen Zerfälle	27
4.1 Einführung	27
4.2 Szintillator- und Cerenkovsignal	27
4.3 Die Separation von Elektronen und Pionen in Monte- Carlo Daten	29
4.4 Anwendung der Trennfunktion auf Kalibrationsdaten	30
4.5 Vorselektion der semileptonischen Daten	32
4.6 Kalibration der $N(e^+)/N(e^-)$ Asymmetrie	34
4.7 Kalibration der $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Asymmetrie	36
4.8 Systematische Fehler	37

4.9	Untergrund und zeitliche Auflösung.....	38
4.10	Zusammenfassung der Resultate.....	42
4.10.1	Resultate der Monte-Carlo und Kalibrationsdaten.....	42
4.10.2	Resultate der semileptonischen Daten.....	43
4.11	Zusammenfassung und Diskussion zu Kapitel 4.....	44
	Literaturverzeichnis zum Kapitel 4.....	46
The	Slow-Control.....	47
5.0	Introduction.....	47
5.1	MAC-64 Monitoring and control System.....	49
5.1.0	General.....	49
5.1.1	The MAC-64 Crate.....	49
5.1.1.1	The Chassis.....	49
5.1.1.2	The G64 Bus.....	50
5.1.2	The G-64 System Cards.....	50
5.1.2.1	68B09E Paging Processor.....	50
5.1.2.2	G-64 Paged System ROM (SPS 3496.11).....	50
5.1.2.3	G-64 Paged System RAM/ROM (SPS 3496.08).....	50
5.1.2.4	Floppy Controller (SPS 6607.01).....	50
5.1.2.5	UTI-NET Intelligent Interface (LEP-680-7540-050).....	51
5.1.3	Input/Output Cards.....	51
5.1.3.1	Dual Parallel Interface Module (EFS-PIA/GESPIA-2).....	51
5.1.3.2	ADC 10 Bit (COR-ADC 10 ISO).....	51
5.1.4	Interface Cards (Adapter Cards).....	51
5.1.4.1	NB9006 32 Channel Input Adapter.....	51
5.1.4.2	NB9016 32 Channel Analogue Multiplexer.....	52
5.1.4.3	NB9010 PT100 Temperature Measurement.....	52
5.1.4.4	NB8100 MAC Ident.....	52
5.1.5	Development System.....	52
5.2	The Distribution-Boxes.....	53
5.2.1	Pinout of Output connector.....	54
5.2.2	Calo1.....	55
5.2.3	CAMAC/NIM.....	56
5.2.4	Racks.....	57
5.2.5	Streamertubes2 (VME).....	58
5.2.6	PT100.....	59
5.2.7	Pinout of the PT100.....	60
5.2.8	PID (CPVME).....	61
5.2.9	Front Panels of the Distribution-Boxes.....	62
5.3	Slow-Control Tables and Plans.....	63
5.3.1	Slow-Control Layout.....	63
	Mac-64 Nr. 11.....	63
	Mac-64 Nr. 13.....	70
	Mac-64 Nr. 15.....	75
	Mac-64 Nr. 17.....	80
	Mac-64 Nr.:19.....	85
5.3.2	Address Table of the MAC-64 Bus (lower).....	86
5.3.4	Table of Connector Pinouts.....	87

5.3.5	Tables of Cables.....	87
5.3.7	Cabling of the Racks.....	89
5.3.8	Cabling of the Drift- and Proportional Chambers.....	91
5.3.9	Cabling of Calorimeter.....	93
5.3.10	Cabling of Streamertubes.....	95
5.3.11	Cabling of Trigger.....	97
	Summary of Chapter 5.....	99
	References to Chapter 5.....	100
	CURRICULUM VITAE	101
	Nachwort	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Das Wu-Yang Dreieck. (Nicht maßstabgetreu.).....	8
Abbildung 2.2:	Die Asymmetrien $A_{2\pi}$ (2.14) und $I_{2\pi}$ (2.16) als Funktion von t/τ_S	9
Abbildung 2.3:	Die zeitabhängige und die integrale Asymmetrie in den dreipionischen Zerfällen als Funktion von t/τ_S	10
Abbildung 2.4	Die Asymmetrien $A_{\Delta m}(t)$ (oben links), $A_{\Delta m}'(t)$ (oben rechts), $A_{\Delta m}''(t)$ (Mitte links), $A_I(t)$ (Mitte rechts), $A_T(t)$ (unten links) und $A_X(t)$ (unten rechts), als Funktion von t/τ_S	14
Abbildung 3.1:	Querschnitt durch den CPLEAR Detektor mit einem typischen "goldenen" Ereignis.....	19
Abbildung 4.1:	Abhängigkeit der Szintillator- und Cerenkovsignale von Impuls, z-Koordinate und Auftreffwinkel. (Die Abbildung stammt von später beschriebenen Kalibrationsdaten.).....	28
Abbildung 4.2	"Scatter Plot" von Szintillator- und Cerenkovsignal für Elektronen und Pionen mit Impulsen zwischen 150 und 200 MeV/c, $z > 60$ cm und Auftreffwinkeln $\theta > 40^\circ$ (Monte-Carlo Daten). Die Punkte A und B variieren mit Impuls, z und θ	29
Abbildung 4.3	Oeffnungswinkelverteilung der Elektronendaten.....	31
Abbildung 4.4	$N(e^+)/N(e^-)$ als Funktion des Öffnungswinkels.....	32

Abbildung 4.5 Der Öffnungswinkel der Sekundärteilchen, aufgetragen gegen die Lebensdauer des K^0 's. (Beides im Ruhesystem des K^0 , Ereignisse der Klasse 2).....	33
Abbildung 4.6 Fit der aussortierten Ereignisse mit $A_{\Delta m}$	34
Abbildung 4.7 A_{ep} für normales (oben links) und invertiertes Magnetfeld (oben rechts), sowie der theoretische Verlauf von A_{ep} (unten).	36
Abbildung 4.8 Fit von $A_{\Delta m}$ mit den kalibrierten Daten.	39
Abbildung 4.9: Fit von $A_{\Delta m}$ mit den kalibrierten und untergrund-korrigierten Daten.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Die Bedeutung der Zerfallsamplituden A_I und B_I	7
Tabelle 2.2: Übersicht über die CP-Verletzungsparameter.	15
Tabelle 3.1 Die Verzweigungsverhältnisse der "goldenen" Kanäle [2].	17
Tabelle 4.1 Die Konstanten des Kalibrationspolynomes für beide Polaritäten des Magnetfeldes.	35
Tabelle 4.2 Die Konstanten des Kalibrationspolynomes für beide Polaritäten des Magnetfeldes.	37
Tabelle 4.3: Die systematischen Fehler detailliert.	38
Tabelle 4.4: Übersicht der gemessenen Anteile an $A_{\pi^+\pi^-}$ für feste Werte der zeitlichen Auflösung und des symmetrischen Untergrundes.....	40

Einführung

Diese Dissertation wurde im Rahmen des Experimentes PS195 (CPLEAR) [1] geschrieben. Entsprechend den Arbeiten des Autors ist sie in zwei Teile aufgeteilt. Der erste Teil enthält eine Präsentation der Theorie und Phänomenologie des Experimentes, der Messgrößen, des Detektors und die Auswertung der semileptonischen Zerfälle. Der zweite Teil besteht aus einem Handbuch für die "Slow-Control", einem Überwachungssystem für Versorgungsspannungen, Temperaturen, Hochspannungen u.s.w..

Die CPLEAR-Kollaboration beabsichtigt, am LEAR (Low Energy Antiproton Ring) des CERN verschiedene Parameter der CP-Verletzung zu messen [2,3]. Im Gegensatz zu bisherigen Experimenten, die K_L - K_S Asymmetrien, oder direkt CP-verletzende Zerfälle des K_L beobachteten [4,5,6], ergeben die niederenergetischen Antiprotonen des LEAR die bisher einzigartige Möglichkeit, die CP-Verletzung anhand der κ^0 - $\bar{\kappa}^0$ Asymmetrien zu messen. Dies bedeutet eine gleichzeitige Messung von CP-konjugierten Zuständen, was systematische Fehler durch zeitliche Variation der Detektorcharakteristiken auf ein Minimum reduziert. Im weiteren erlaubt diese Methode eine Messung der T-Verletzung und einen Test der $\Delta S = \Delta Q$ Regel. Die bei der Annihilation der Antiprotonen und Protonen in Ruhe entstehenden κ^0 und $\bar{\kappa}^0$ können anhand der begleitenden Teilchen identifiziert werden. Die Bildung von Asymmetrien der Form:

$$A_f(t) = \frac{R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) - R(\kappa^0 \rightarrow f)}{R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) + R(\kappa^0 \rightarrow f)} \quad (1.1)$$

und

$$I_f = \frac{\int_0^{t_0} R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) dt - \int_0^{t_0} R(\kappa^0 \rightarrow f) dt}{\int_0^{t_0} R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) dt + \int_0^{t_0} R(\kappa^0 \rightarrow f) dt} \quad (1.2)$$

hat den Vorteil, dass systematische Fehler auf ein Minimum reduziert werden. $R(\kappa^0 \rightarrow f)$ und $R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f)$ sind die zeitabhängigen Zerfallsraten von κ^0 und $\bar{\kappa}^0$ in den Endzustand f . Die zu beobachtenden Endzustände sind $\pi^+\pi^-$, $\pi^0\pi^0$, $\pi^+\pi^-\pi^0$, $\pi^0\pi^0\pi^0$, $\pi l \nu$, l steht für Lepton (e oder μ). t und t_0 sind die Zerfallszeiten im Ruhesystem der κ^0 ($\bar{\kappa}^0$). Zur Bestimmung der Ladung und des Impulses der Teilchen dienen Drahtkammern, die zusammen mit den anderen Detektoren in einem Magneten untergebracht sind. Die Teilchensorten werden mit Szintillatoren und Cerenkov Detektoren

bestimmt. Ein Kalorimeter mit hoher örtlicher Auflösung dient der kinematischen Rekonstruktion der Zerfälle, bei denen Photonen beteiligt sind, sowie der Unterscheidung von hochenergetischen Elektronen und Pionen. Eine schnelle z-Komponente der verschiedenen Spuren wird von den Streamertubes gemessen.

In Kapitel 2 werden Theorie und Phänomenologie des K^0 -Systems kurz zusammengefasst.

Das Kapitel 3 beschreibt die Anforderungen an den Detektor und seinen Aufbau.

Das Kapitel 4 enthält die Resultate erster Auswertungen der semileptonischen Zerfälle, sowie der dazu nötigen Monte-Carlo Simulationen, Kalibrationen und Bestimmung der systematischen Fehler.

Das Kapitel 5 besteht aus dem Handbuch der Slow-Control.

Literaturverzeichnis zu Kapitel 1

- [1] CPLEAR oder PS195 ist eine internationale Kollaboration mit Mitgliedern aus folgenden Instituten:
- (1) Univ. Athens, Greece
 - (2) Univ. Basle, Switzerland
 - (3) Univ. Boston, USA
 - (4) CERN, Geneva, Switzerland
 - (5) Univ. Coimbra, Portugal
 - (6) Delft Univ. Techn., Netherlands
 - (7) NRCPS-Democritos, Greece
 - (8) ETH, Switzerland
 - (9) Univ. Fribourg, Switzerland
 - (10) Univ. Ioannina, Greece
 - (11) Univ. Liverpool, G.B.
 - (12) Univ. Ljubljana, Yugoslavia
 - (13) CPPM, Marseille, France
 - (14) CSNSM, Orsay, France
 - (15) PSI, Switzerland
 - (16) DPHE, Saclay, France
 - (17) MSI, Stockholm, Sweden
 - (18) Univ. Thessaloniki Greece
- [2] Adiels L. et al.
Proposal für das Experiment PS195 am CERN
CERN/PSCC/85-6 P82 (1985)
- [3] Adiels L. et al.
Status Report des Experiments PS195 am CERN
CERN/PSCC/86-34 M263 (1986)
- [4] Christenson J. W. et al.
Evidence for the 2π Decay of the K_2^0 Meson
Phys. Rev. Lett. 13 (1964) S.138
- [5] Burckhardt H. et al.
First Evidence for Direct CP-Violation
Phys. Lett. B 206 (1988) S.169
- [6] Woods M. et al.
First Result on a New Measurement of ε'/ε in the Neutral-Kaon System
Phys. Rev. Lett. 60 (1988) 17 S.1695

Kapitel 2

Das CPLEAR Experiment

2.1 Einführung

Das Kapitel 2 gibt eine allgemeine Einführung in die Theorie, Phänomenologie, Messmethoden und Messparameter der CP-Verletzung im K^0 -System.

2.2 Die Geschichte der CP-Verletzung

In einer Veröffentlichung von Lee und Yang [1] 1956 wurde darauf hingewiesen, dass die bisher als gut angenommenen Symmetrien C,P und T auf einer mangelhaften experimentellen Basis standen. Die darauf durchgeführten Experimente deckten eine Verletzung von P und C auf [2,3,4], die schliesslich zu der erfolgreichen Axialvektor Theorie der schwachen Wechselwirkung führten. Die Invarianz unter der kombinierten CP-Operation war immer noch mit den experimentellen Resultaten verträglich und wurde 1957 von Landau als gute Symmetrie vorgeschlagen [5]. Die ursprüngliche Erklärung der Unterschiede zwischen K_S^0 und K_L^0 [6], welche auf der C-Invarianz aufbaute, war auch unter der schwächeren CP-Invarianz noch gültig. Im Jahre 1964 wurde jedoch der Zerfall des K_L^0 in 2π beobachtet, welcher sich nicht ohne CP-Verletzung erklären lässt [7]. Durch die Beobachtung von K_S^0 - K_L^0 -Interferenzen wurde 12 Jahre später die CP-Verletzung bestätigt [8]. Kobayashi und Maskawa zeigten 1973, dass die CP-Verletzung im Standardmodell eingeführt werden kann, falls man 3 oder mehr Quarkfamilien postuliert werden [9]. Dies war der erste Hinweis auf die Existenz weiterer bisher unbeobachteter Quarks.

2.3 Das K^0 -System

Die verschiedenen Zerfallsraten von K_S und K_L können auf folgende Weise erklärt werden. Es existieren zwei starke Eigenzustände K^0 und $\bar{K}^0$, die sich nur durch ihre Strangeness Quantenzahl unterscheiden. Da die schwache Wechselwirkung aber nicht Strangeness erhaltend ist, sollte sie die beiden Zustände mischen. Unter Annahme der CP-Invarianz, müssen die CP-Eigenzustände auch Eigenzustände des totalen Hamilton Operators darstellen und somit Teilchen mit verschiedenen Massen und Zerfallseigenschaften sein [10,11].

Definiert man eine CP-Phase durch:

$$CP |K^0\rangle = -|\bar{K}^0\rangle \quad (2.1)$$

so können die CP-Eigenzustände folgendermassen geschrieben werden:

$$\text{CP}=1: \quad |K_1\rangle = \frac{|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{2}} \quad (2.2a)$$

$$\text{CP}=-1: \quad |K_2\rangle = \frac{|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{2}} \quad (2.2b)$$

Die zeitliche Entwicklung eines beliebigen K^0 -Zustandes der Form

$$|\Psi(t)\rangle = a(t)|K^0\rangle + b(t)|\bar{K}^0\rangle \quad (2.3)$$

kann mit der Schrödinger Gleichung beschrieben werden:

$$i \frac{\partial}{\partial t} |\Psi(t)\rangle = H |\Psi(t)\rangle \quad (2.4)$$

wobei der Hamilton Operator in der Form

$$H = H_0 + H_{wk} \quad (2.5)$$

geschrieben werden kann. H_0 beschreibt die starke und elektromagnetische und H_{wk} die schwache Wechselwirkung. Zur Beschreibung des K^0 -Systems wird der Hamilton Operator als 2x2 Matrix dargestellt:

$$H = M - i\Gamma \quad (2.6)$$

M stellt die Massen- und Γ die Zerfallsmatrix dar. Werden $|K^0\rangle$ und $|\bar{K}^0\rangle$ als Eigenzustände gewählt, nimmt H folgende Form an:

$$H = \begin{pmatrix} (m_K - i\Gamma_K)(1 - \delta \frac{\Delta m - i\Delta\Gamma}{m_K - i\Gamma_K}) & \frac{1}{2}(\Delta m - i\Delta\Gamma)(1 + 2\varepsilon) \\ \frac{1}{2}(\Delta m - i\Delta\Gamma)(1 - 2\varepsilon) & (m_K - i\Gamma_K)(1 + \delta \frac{\Delta m - i\Delta\Gamma}{m_K - i\Gamma_K}) \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

mit

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_l - m_s \\ \Delta\Gamma &= \Gamma_s - \Gamma_l \end{aligned}$$

wobei m_l , m_s und Γ_l , Γ_s die Massen und die Zerfallsbreiten der Eigenzustände $|K_l\rangle$ und $|K_s\rangle$ des Hamilton Operators sind. Es wurde experimentell gezeigt, dass CPT sehr präzise erfüllt ist, womit der Parameter δ , welcher eine mögliche CPT-Verletzung in den $\Delta S=2$ Übergängen beschreibt, vernachlässigt werden kann. In diesem Falle ist ε der Parameter der CP-Verletzung in den $\Delta S=2$ Übergängen [12].

Die Eigenzustände des Hamilton Operators lassen sich nun folgendermassen schreiben:

$$|K_l\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ (1+\varepsilon)|K^0\rangle + (1-\varepsilon)|\bar{K}^0\rangle \} \quad (2.8a)$$

$$|K_s\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ (1+\varepsilon)|K^0\rangle - (1-\varepsilon)|\bar{K}^0\rangle \} \quad (2.8b)$$

2.4 Die Parametrisierung der CP-Verletzung für den Zerfall in 2π

Da die Endzustände von der starken Wechselwirkung dominiert werden, ist es zweckmässig, die Zerfallsamplituden nach dem Isospin I des Endzustandes zu zerlegen:

$$\langle I | H_{wk} | K^0 \rangle = (A_I + B_I) e^{i\Delta I} \quad (2.9a)$$

$$\langle I | H_{wk} | \bar{K}^0 \rangle = -(A_I^* - B_I^*) e^{i\Delta I} \quad (2.9b)$$

ΔI ist die Phasenverschiebung der beiden Isospinendzustände. Die Vorzeichen der Amplituden A_I und B_I sind durch folgende Phasenkonvention gegeben:

$$CPT |K^0\rangle = - |\bar{K}^0\rangle \quad (2.10)$$

Drückt man die CP-Eigenzustände in den obigen Amplituden aus erhält man:

$$\langle I | H_{wk} | K_1 \rangle = \sqrt{2} (\text{Re}(A_I) + i\text{Im}(B_I)) e^{i\Delta I} \quad (2.11a)$$

$$\langle I | H_{wk} | K_2 \rangle = \sqrt{2} (i\text{Im}(A_I) + \text{Re}(B_I)) e^{i\Delta I} \quad (2.11b)$$

Die Amplituden A_I und B_I hängen nun folgendermassen mit der Verletzung der verschiedenen Symmetrien zusammen:

Symmetrie verletzt?			
	CPT	CP	T
Re(A _I)	nein	nein	nein
Im(A _I)	nein	ja	ja
Re(B _I)	ja	ja	nein
Im(B _I)	ja	nein	ja

Tabelle 2.1: Die Bedeutung der Zerfallsamplituden A_I und B_I. Eine Symmetrie ist verletzt, falls die entsprechende Amplitude von Null verschieden ist und somit in der Tabelle ja steht.

Anhand dieser Amplituden können nun neue Parameter definiert werden.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\langle 2 | \text{Hwk} | K_S \rangle}{\langle 0 | \text{Hwk} | K_S \rangle} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\text{Re}(A_2) + i \text{Im}(B_2)}{\text{Re}(A_0) + i \text{Im}(B_0)} e^{i(\Delta 2 - \Delta 0)} \quad (2.12a)$$

$$a = \frac{\langle 0 | \text{Hwk} | K_2 \rangle}{\langle 0 | \text{Hwk} | K_1 \rangle} = \frac{\text{Re}(B_0) + i \text{Im}(A_0)}{\text{Re}(A_0) + i \text{Im}(B_0)} \quad (2.12b)$$

$$\varepsilon' = \frac{\langle 2 | \text{Hwk} | K_2 \rangle}{\langle 0 | \text{Hwk} | K_1 \rangle} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\text{Re}(B_2) + i \text{Im}(A_2)}{\text{Re}(A_0) + i \text{Im}(B_0)} e^{i(\Delta 2 - \Delta 0)} \quad (2.12c)$$

Mit der Wu-Yang-Phasenkonvention $\text{Im}(A_0) = 0$ wird a zu einem Parameter, der eine reine CPT-Verletzung beschreibt. Er wird im Folgenden vernachlässigt. ω beschreibt das Verhältnis zwischen $\Delta I = \frac{3}{2}$ und $\Delta I = \frac{1}{2}$ Übergängen und beschreibt somit eine Verletzung der $\Delta I = \frac{1}{2}$ - Regel, die in ca. 5% der Fälle nachgewiesen wurde. Der dritte Parameter ε' beschreibt die CP-Verletzung in den $\Delta S = 1$ Übergängen.

Um nun zu den in Kapitel 1 erwähnten Ratenverhältnissen zu kommen, definiert man folgende Amplitudenverhältnisse:

$$\eta_{+-} = \frac{\langle \pi^+ \pi^- | \text{Hwk} | K_1 \rangle}{\langle \pi^+ \pi^- | \text{Hwk} | K_S \rangle} = \varepsilon + \frac{\varepsilon'}{1 + \omega} \quad (2.13a)$$

$$\eta_{00} = \frac{\langle \pi^0 \pi^0 | \text{Hwk} | K_1 \rangle}{\langle \pi^0 \pi^0 | \text{Hwk} | K_S \rangle} = \varepsilon - \frac{2\varepsilon'}{1 - 2\omega} \quad (2.13b)$$

Vernachlässigt man ω gegen 1, so kann man den Zusammenhang der Amplitudenverhältnisse mit den CP-Verletzungs Parametern folgendermassen darstellen:

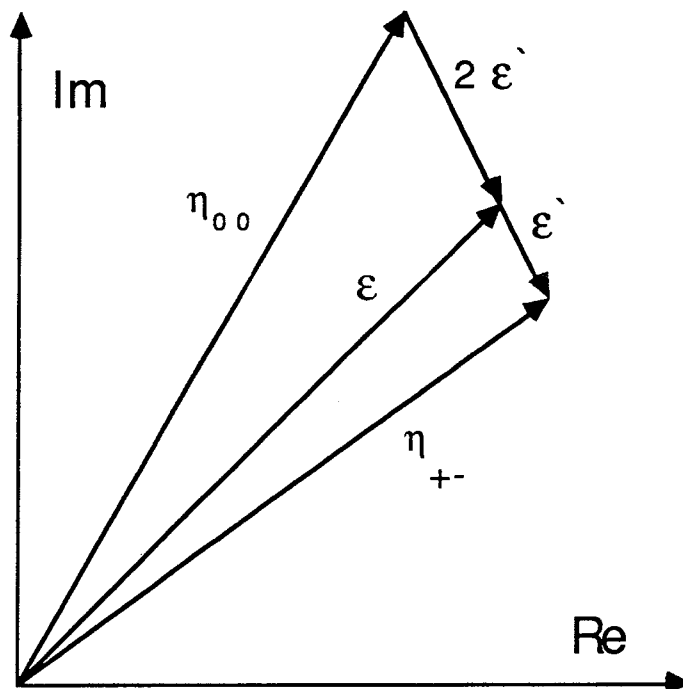


Abbildung 2.1: Das Wu-Yang Dreieck. (Nicht maßstabgetreu.)

2.4.1 Die Zeitabhängige Asymmetrie

Die folgende Formel zeigt den Zusammenhang zwischen den gemessenen Ratenverhältnissen und den CP-Verletzungsparametern in den 2π -Zerfällen.

$$\begin{aligned}
 A_f(t) &= \frac{R(\bar{K}^0 \rightarrow f) - R(K^0 \rightarrow f)}{R(\bar{K}^0 \rightarrow f) + R(K^0 \rightarrow f)} = \\
 &= \frac{2\text{Re}(\epsilon) - 2|\eta_f| e^{(\Gamma_S - \Gamma_L)t} \cos(\Delta m t - \varphi_f)}{1 + |\eta_f|^2 e^{(\Gamma_S - \Gamma_L)t}} \quad (2.14)
 \end{aligned}$$

Die Asymmetrie $A_f(t)$ erlaubt es, die Grössen $\text{Re}(\epsilon)$, $|\eta_f|$ und dessen Phase φ_f zu bestimmen. f bedeutet hier einen der Endzustände $\pi^+\pi^-$ oder $\pi^0\pi^0$. Anhand von η_{+-} und η_{00} lässt sich schliesslich bestimmen, ob ϵ' von Null verschieden ist und somit $\Delta S=1$ Übergänge existieren oder nicht:

$$3 \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right| = \left(1 - \frac{|\eta_{00}|}{|\eta_{+-}|} \right) \quad (2.15)$$

2.4.2 Die Integrale Asymmetrie

Die Ortsauflösung des Zerfallsortes des κ^0 in $2\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ ($3\pi^0 \rightarrow 6\gamma$) ist ungenügend, um die zeitabhängige Asymmetrie genügend genau zu messen. Die integrale Asymmetrie erlaubt aber eine kombinierte Bestimmung von $\text{Re}(\varepsilon)$ und $\text{Re}(\eta_f)$:

$$\begin{aligned} I_f &= \frac{\int_0^{t_0} R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) dt - \int_0^{t_0} R(\kappa^0 \rightarrow f) dt}{\int_0^{t_0} R(\bar{\kappa}^0 \rightarrow f) dt + \int_0^{t_0} R(\kappa^0 \rightarrow f) dt} = \\ &= 2\text{Re}(\varepsilon) - 4\text{Re}(\eta_f) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Für die Integrationsgrenzen $t_0 \geq 5\tau_s$ wird die integrale Asymmetrie unabhängig von t_0 . ε'/ε wird aus I_{+-} und I_{00} folgendermassen bestimmt:

$$6 \left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right) = \left(1 - \frac{I_{+-}}{I_{00}} \right) \quad (2.17)$$

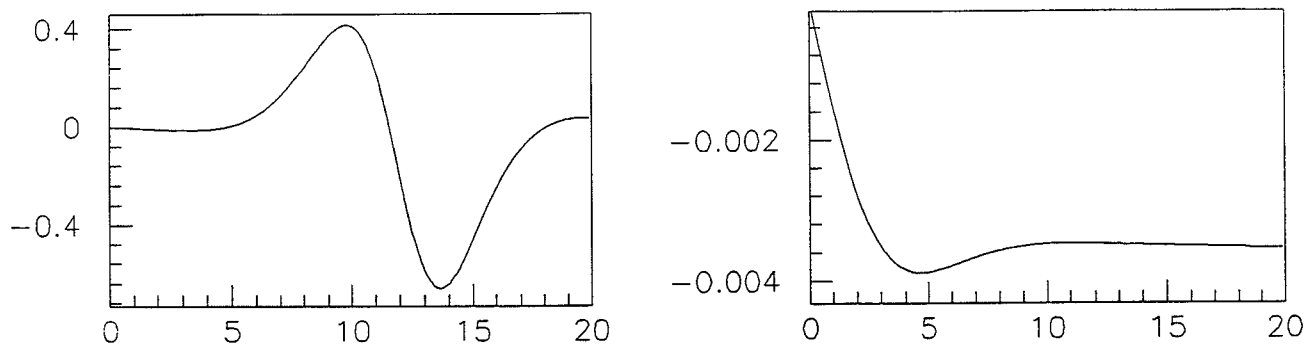


Abbildung 2.2: Die Asymmetrien $A_{2\pi}$ (links, 2.14) und $I_{2\pi}$ (rechts, 2.16) als Funktion von t/τ_s .

2.5 Die Zerfälle in drei Pionen

Das hauptsächlich aus der CP-ungeraden $|K_2\rangle$ Komponente bestehende K_L zerfällt demnach zum grössten Teil in drei Pionen oder semileptonisch. Die Asymmetrien A_f und I_f werden analog zu denjenigen in den zweipionischen Zerfällen definiert. Der Parameter η_f ist hier definiert als:

$$\eta_{+-0} = \frac{\langle \pi^+ \pi^- \pi^0 | \text{Hwk} | K_S \rangle}{\langle \pi^+ \pi^- \pi^0 | \text{Hwk} | K_L \rangle} \quad (2.18a)$$

$$\eta_{000} = \frac{\langle \pi^0 \pi^0 \pi^0 | \text{Hwk} | K_S \rangle}{\langle \pi^0 \pi^0 \pi^0 | \text{Hwk} | K_L \rangle} \quad (2.18b)$$

Für die beiden Asymmetrien ergibt sich:

$$A_f(t) = 2[\text{Re}(\varepsilon) - |\eta_f| e^{-(\Gamma - \Gamma_L)t} \cos(\Delta m t + \varphi_f)] \quad (2.19)$$

$$I_f(t_0) = 2[\text{Re}(\varepsilon) - \frac{2\tau_S}{t_0} \text{Re}(\eta_f) e^{-\Gamma t_0} \sin(\Delta m t_0)] \quad (2.20)$$

Die integrale Asymmetrie ist unter der Annahme $\varphi_f \approx \pi/2$ hergeleitet und ist für Integrationsgrenzen $t_0 \gg \tau_S$ gültig. Die zeitabhängige Asymmetrie ist auf $|\eta_f|$ und die integrale Asymmetrie auf $\text{Re}(\varepsilon)$ empfindlich.

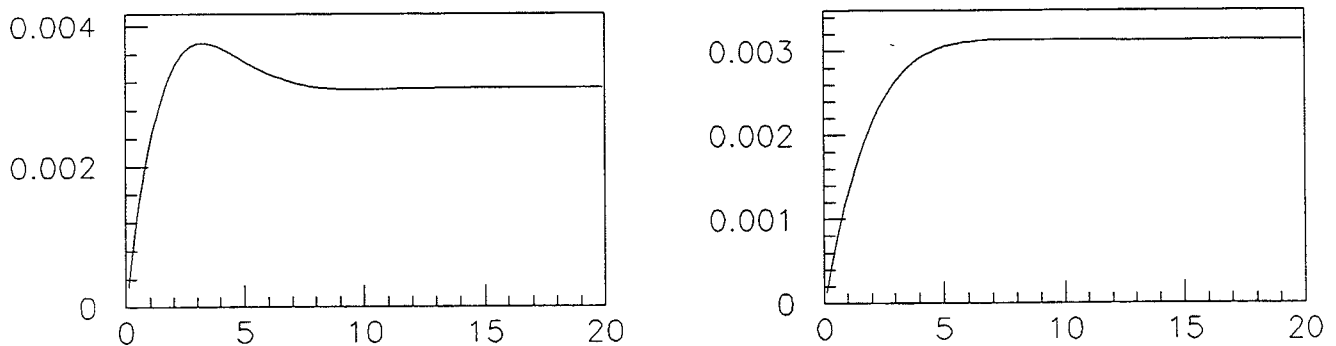


Abbildung 2.3: Die zeitabhängige (links, 2.19) und die integrale (rechts, 2.20) Asymmetrie in den dreipionischen Zerfällen als Funktion von t/τ_S .

2.6 Die semileptonischen Zerfälle

Ein besonderer Zerfallskanal für das K_l ist

$$K_l \rightarrow \pi^{+(-)} l^{-(+)} \nu_l$$

wobei l ein Elektron oder Müon und ν_l das dazugehörige Neutrino oder Antineutrino ist. Diese Zerfallskanäle erlauben andere Messungen als die pionischen. Nebst der T-Verletzung kann auch die $\Delta S = \Delta Q$ Regel getestet werden, die im Standardmodell erhalten ist. Zur Parametrisierung der $\Delta S = \Delta Q$ Regel werden folgende Zerfallsamplituden betrachtet:

$$f_s = \langle \pi^- l^+ {}_s \nu_l | H_{wk} | K^0 \rangle \quad (2.21a)$$

$$g_{-s} = \langle \pi^+ l^- {}_{-s} \bar{\nu} | H_{wk} | K^0 \rangle \quad (2.21b)$$

Mit Hilfe der CPT-Invarianz und folgender Phasenkonvention

$$\text{CPT} |\pi^- l^+ {}_s \nu_l \rangle = - |\pi^+ l^- {}_{-s} \bar{\nu} \rangle \quad (2.22)$$

können die entsprechenden Ausdrücke für $|\bar{K}^0 \rangle$ hergeleitet werden:

$$f_{-s}^* = \langle \pi^+ l^- {}_{-s} \bar{\nu} | H_{wk} | \bar{K}^0 \rangle \quad (2.23a)$$

$$g_s^* = \langle \pi^- l^+ {}_s \nu_l | H_{wk} | \bar{K}^0 \rangle \quad (2.23b)$$

s beschreibt den Spin der Leptonen. Die Amplitude f folgt der $\Delta S = \Delta Q$ Regel, während g sie verletzt. Der Verletzungsparameter der $\Delta S = \Delta Q$ Regel wird nun folgendermassen definiert:

$$x = \frac{g_s^*}{f_s} \quad (2.24)$$

Während der Imaginärteil von x auch durch die T-Verletzung einen von Null verschiedenen Wert annehmen kann, beschreibt der Realteil eine reine Verletzung der $\Delta S = \Delta Q$ Regel.

Definiert man folgende Zerfallsraten (mit f dem Formfaktor

$|f|^2 = \frac{1}{2\tau_1} B(K_l \rightarrow \pi l \nu_l)$ und B dem Verzweigungsverhältnis über Ladung und Spin summiert):

$$\begin{aligned}
 R_-(t) &= |\langle \pi^- l^- \bar{\nu}_l | H_{wk} | K^0 \rangle|^2 = \\
 &\frac{|f|^2}{4} \left[(1 - 4\text{Re}(\epsilon) + 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma t} - 2(1 - 4\text{Re}(\epsilon)) e^{-\Gamma t} \cos(\Delta m t) \right. \\
 &\quad \left. + 4\text{Im}(x) e^{-\Gamma t} \sin(\Delta m t) + (1 - 4\text{Re}(\epsilon) - 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma_s t} \right]
 \end{aligned} \tag{2.25a}$$

$$\begin{aligned}
 R_+(t) &= |\langle \pi^- l^+ \nu_l | H_{wk} | K^0 \rangle|^2 = \\
 &\frac{|f|^2}{4} \left[(1 + 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma t} + 2 e^{-\Gamma t} \cos(\Delta m t) \right. \\
 &\quad \left. + 4\text{Im}(x) e^{-\Gamma t} \sin(\Delta m t) + (1 - 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma_s t} \right]
 \end{aligned} \tag{2.25b}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{R}_-(t) &= |\langle \pi^+ l^- \bar{\nu}_l | H_{wk} | \bar{K}^0 \rangle|^2 = \\
 &\frac{|f|^2}{4} \left[(1 + 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma t} + 2 e^{-\Gamma t} \cos(\Delta m t) \right. \\
 &\quad \left. - 4\text{Im}(x) e^{-\Gamma t} \sin(\Delta m t) + (1 - 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma_s t} \right]
 \end{aligned} \tag{2.25c}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{R}_+(t) &= |\langle \pi^+ l^+ \nu_l | H_{wk} | \bar{K}^0 \rangle|^2 = \\
 &\frac{|f|^2}{4} \left[(1 + 4\text{Re}(\epsilon) + 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma t} - 2(1 + 4\text{Re}(\epsilon)) e^{-\Gamma t} \cos(\Delta m t) \right. \\
 &\quad \left. - 4\text{Im}(x) e^{-\Gamma t} \sin(\Delta m t) + (1 + 4\text{Re}(\epsilon) - 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma_s t} \right]
 \end{aligned} \tag{2.25d}$$

kann der Zusammenhang zwischen den Parametern x , $\text{Re}(\epsilon)$ und Δm und den Zerfallsraten durch folgende Asymmetrien gegeben werden:

$$\begin{aligned}
 A_{\Delta m(t)} &= \frac{\{R_+(t) - R_-(t)\} + \{\bar{R}_+(t) - \bar{R}_-(t)\}}{\{R_+(t) + R_-(t)\} + \{\bar{R}_+(t) + \bar{R}_-(t)\}} = \\
 &\frac{2e^{-\Gamma t} \cos(\Delta m t)}{(1 + 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma t} + (1 - 2\text{Re}(x)) e^{-\Gamma_s t}}
 \end{aligned} \tag{2.26a}$$

$$A_{\Delta m'}(t) = \frac{R_+(t) - R_-(t)}{R_+(t) + R_-(t)} = 2 \cdot$$

$$\frac{\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t} + (1-2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) + \text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma s t}}{(1+2\text{Re}(x)-2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma t} + 4\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) + 4\text{Im}(x)e^{-\Gamma t}\sin(\Delta m t) + (1-2\text{Re}(x)-2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma s t}}$$

(2.26b)

$$A_{\Delta m''}(t) = \frac{\bar{R}_+(t) - \bar{R}_-(t)}{\bar{R}_+(t) + \bar{R}_-(t)} = 2 \cdot$$

$$\frac{\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t} - (1+2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) + \text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma s t}}{(1+2\text{Re}(x)+2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma t} - 4\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) - 4\text{Im}(x)e^{-\Gamma t}\sin(\Delta m t) + (1-2\text{Re}(x)+2\text{Re}(\varepsilon))e^{-\Gamma s t}}$$

(2.26c)

$$A_I(t) = \frac{\{\bar{R}_+(t) + \bar{R}_-(t)\} - \{R_+(t) + R_-(t)\}}{\{\bar{R}_+(t) + \bar{R}_-(t)\} + \{R_+(t) + R_-(t)\}} =$$

$$8 \cdot \frac{\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t} - 2(\text{Re}(\varepsilon)\cos(\Delta m t) + \text{Im}(x)\sin(\Delta m t))e^{-\Gamma t} + \text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma s t}}{(1+2\text{Re}(x))e^{-\Gamma t} + (1-2\text{Re}(x))e^{-\Gamma s t}}$$

(2.26d)

$$A_T(t) = \frac{\bar{R}_+(t) - R_-(t)}{\bar{R}_+(t) + R_-(t)} =$$

$$4 \cdot \frac{\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t} - 2\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) - \text{Im}(x)e^{-\Gamma t}\sin(\Delta m t) + \text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma s t}}{(1 + \text{Re}(x))e^{-\Gamma t} - 2e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) + (1 - \text{Re}(x))e^{-\Gamma s t}}$$

(2.26e)

$$A_X(t) = \frac{\bar{R}_-(t) - R_+(t)}{\bar{R}_-(t) + R_+(t)} =$$

$$\frac{-4\text{Im}(x)e^{-\Gamma t}\sin(\Delta m t)}{(1+2\text{Re}(x))e^{-\Gamma t} + 2e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t) + (1-2\text{Re}(x))e^{-\Gamma s t}}$$

(2.26f)

Die Zerfallsraten sind in den obigen Ausdrücken über den Spin s des Leptons summiert. Die drei Δm -Asymmetrien sind auf Δm empfindlich. $A_{\Delta m'}$ und $A_{\Delta m''}$ haben im Gegensatz zu $A_{\Delta m}$ den Vorteil von der Akzeptanzkorrektur $\alpha = N(\bar{\kappa}^0)/N(\kappa^0)$ unabhängig zu sein. Unter Annahme der Gültigkeit der $\Delta S = \Delta Q$ Regel ($\text{Re}(x)=0$), ist A_T ein CPT unabhängiger Test der T-Verletzung, deren Stärke in den semileptonischen Zerfällen durch $\text{Re}(\varepsilon)$ beschrieben wird [13]. Durch A_X ist $\text{Im}(x)$ bestimmbar.

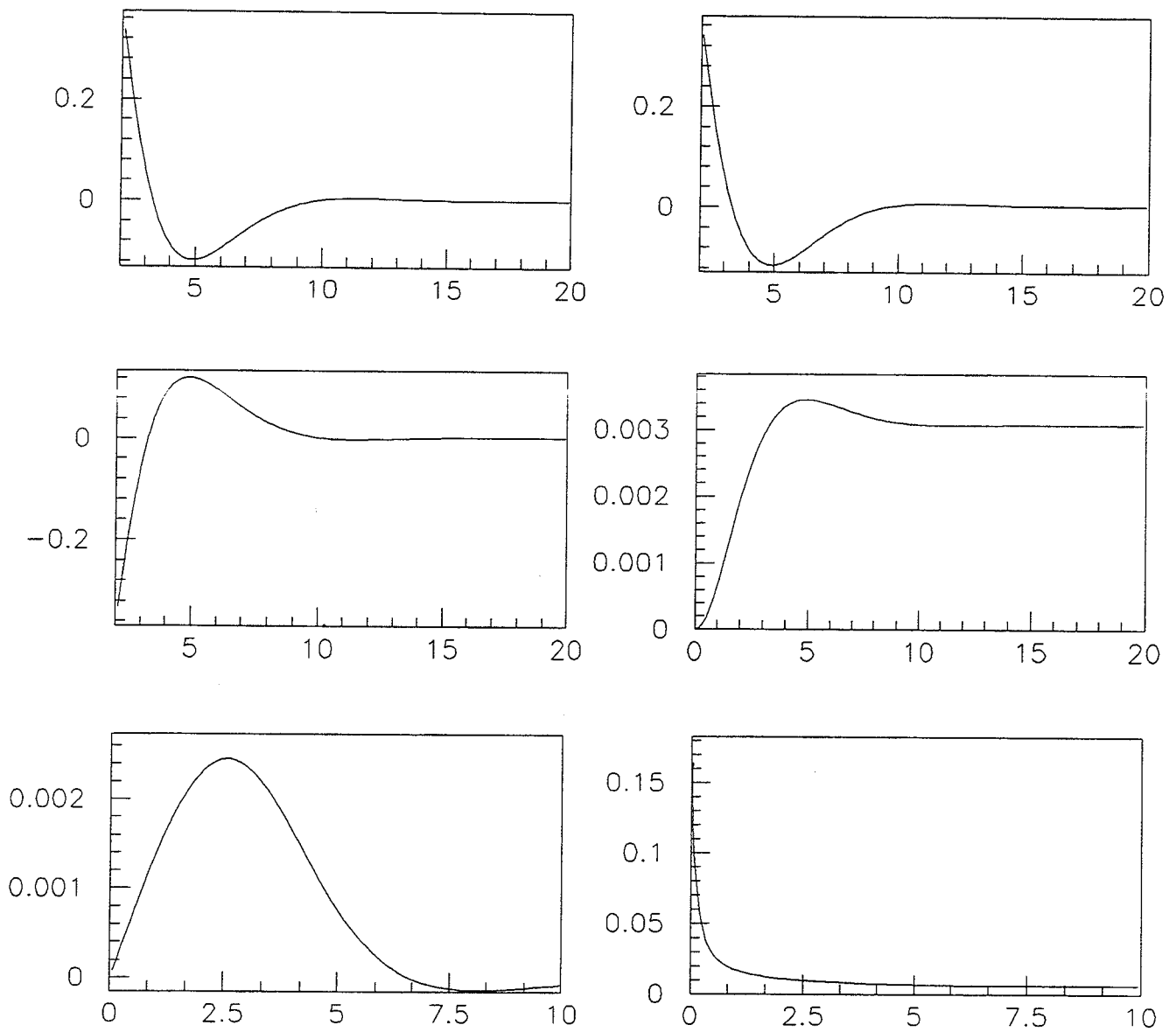


Abbildung 2.4 Die Asymmetrien $A_{\Delta m}(t)$ (oben links), $A_{\Delta m}'(t)$ (oben rechts), $A_{\Delta m}''(t)$ (Mitte links), $A_I(t)$ (Mitte rechts), $A_T(t)$ (unten links) und $A_x(t)$ (unten rechts), als Funktion von t/τ_s .

2.7 Experimenteller Stand der CP-Verletzung, der Beitrag von CPLEAR

Die folgende Tabelle zeigt die gemessenen Werte für die CP-Verletzungsparameter, sowie der erwarteten Präzision von CPLEAR. Die Werte der CP-Verletzungsparameter und die erwarteten Präzisionen stammen aus [14,15].

CP-Verletzungsparameter		
Parameter	Wert	Präzision von CPLEAR
$\Phi_{+-} - \Phi_{00}$	$0.0^\circ \pm 2.3^\circ$	$\leq 1^\circ$
$ \epsilon'/\epsilon $	$(2.2 \pm 1.1) \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$
η_{+-0}	< 0.12	$6.0 \cdot 10^{-4}$
$\text{Re}(x)$	0.006 ± 0.018	$6.0 \cdot 10^{-4}$
$\text{Im}(x)$	-0.003 ± 0.026	$7.0 \cdot 10^{-4}$
$\sigma(\text{AT})/\text{AT}$		$6.0 \cdot 10^{-2}$
$\sigma(\Delta m)/\Delta m$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$

Tabelle 2.2: Übersicht über die CP-Verletzungsparameter.

Literaturverzeichnis zum Kapitel 2

- [1] T.D. Lee and C.N. Yang, Phys.Rev. 104:254,(1956)
- [2] C.S. Wu et al., Phys. Rev. 105:1413, (1957)
- [3] R.L. Garwin et al., Phys. Rev. 105:1415, (1957)
- [4] J.I. Friedman et al., Phys. Rev. 105:1681, (1957)
- [5] L.D. Landau, Nucl. Phys. 3:127, (1957)
- [6] M. Gell-Mann and A. Pais, Phys. Rev. 97:1387, (1955)
- [7] J. Christenson et al., Phys. Rev. Lett. 13:138 (1964)
- [8] K. Kleinknecht, Ann. Rev. Nucl. Sci. 26:1-50, (1976)
- [9] M. Kobayashi and T. Maskawa, Prog. Theor. Phys. 49:652, (1973)
- [10] M. Bardon et al., Ann. Phys. NY 5:156, (1958)
- [11] D. Neagu et al., Phys. Rev. Lett 6:552, (1961)
- [12] T.D. Lee, Particle Physics and Introduction to Field Theory,
Harwood Academic Publishers, New York (1981)
- [13] Kabir P.K. What is not invariant under Time Reversal?
Phys. Rev. D2 (1970) 3 S.540
- [14] L.Adiels et al. Proposal, Tests of CP Violation with κ^0 and $\bar{\kappa}^0$ at
LEAR, CERN/PSCC/85-6, PSCC/P 82
- [15] Phys. Rev. D, Vol 45, 1 June 92

Kapitel 3

Der Detektor

3.1 LEAR als Quelle neutraler Kaonen

Frühere Experimente benutzten K_L - und regenerierte K_S -Strahlen, um die CP-Verletzungsparameter zu bestimmen. Die hohe Antiprotonenrate des LEAR-Beschleunigers am CERN erlaubt es erstmalig, die Asymmetrien zwischen K^0 und $\bar{K}^0$ zu messen. Wie aus Tabelle 3.1 ersichtlich ist, können die K^0 und $\bar{K}^0$, wegen der Strangeness-Erhaltung in der starken Wechselwirkung, anhand der begleitenden Teilchen bestimmt werden. CPLEAR produziert die neutralen Kaonen, indem die Antiprotonen in einem gasförmigen Wasserstoff-Target gestoppt werden. Die Antiprotonen mit 200 MeV/c Impuls werden im Wasserstoff abgebremst und bilden mit den Protonen des Wasserstoffs Protonium-Atome. Nach einer Kaskade mit Röntgenphotonen oder interatomaren Effekten annihiliert das Protonium auf einem niedrigen Energieniveau [1]. Die für den Zerfall zur Verfügung stehende Energie entspricht somit genau zwei Protonen Massen.

Die "goldenen" Annihilationskanäle	
Annihilationskanal	Verzweigungsverhältnis %
$p\bar{p} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)}K^0(\bar{K}^0)$	0.171 ± 0.023
$p\bar{p} \rightarrow K^0K^{0*} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)}K^0(\bar{K}^0)$	0.158 ± 0.012
$p\bar{p} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)}K^0(\bar{K}^0)$	0.066 ± 0.006
$p\bar{p} \rightarrow \pi^{+(-)}A_2^{-(+)} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)}K^0(\bar{K}^0)$	0.064 ± 0.007
$p\bar{p} \rightarrow \pi^{+(-)}A_0^{-(+)} \rightarrow \pi^{+(-)}K^{-(+)}K^0(\bar{K}^0)$	0.025 ± 0.006

Tabelle 3.1 Die Verzweigungsverhältnisse der "goldenen" Kanäle [2].

3.2 Der Strahl

Um die zur Messung von ε'/ε nötigen 10^{10} neutralen Kaonen zu produzieren, werden schätzungsweise 10^{13} Antiprotonen benötigt. CPLEAR erfordert deshalb einen starken Antiprotonenstrahl. Der Impuls der Antiprotonen sollte möglichst niedrig sein, damit sie in einem gasförmigen Target gestoppt werden können. Ein Flüssigwasserstoff-Target kann wegen der Regeneration nicht verwendet werden. Der Strahldurchmesser sollte einige Millimeter nicht überschreiten, damit der Zerfallsort mit guter Auflösung bestimmt ist. Der von LEAR erzeugte Strahl hat folgende Eigenschaften:

- Die Antiprotonen können mit einem beliebigen Impuls zwischen 200 und 2000 MeV/c geliefert werden. Für CPLEAR wurde ein Wert von 200 MeV/c gewählt.
- Es ist ein "kalter" Strahl. Die Impulsverteilung $\Delta p/p$ ist von der Größenordnung 10^{-3} .
- LEAR kann während einer Stunde eine Intensität von bis zu $2 \cdot 10^6$ Antiprotonen pro Sekunde aufrecht erhalten.
- Der Strahl hat einen Durchmesser von weniger als 2 mm.

3.3 Anforderungen an den Detektor

Der Detektor muss in der Lage sein, die Strangeness der neutralen Kaonen zu erkennen, d.h. er muss die geladenen Pionen von den geladenen Kaonen unterscheiden können. Ausserdem muss er in der Lage sein, die hohe Rate von Antiprotonen zu verarbeiten und mit einer guten Akzeptanz für die "Goldenen" die Rate der auf Band geschriebenen Ereignisse minimal zu halten. Zur Bestimmung der Flugzeit der K^0 ist eine gute Impuls- und Ortsauflösung nötig. Der Impuls der K^0 wird indirekt durch die Impulse der geladenen Primärteilchen bestimmt. Bei den K^0 Zerfällen in geladene Teilchen wird der Zerfallsort direkt anhand der Spuren ermittelt. Zur Rekonstruktion des Zerfallsortes der neutralen Pionen, welche in je zwei Gammas zerfallen, ist ein Kalorimeter mit guter Ortsauflösung nötig. Um systematische Fehler durch Regeneration zu vermeiden, müssen die inneren Detektoren aus möglichst wenig und leichtem Material gebaut sein. Diese Kriterien haben zur Wahl der im Folgenden beschriebenen Detektorkomponenten geführt.

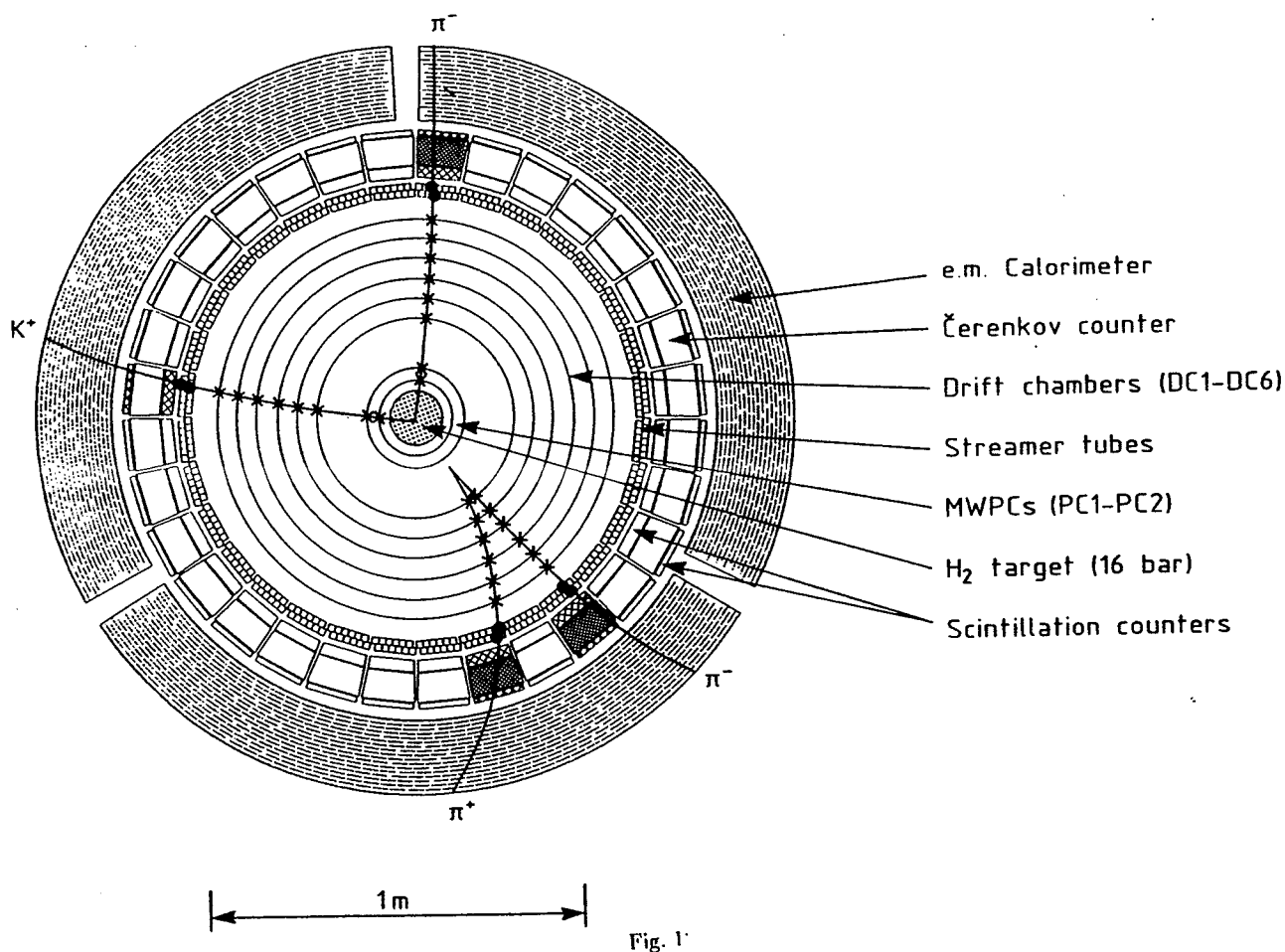


Abbildung 3.1: Querschnitt durch den CPLEAR Detektor mit einem typischen "goldenen" Ereignis.

3.4 Strahl-Monitor und Target

Da ein Flüssigwasserstoff-Target einen Kryostaten erfordert und somit eine grosse Regenerationsrate erzeugt, fiel die Wahl auf ein Hochdruck-Gas-Target [3]. Es besteht aus einer Kevlar Hohlkugel mit 14 cm Durchmesser und 0.7 mm Wandstärke. Das Eintrittsfenster besteht aus einer 125 μm dicken Mylar-Folie. Der Wasserstoffdruck im Target beträgt 15 bar. Vor dem Eintrittsfenster befindet sich der Strahlmonitor, bestehend aus folgenden Komponenten:

- Degrader: Drehbare Kapton-Folie dient der Optimierung der Position der Antiprotonen Stoppverteilung.
- Szintillator: Ein kreisförmiger Szintillator mit 7 mm Durchmesser und 1 mm Dicke dient als Strahlzähler. Ein schneller Photomultiplier, $\sigma_t = 30$ ps, erlaubt es, durch eine Signaldiskriminierung, gestreute Antiprotonen zu erkennen.

- c) Proportionalkammer: Die Lage und der Querschnitt des Strahls werden mit zwei senkrecht zueinander stehenden Vieldraht-Proportionalkammern bestimmt.

Die Stoppverteilung für Antiprotonen mit einem Impuls von 200 MeV/c beträgt senkrecht zum Strahl $\sigma_{r\phi} = 4$ mm und parallel zum Strahl $\sigma_z = 3$ cm, wobei die Verteilung in Strahlrichtung einen längeren Schwanz aufweist.

3.5 Die Proportionalkammern (MWPC1 & 2)

Um das Target befinden sich zwei Vieldraht-Proportionalkammern (Multiwire Proportional Chambers), MWPC1 und MWPC2. Sie haben folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Eine schnelle Bestimmung der Anzahl Primärspuren für den Trigger.
- Online Bestimmung der $r\phi$ -Koordinaten der Spuren.
- Offline Bestimmung der z-Koordinaten der Spuren.

Die gewählten Kammern haben eine Länge von 70 cm, mit den Radien 9.5 cm und 12.7 cm und sind 8 mm dick. Die Drähte haben einen Abstand von 1 mm. Die Kathodenstrips sind 1.72 mm breit und haben einen Abstand von 0.2 mm. Sie verlaufen in MWPC1 unter 16.1° bzw. -15.4° und in MWPC2 unter 16.6° bzw. -18.3° . MWPC1 und MWPC2 werden mit einem Gasgemisch von Argon, Methan und Freon im Verhältnis 69:30:1 unter einer Spannung von 2500 V betrieben. Sie erreichen eine Ansprechwahrscheinlichkeit für geladene Teilchen von 99% und eine Ortsauflösungen von $\sigma_{r\phi} = 350$ μ m und $\sigma_z = 2$ mm.

3.6 Die Driftkammern (DC1-DC6)

Das wichtigste Element zur Spurrekonstruktion besteht aus sechs Driftkammern DC1-DC6. Sie haben folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Online-Bestimmung der $r\phi$ -Koordinaten der Spuren mit einer guten Ortsauflösung.
- Offline-Bestimmung der $r\phi$ - und z-Koordinaten der Spuren.

DC1-DC6 liegen zwischen den Radien von 25 und 56 cm und haben eine aktive Länge von 116.8 cm. Drahtdoublets von 0.5 mm Abstand, erlauben es, zu bestimmen, ob eine Spur rechts oder links am Doublet vorbeiführt. Der Abstand zweier Doublets beträgt 1 cm. Zwischen zwei Doublets ist je ein Potentialdraht gespannt. Die Winkel zwischen den Kathodenstrips und Drahtdoublets variieren zwischen 11.0° und -12.0° für

DC1 und 25.7° und -25.7° für DC6. Die Kammern werden mit einem Gemisch von Argon und Aethan im Verhältnis 50:50 betrieben. Ein spezieller Aufbau der Kammern wurde gewählt, um wegen den Regenerationseffekten das Material zu minimalisieren. Die sechs Kammern sind als hohlzylindrische Ballone aufgebaut. Die Hüllen bestehen aus $50\text{ }\mu\text{m}$ dicker Mylar-Folie, worauf die Kathodenstrips aufgedampft sind. Die mechanische Spannung der Drähte in den sechs Kammern wird von einem gemeinsamen äusseren Zylinder aus laminierten Kohlefasern getragen. Bei einer Betriebsspannung von 2300 V wird bei einer Ansprechwahrscheinlichkeit für geladene Teilchen von 97% für die Drähte und 95% für die Strips eine Ortsauflösung von $\sigma_{r\phi} = 250\text{ }\mu\text{m}$ und $\sigma_z = 3\text{ mm}$ erreicht.

3.7 Die Streamertubes

Um die Driftkammern ist ein Ring, bestehend aus zwei Schichten von je 192 Streamertubes, zwischen 57 und 61 cm Radius, angeordnet [4]. Je zwei mal sechs Röhren sind übereinander versetzt zu einem Element angeordnet. Die Röhren sind 252 cm lang, haben $16,5\text{ mm}$ Innendurchmesser und bestehen aus $0,5\text{ mm}$ dickem Aluminium. Die Umwandlung eines Elementes besteht aus $0,3\text{ mm}$ dickem Aluminium.

Die Aufgabe der Streamertubes ist es, eine Online-z-Koordinate zu liefern. Dies wird erreicht, indem die Laufzeitdifferenz eines Signals zu den beiden Drahtenden mit schnellen TDC's gemessen wird. Die Trigger Elektronik errechnet die z-Komponente des Impulses anhand der z-Koordinate der Streamertubes und unter der Annahme, dass alle Spuren aus dem Zentrum des Targets stammen.

Die Streamertubes werden mit einem Gasgemisch aus Argon, Isobutan und Methylal betrieben. Sie liefern 500 ns nach dem Strobesignal die z-Koordinate mit einer Auflösung von $\sigma_z = 1,5\text{ cm}$.

3.8 Die PID's, (Particle Identification Detectors)

Ausserhalb der Streamertubes folgt ein Ring aus 32 Szintillator-Cerenkov-Szintillator Elementen [5]. Sie haben eine Länge von 310 cm und eine Dicke von $12,5\text{ cm}$ und liegen zwischen den Radien von 62 und 73 cm . Die PID's oder Detektoren zur Teilchen Identifikation haben folgende Aufgaben:

- Identifikation der geladenen Teilchen, insbesondere die Unterscheidung der Kaonen und Pionen zum "Tagging" der K^0 und $\bar{K}^0$, aber auch zur Selektion der semileptonischen Zerfallskanäle.
- Primär-Trigger für geladene Teilchen.
- Flugzeitmessung der geladenen Teilchen.

Jedes Element besteht, von innen nach aussen, aus einem Szintillator S1 von 3 cm Dicke und 11,5 cm Breite, einem Cerenkovdetektor von 8 cm Dicke und 13,3 cm Breite und einem zweiten Szintillator S2 von 1,5 cm Dicke und 13,4 cm Breite. Ein Teilchen mit grossem β erzeugt in allen drei Detektoren ein Signal. Eines mit kleinem β erzeugt kein Licht im Cerenkov. Der Brechungsindex des Cerenkovs ist so gewählt, dass ein Kaon mit durchschnittlichem Impuls kein Licht erzeugt. Dies erlaubt das Online-Tagging der kaonischen Zerfälle. Pionische Ereignisse werden in der ersten Triggerstufe zu 99,8% verworfen und die K^0 Ansprechwahrscheinlichkeit beträgt 75%. Im Kapitel 4 ist beschrieben, wie die semileptonischen Zerfälle offline selektiert werden. Mit den S1-Detektoren wird zusätzlich eine Zeitmessung zur Bestimmung der Flugzeitdifferenzen gemacht. Die Auflösung der Zeitmessung beträgt 300 ps.

3.9 Das Kalorimeter

Das Kalorimeter wurde zur Rekonstruktion der neutralen K^0 Zerfälle gebaut (z.B. $K^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \rightarrow 4\gamma$). Monte-Carlo Studien zeigten, dass die Genauigkeit der Rekonstruktion vor allem von der Ortsauflösung und weniger von der Energieauflösung abhängt. Die Wahl fiel deshalb auf ein elektromagnetisches "Lead-Sampling" Kalorimeter mit hoher Granularität [6,7]. Die Länge des elektromagnetischen Kalorimeters beträgt 264 cm, der innere Radius 77,0 cm und der äussere 100 cm. Es besteht aus 18 Schichten, deren aktive Komponente aus einer Lage von Mini-Streamertubes zwischen zwei Stripfolien besteht. Als Konverter dienen 1,5 mm dicke Bleifolien, auf die zur Verstärkung beidseitig eine 0,3 mm dicke Aluminiumfolie aufgeklebt ist. Die Mini-Streamertubes haben einen inneren Querschnitt von $4 \times 4,5$ mm. Acht Tubes sind zu einer Kammer von 6 mm Dicke und 42 mm Breite gruppiert. Die Strips der aufliegenden Stripfolien verlaufen unter einem Winkel von 30° bzw. -30° . Die Draht- und Stripsignale werden digital ausgelesen. Das Kalorimeter wird mit einer Gas Mischung aus CO_2 und Pentan im Verhältnis 2:1 und mit einer Spannung von 3500 V betrieben.

Die Ortsauflösung beträgt $\sigma_{r\phi} = 3$ mm und $\sigma_z = 5$ mm, was eine Vertexpauflösung von ca. 1,5 cm ergibt. Die Energie wird durch Zählen der getroffenen Röhren bestimmt. Die Energieauflösung beträgt $\sigma_E = 15\% / \{E(\text{GeV})\}^{1/2}$. Die Ansprechwahrscheinlichkeit für Photonen beträgt 90-95%. Die π^0 Masse wurden auf $\sigma_{m\pi^0} = 28$ MeV genau rekonstruiert.

3.10 Der Magnet

Der Detektor befindet sich im Inneren des verlängerten DM2-Magneten [8]. Er hat einen Innendurchmesser von 2 m und eine innere Länge von 3,62 m. Bei einer Betriebsleistung von 2 MW liefert er im

aktiven Volumen ein konstantes Magnetfeld von 0,438 T parallel zur Strahlachse. Um Ladungsasymmetrien zu verhindern, wird die Polarität periodisch gewechselt.

3.11 Der Trigger

Der Trigger besteht aus mehreren Stufen, den sogenannten "Hardwired" Prozessoren HWP's, und aus mehreren Kanälen, denn jeder Prozessor kann verschieden programmiert werden. In diesem Paragraph wird nur die Selektion der "goldenen" Ereignisse behandelt.

Der "Beam-Counter" gibt das Signal an den HWP1, welcher ein Strobe für die MWPC's, DC's und die PID's weiter gibt. Es wird mit einer Trigger Rate von 10^6 Hz gearbeitet. Weitere Aufgaben des HWP1 sind:

- Folgt ein zweites Teilchen innerhalb von 200 ns, wird der Ausleseprozess gestoppt.
- Der Prätrigger sucht in den Szintillatoren und Cerenkovs nach der Signatur eines kaonischen Zerfallsereignisses. Es müssen zwischen zwei und vier S1 angesprochen haben, wobei mindestens eine Kaon-Signatur vorhanden sein muss, d.h. in einem Sektor müssen beide Szintillatoren, nicht aber der Cerenkov Licht gegeben haben. Sind diese Bedingungen erfüllt, wird für den Rest der Detektoren die Auslese gestartet. Es verbleibt eine Rate von $2.5 \cdot 10^5$ Hz.
- Der " P_t -cut" verwirft Ereignisse, wo ein niederenergetisches Pion ein Kaon vortäuscht, indem er für einen Kaonkandidaten einen minimalen Impuls von 230 MeV/c oder 330 MeV/c in der $r\phi$ Ebene verlangt. Dazu muss eine Spur entweder in MWPC1 oder MWPC2 und entweder in DC5 oder DC6 ein Signal gegeben haben. Ist dies der Fall darf ein Treffer in DC1 oder DC2 nicht weiter als eine gewisse Anzahl Drähte von der Geraden zwischen den äusseren und den inneren Treffern entfernt sein. So werden Spuren mit zu grosser Krümmung erkannt und das Ereignis verworfen. Diese Information steht 200 ns nach dem Strobe zur Verfügung. Nach dem " P_t -cut" verbleibt eine Rate von $8 \cdot 10^4$ Hz.
- Die "Track Launcher" und "Track Follower" verfolgen jede Spur und verlangen eine Mindestanzahl Treffer in den MWPCs und DCs. Es müssen mindestens zwei Primärspuren, d.h. Spuren mit Treffern in den MWPCs, vorhanden sein. Die verbleibende Rate liegt um $4.5 \cdot 10^4$ Hz.
- Ein Kinematikprozessor rekonstruiert P_t und P_z anhand der Drahtkammern und der z-Information der Streamertubes. Das Ereignis muss die Ladungserhaltung erfüllen, und es darf nur noch ein Kaonkandidat vorhanden sein, der einen totalen Impuls von mehr als 300 MeV/c haben muss. Die fehlende Masse wird anhand der Impulse des primären Kaons und Pions grob berechnet und muss zwischen 0

und $750 \text{ MeV}/c^2$ liegen. Eine Rate von $1.5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ verbleibt nach diesem Cut.

- Anhand der mittlerweile vorhandenen analogen Werte der PIDs wendet der HWP2 eine zweite Teilchenerkennung an:
 - Ein Cerenkov-Cut wird anhand der Anzahl Cerenkov Photoelektronen, des Impulses und der z-Koordinate des Auftreffpunktes in den Cerenkov angewendet.
 - dE/dx von S1 muss mit der Primär-Kaon- und Pion-Hypothese übereinstimmen.
 - Die Flugzeitdifferenz zwischen den beiden Primärteilchen muss in einem gültigen Bereich liegen. Da die Zeit zum Stoppen des Antiprotons zu stark variiert, kann die absolute Flugzeit nicht bestimmt werden.
- HWP2.5 wendet Schnitte anhand der Anzahl Schauer im Kalorimeter an.

Nach HWP2 und HWP2.5 verbleibt eine Rate von $1 \cdot 10^3 \text{ Hz}$.

- HWP3&4: Ereignisse mit nur zwei primären Spuren werden auf die Schauerformen im Kalorimeter untersucht. Werden vier oder sechs Schauer gefunden, deren Form einem Gamma entspricht, werden die π^0 und K^0 invarianten Massen berechnet.

Nach allen Triggerstufen verbleibt schliesslich eine Rate von $6 \cdot 10^2 \text{ Hz}$.

3.12 Das Datenaquisitionssystem

99% der "goldenen" Zerfälle im Detektorvolumen stammen von $K_S \rightarrow 2\pi$ Zerfällen mit $t < 5\tau_S$. Wie aus dem Paragraphen 2.4 ersichtlich ist, sind die zeitabhängigen Asymmetrien nicht empfindlich auf diese Ereignisse, wohl aber die integralen Asymmetrien. Da für die integralen Asymmetrien der Zerfallszeitpunkt nicht rekonstruiert werden muss, braucht für diese Daten nur ein kleiner Teil der Detektorinformation gespeichert zu werden. Aus diesem Grunde werden zwei verschiedene Datenströme erzeugt.

- a) Im Hauptdatenstrom werden alle Daten vom Detektor und von den HWPs für folgende Datenklassen auf Band geschrieben:
 - Die "goldenen" Ereignisse, wo das neutrale Kaon ausserhalb der MWPCs, aber im Detektor in zwei Pionen zerfällt.

- Ein Teil (5%) der "goldenen" Ereignisse, wo das neutrale Kaon innerhalb der MWPCs zerfällt. Diese Daten werden dazu dienen, die Systematischen Fehler der integralen Asymmetrien zu bestimmen.
- Alle "goldenen" Ereignisse, wo das neutrale Kaon in drei Pionen oder in die semileptonischen Kanäle zerfällt. Diese Ereignisse werden anhand der invarianten Masse der sekundären Teilchen bestimmt.
- Daten von anderen Triggern.

Diese Daten werden auf VAX-kompatible IBM 3480 Kassetten geschrieben und an verschiedenen Instituten der CPLEAR-Kollaboration ausgewertet.

- b) Der " ϵ^0/ϵ " Datenstrom enthält die Daten der HWP's für alle "goldenen" Ereignisse. Diese Daten werden auf 8 mm Videokassetten hoher Dichte geschrieben und lokal mit Mikroprozessoren ausgewertet.

Literaturverzeichnis zum Kapitel 3

- [1] C. Witzig
p $\bar{p}$ annihilation into K^+K^- and $\pi^+\pi^-$,
PhD thesis at the swiss federal institute of technology Zürich
(1991)
- [2] L. Tauscher, Vortrag über den "CPLEAR event generator", (Juni 1990)
- [3] M. van den Putte et al.
 $\bar{p}$ - beam monitoring system for CPLEAR,
IEEE transactions on nuclear science, VOL. 37, NO. 2, april 1990
- [4] M. Dodgson,
A new approach to measuring CP-violation using K^0 and $\bar{K}^0$
mesons,
PhD thesis at the university of Liverpool (1991)
- [5] R. Rickenbach,
Die Entwicklung der Cerenkov Detektoren des CPLEAR Experiments,
Inauguraldissertation an der Universität Basel (1989)
- [6] H.U. Johner,
Entwicklung und Bau eines Prototypen des elektromagnetischen
Kalorimeters des Experimentes PS195 am LEAR,
Diplomarbeit an der Universität Freiburg CH (1987)
- [7] A. Schopper,
Die Entwicklung des Elektromagnetischen Kalorimeters des CPLEAR
Experiments,
Inauguraldissertation an der Universität Basel (1989)
- [8] C. Guyot, "The magnetic field of the modified DM2 magnet",
CERN/CP-CPLEAR/MBL/001

Kapitel 4

Die Auswertung der semileptonischen Zerfälle

4.1 Einführung

Die Auswertung der semileptonischen Ereignisse unterscheidet sich von der des zweipionischen Kanals. Energie- und Impulserhaltung können wegen des beteiligten Neutrinos nur beschränkt angewendet werden. Ladung und Typ der Sekundärteilchen müssen bestimmt werden. Die Szintillator- und Cerenkovsignale müssen wegen der niedrigeren Impulse und der daraus resultierenden starken Krümmungen der Sekundärteilchenspuren korrigiert werden.

4.2 Szintillator- und Cerenkovsignal

Der CPLEAR-Detektor erlaubt mit den unveränderten Signalen der Szintillatoren und Cerenkovs eine Trennung von Elektronen und Pionen bis zu einem Impuls von maximal 200 MeV/c. (Abbildung 4.1) (Falls nicht näher präzisiert wird, fallen in diesem Kapitel Elektron und Positron unter dem Begriff Elektron zusammen.) Um eine Trennung bis zu höheren Impulsen und somit eine bessere Statistik zu erreichen, werden geometrische Einflüsse korrigiert. Monte-Carlo Studien sowie erste Auswertungen von Kalibrationsdaten zeigten eine Abhängigkeit der Signale von der z-Koordinate sowie vom Auftreffwinkel der Spuren in Szintillator und Cerenkov. Es wurden nur die Signale der inneren Szintillatoren in Betracht gezogen, da bei niedrigen Impulsen die Teilchen den äusseren Szintillatorring nicht erreichen. Abbildung 4.1 zeigt die Abhängigkeiten des Szintillator- und Cerenkovsignals von Impuls, z-Koordinate und Auftreffwinkel.

Das Szintillatorsignal ist wegen der kleineren Dicke des Szintillators und der isotropen Lichtemission kleineren Variationen unterworfen. Der Absorption des Lichtes in den Szintillatoren ist Rechnung getragen worden, indem die beiderseits eines Szintillators gemessenen Signale multipliziert und die Wurzel daraus gezogen wurde.

$$\begin{aligned} S_1 \cdot S_2 &= S \cdot e^{-(l_1/\lambda)} \cdot S \cdot e^{-(l_2/\lambda)} = S^2 \cdot e^{-((l_1 + l_2)/\lambda)} \\ &= S^2 \cdot e^{-(L/\lambda)} = S^2 \cdot \text{const.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

S_1 und S_2 bedeuten die beidseitig der Szintillatoren gemessenen Signale, S das totale Signal, l_1 und l_2 die Distanzen zu den Photomultipliern und λ die Absorptionslänge des Lichtes im Szintillator.

Das Cerenkovsignal kann nicht analog behandelt werden, da das Licht nicht isotrop ausgestrahlt wird und die Cerenkovdetektoren andere Lichttransporteigenschaften aufweisen.

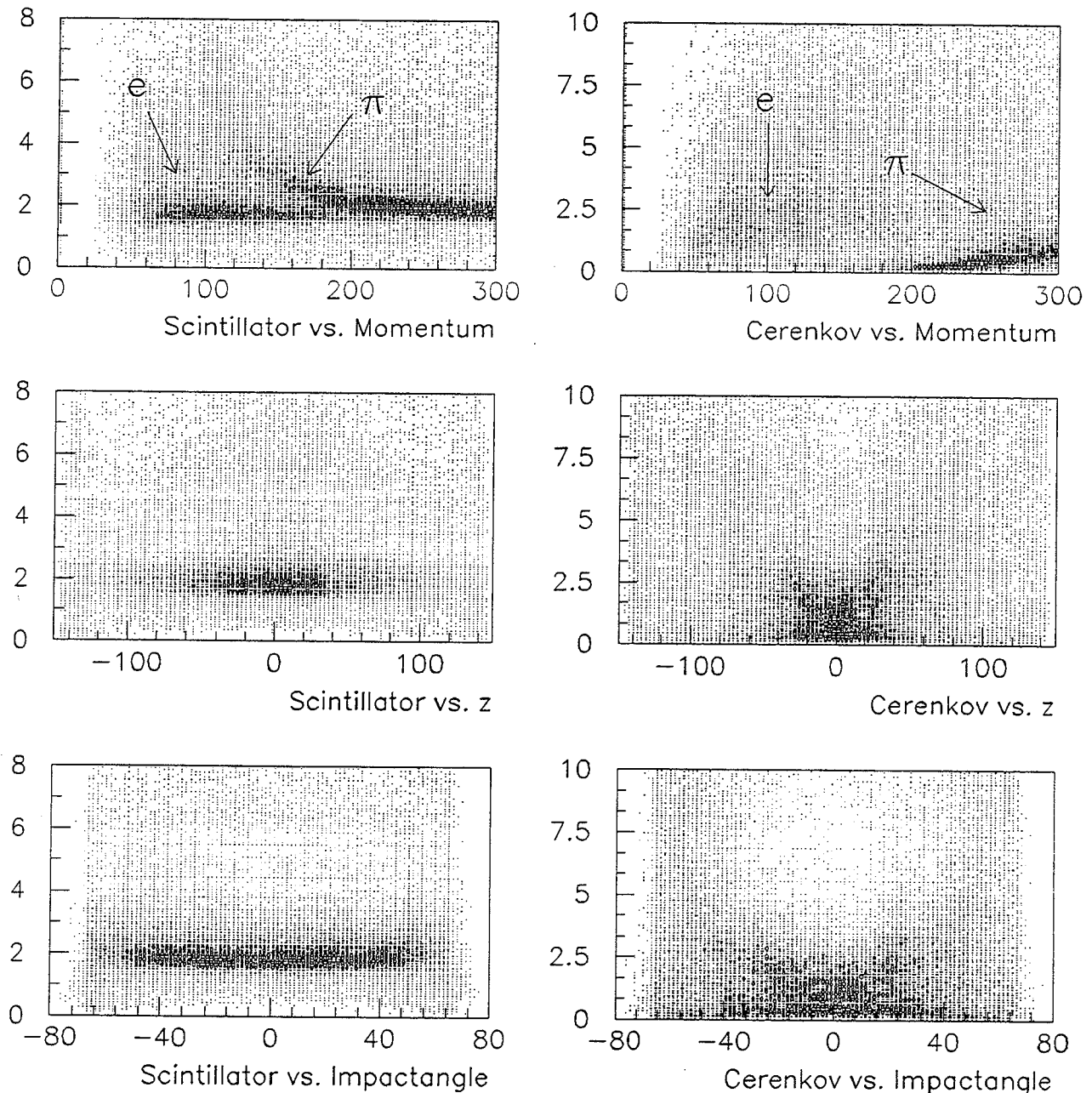


Abbildung 4.1: Abhängigkeit der Szintillator- und Cerenkovsignale von Impuls, z-Koordinate und Auftreffwinkel. (Die Abbildung stammt von später beschriebenen Kalibrationsdaten.)

Auf beide Signale wurde eine Korrektur wegen der verschiedenen zurückgelegten Weglängen in Szintillator und Cerenkov gemacht. Dazu wurde die Länge der von den Driftkammern nach aussen extrapolierten Spur berechnet. Dabei wurden die toten Räume und die genaue Stellung der PID's einbezogen. Simulationen zeigten eine gute Uebereinstimmung der berechneten mit den simulierten Weglängen für Impulse über 100 MeV/c.

Darunter werden die Teilchen oft gestreut und weichen von der Sollbahn ab. Die Auflösung der Szintillatorsignale verbesserte sich durch die Weglängenkorrektur im Mittel um 30%, die der Cerenkov Signale um 20%.

4.3 Die Separation von Elektronen und Pionen in Monte-Carlo Daten

Um bei der Trennung von Elektronen und Pionen die geometrischen Einflüsse einzubeziehen, wurde eine Trennfunktion entwickelt, die das Szintillator- und das Cerenkovsignal, den Impuls, die z-Koordinate und den Auftreffwinkel einer Spur berücksichtigt. Für Impulse zwischen 150 und 200 MeV/c, $z > 60$ cm und dem Auftreffwinkel $\theta > 40^\circ$ ist in Abbildung 4.2 das Szintillator- gegen das Cerenkovsignal aufgetragen. θ ist der Winkel zwischen der ϕ Ebene und der Spurtangente.

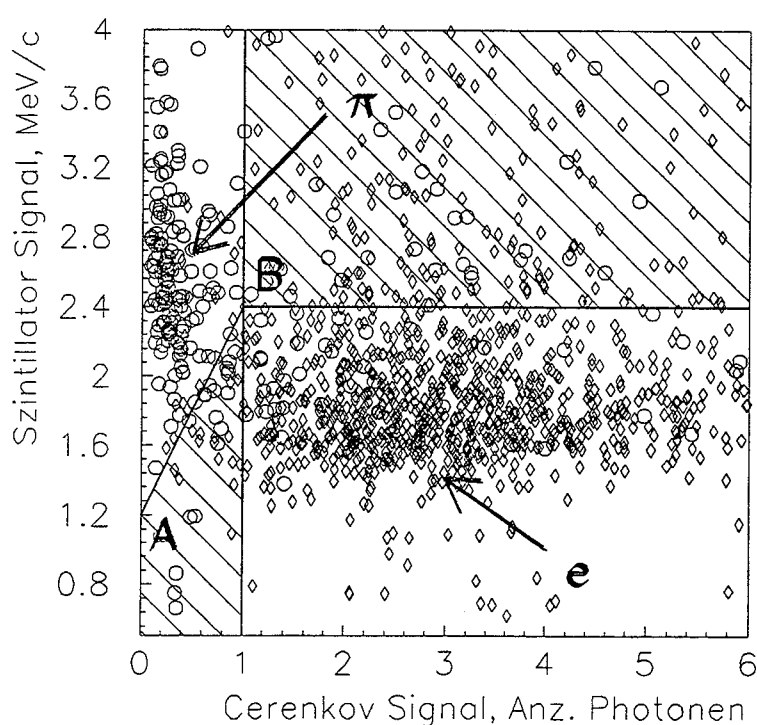


Abbildung 4.2 "Scatter Plot" von Szintillator- und Cerenkovsignal für Elektronen und Pionen mit Impulsen zwischen 150 und 200 MeV/c, $z > 60$ cm und Auftreffwinkeln $\theta > 40^\circ$ (Monte-Carlo Daten). Die Punkte A und B variieren mit Impuls, z und θ .

Es wurde auf eine möglichst grosse Akzeptanz für Elektronen und eine kleine Akzeptanz für missidentifizierte Pionen Wert gelegt, um einen möglichst kleinen Untergrund zu erhalten. In den schraffierten Gebieten mischen sich die Signale der beiden Teilchensorten. Diese Ereignisse werden verworfen. (Wie sich später herausstellen wird, ist der Untergrund bestimmbar und der Cut könnte somit auf eine möglichst grosse Akzeptanz für Semileptonische ausgelegt werden und diese

Ereignisse somit beibehalten werden.) Diese Methode erlaubt es, Elektronen und Pionen bis zu Impulsen von 250 MeV/c zu identifizieren. Die Trennfunktion wurde auf simulierte semileptonische Ereignisse angewendet. Sie ergab folgende Resultate für Ereignisse, wo Elektron und Pion identifiziert wurden (Klasse 1).

Klasse 1:

- Akzeptanz für semileptonische Ereignisse ($\pi e \nu$): $49 \pm 3\%$.
- Anteil missidentifizierter semileptonischer Ereignisse ($\pi e \nu$): $< 1\%$.
- Akzeptanz für zwei-, dreipionische und $\pi \mu \nu$ Ereignisse nach Vorselektion: 5%. Dieser Wert ist als Schätzung zu betrachten, da die kinematischen Charakteristiken des zwei pionischen Untergrundes nach der Vorselektion nicht bestimmt wurden.

Zur Erhöhung der Statistik werden auch Ereignisse zur Auswertung zugelassen, wo nur das Elektron identifiziert wird (Klasse 2). Für diesen Fall ergeben sich folgende Resultate:

Klasse 2

- Akzeptanz für semileptonische Ereignisse ($\pi e \nu$): $64 \pm 2\%$.
- Anteil missidentifizierter semileptonischer Ereignisse ($\pi e \nu$): 5%.
- Akzeptanz für zwei-, dreipionische und $\pi \mu \nu$ Ereignisse nach Vorselektion: 5%.

Die Methode erlaubt es also, die semileptonischen Ereignisse mit einer geringen Kontamination zu identifizieren.

4.4 Anwendung der Trennfunktion auf Kalibrationsdaten

Die durch Simulationen erhaltenen Resultate wurden mit Elektronen- und Pionendaten verifiziert. Als Elektronendaten wurden Ereignisse ausgewählt, wo die Energie- und Impulserhaltung nicht erfüllt sind und der Sekundärteilchenvertex ausserhalb der Proportionalkammern liegt. Die so ausgewählten Ereignisse sollten einen grossen Anteil an Photonen enthalten, die zu einem Elektron-Positron Paar konvertieren. Abbildung 4.3 zeigt den Oeffnungswinkel zwischen dem potentiellen Elektron-Positron Paar. Ein starkes Maximum bei null Grad Oeffnungswinkel bestätigt die Präsenz von Konversionselektronen. Die Daten sind aber nur bedingt zur Kalibration geeignet, da der Untergrund nur ungenau bestimmt werden kann und die zu kalibrierenden Grössen vom gewählten Winkelbereich abhängig sind. Für die Kalibration wurden die Ereignisse mit einem Oeffnungswinkel < 0.4 rad verwendet.

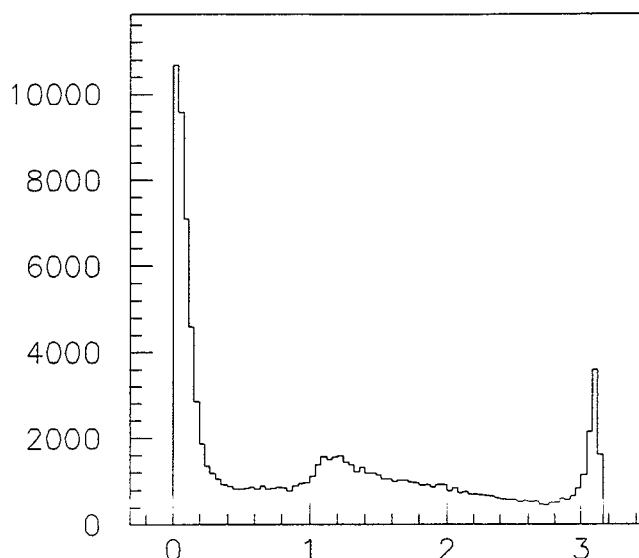


Abbildung 4.3 Oeffnungswinkelverteilung der Elektronendaten.

Pionendaten wurden mit dem Primärtrigger ohne weitere Bedingungen genommen. Diese Daten enthalten über 99% Pionen, da nur sehr wenige Antiprotonen in nichtpionische Kanäle annihilieren. Mit den beiden Datenmengen wurden folgende Akzeptanzen bestimmt:

Klasse 1:

- Akzeptanz für semileptonische Zerfälle ($\pi e \nu$): $55 \pm 1\%$.
- Anteil missidentifizierter semileptonischer Zerfälle ($\pi e \nu$): $< 1\%$.
- Akzeptanz für zwei-, dreipionische und $\pi \mu \nu$ Zerfälle nach Vorselektion: $3 \pm 0.1\%$.

Klasse 2:

- Akzeptanz für semileptonische Zerfälle ($\pi e \nu$): $64 \pm 1\%$.
- Anteil missidentifizierter semileptonischer Zerfälle ($\pi e \nu$): $3 \pm 0.1\%$.
- Akzeptanz für zwei-, dreipionische und $\pi \mu \nu$ Zerfälle nach Vorselektion: $3 \pm 0.1\%$.

In den Kalibrationsdaten trat eine weitere wichtige Erscheinung auf. Es handelt sich dabei um detektor- und auswertungsbedingte Ladungsasymmetrien bei den Elektronen und Pionen. Bei den Elektronen ist sie nicht genau bestimmbar, weil sie von der Oeffnungswinkelgrenze abhängt (Abbildung 4.4), sie liegt aber zwischen 1.0 und 1.1.

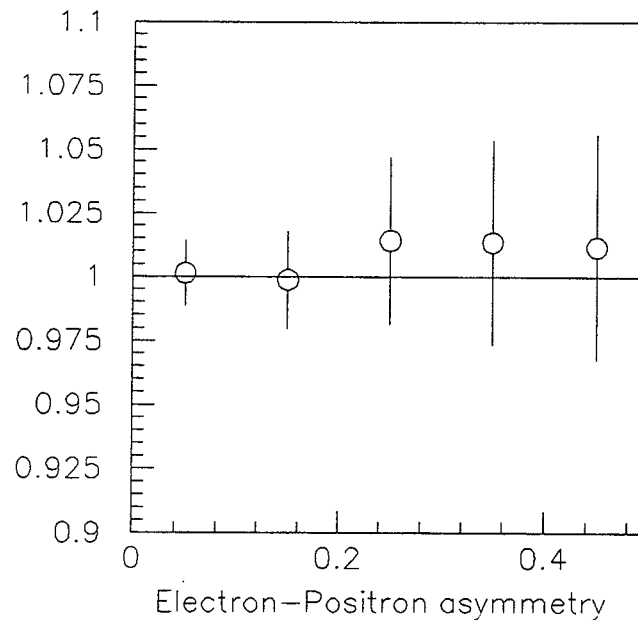


Abbildung 4.4 $N(e^+)/N(e^-)$ als Funktion des Öffnungswinkels.

Für die Pionen wurde folgender Wert gefunden:

$$- N(\pi^+)/N(\pi^-) = 1.02 \pm 0.02$$

4.5 Vorselektion der semileptonischen Daten

Zur Auswertung der semileptonischen Ereignisse dienten hier Daten der "Run" Perioden P8 bis P13. Um den Untergrund durch zweipionische und nichtkaonische Ereignisse zu minimalisieren, wurden verschiedene kinematische Cuts und "Constraint Fits" angewendet:

- 1C Fit: Die Fehlende Masse der Primärteilchen wird als K^0 Masse fixiert. Der Fit muss eine Wahrscheinlichkeit von mehr als 0.1 ergeben.
- Die Invariante Masse der Sekundärteilchen muss grösser als 250 MeV sein.
- 5C Fit: Die totale Energie des Ereignisses wird zu zwei Protonenmassen festgelegt, der totale Impuls ist null und die Fehlende Masse der Primärteilchen entspricht der K^0 Masse. Dieser "Constraint Fit" wird normalerweise zur Selektion von zweipionischen Ereignissen verwendet, die den obigen Anforderungen entsprechen. Zur Selektion von Semileptonischen Ereignissen, die Energie und Impulserhaltung verletzen, wird eine Wahrscheinlichkeit von weniger als 0.1 verlangt.
- Der Öffnungswinkel der Sekundärteilchen muss grösser als 0.4 rad sein, um Ereignisse mit γ -Konversion auszuschliessen.
- 2C Fit: Energie und Impuls der Sekundärteilchen entsprechen der Energie und dem Impuls des K^0 's. Die Wahrscheinlichkeit muss grösser als 0.05 sein.

Nach Anwendung der Vorselektion und der Trennfunktion verblieben 17400 Ereignisse der Klasse 1 und 41800 Ereignisse der Klasse 2. Ein Vergleich der kinematischen Daten der beiden Klassen zeigte Unterschiede, die am besten sichtbar werden, wenn der Oeffnungswinkel der Sekundärteilchen im Ruhesystem des K^0 gegen die Lebensdauer des K^0 aufgetragen werden (Abbildung 4.5).

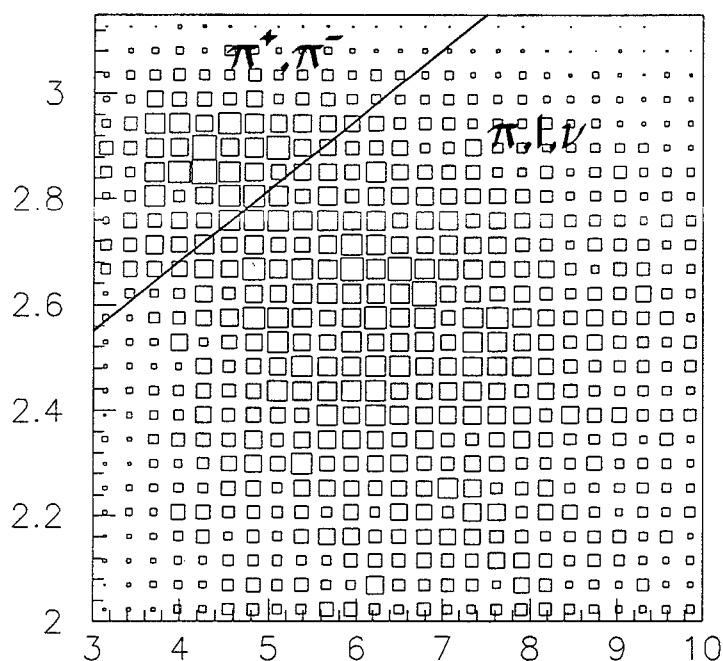


Abbildung 4.5 Der Oeffnungswinkel der Sekundärteilchen, aufgetragen gegen die Lebensdauer des K^0 's. (Beides im Ruhesystem des K^0 , Ereignisse der Klasse 2).

Bei den Ereignissen der Klasse 2 ist ein zweites Maximum gegen kleine Lebensdauern und 180° Oeffnungswinkel zu sehen, welches bei den Ereignissen der Klasse 1 nicht auftritt. Dies kann als Untergrund durch zwei pionische Ereignisse interpretiert werden. In der weiteren Auswertung werden Ereignisse der zweiten Klasse oberhalb der ausgezogenen Linie verworfen. Es verbleiben danach 37800 Ereignisse in der Klasse zwei. Die verworfenen Ereignisse werden im Kapitel über die Untergrundabschätzung nochmals untersucht. Abbildung 4.6 zeigt einen Fit der verbliebenen Daten mit $A_{\Delta m}$ (2.26a). Der Wert von Δm zeigt die Gültigkeit dieser Selektionsmethode. Die experimentellen Punkte stimmen aber innerhalb der Statistik noch nicht mit $A_{\Delta m}$ überein. Die gemessene Amplitude ist zu klein, bei $t=10\tau_s$ ist die Asymmetrie zu stark positiv und gegen grosse Lebensdauern $t>15\tau_s$ stellt man eine systematische Verschiebung der Punkte in den negativen Bereich fest. Die nächsten Kapitel behandeln die möglichen Quellen und Korrekturen dieser Abweichungen.

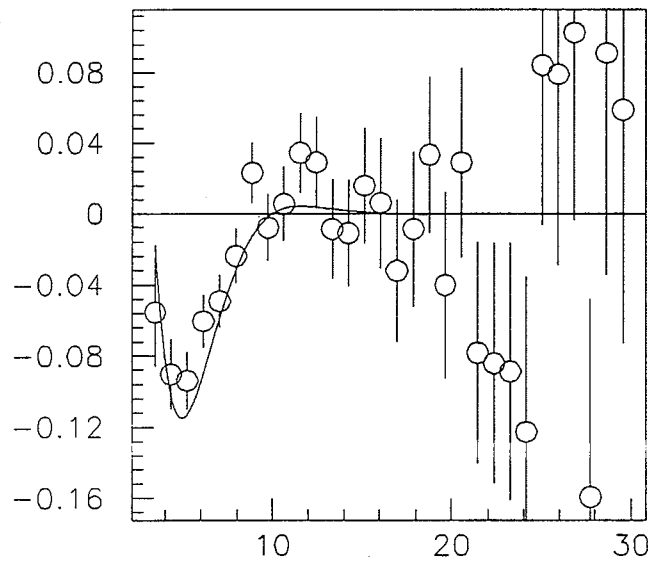


Abbildung 4.6 Fit der aussortierten Ereignisse mit Δm . Der gefittete Wert von Δm beträgt: $(0.509 \pm 0.017) \cdot 10^{10} \text{ } \hbar\text{s}^{-1}$ mit einem $\chi^2 = 1.16$ (Lit. [2]: $(0.5351 \pm 0.0024) \cdot 10^{10} \text{ } \hbar\text{s}^{-1}$).

4.6 Kalibration der $N(e^+)/N(e^-)$ Asymmetrie

Wie in Kapitel 4.5 erwähnt wurde, besteht eine Asymmetrie zwischen Elektron- und Positronakzeptanz, die zum Teil auf den Detektor und zum anderen auf die Trennfunktion zurückgeführt werden kann. Wie weiter oben aufgeführt wurde, kann diese Asymmetrie nicht unabhängig mit den Kalibrationsdaten bestimmt werden. Es muss ein Weg gefunden werden, sie mit den semileptonischen Daten zu bestimmen. Ein gleichzeitiger Fit der Elektron-Positron Asymmetrie und den zu messenden Größen in $A_{\Delta m}$, A_X und A_T stellte sich als erfolglos heraus, könnte aber eine Lösung darstellen, falls mehr Statistik vorhanden wäre und die verschiedenen Asymmetrien in einem gleichzeitigen Fit bestimmt werden könnten. Der hier gewählte Weg besteht darin, die Elektron-Positronasymmetrie direkt als Funktion der Lebensdauer zu bestimmen.

$$A_{ep}(t) = \frac{\overline{R}_+(t) + R_+(t)}{\overline{R}_-(t) + R_-(t)} =$$

$$= \frac{[2+4\text{Re}(\varepsilon)+4\text{Re}(x)]e^{-\Gamma t}-8\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t)+[2+4\text{Re}(\varepsilon)-4\text{Re}(x)]e^{-\Gamma s t}}{[2-4\text{Re}(\varepsilon)-4\text{Re}(x)]e^{-\Gamma t}+8\text{Re}(\varepsilon)e^{-\Gamma t}\cos(\Delta m t)+[2-4\text{Re}(\varepsilon)-4\text{Re}(x)]e^{-\Gamma s t}} \quad (4.1)$$

Dieser Ausdruck ist in erster Ordnung gleich eins. Die Abhängigkeit der Kalibration von den CP-Parametern ist schwach und wird als systematischer Fehler in die Resultate einbezogen werden. Abbildung 4.7

zeigt den Fit eines Polynomes zweiter Ordnung als A_{ep} für normales und invertiertes Magnetfeld sowie den theoretischen Verlauf von A_{ep} nach (4.1).

Es ist keine signifikante Abhängigkeit vom Magnetfeld vorhanden. Die Kalibration wird trotzdem mit den der Polarität entsprechenden Polynomen ausgeführt. Der Fit ergibt folgende Werte für die Konstanten des Polynomes ($N(e^+)/N(e^-) = at^2+bt+c$; t = Lebensdauer in τ_s) :

	a	b	c
normales Feld	0.87 ± 0.06	$(0.26 \pm 0.10)E-1$	$(-0.12 \pm 0.04)E-2$
invertiertes Feld	0.84 ± 0.06	$(0.20 \pm 0.10)E-1$	$(-0.77 \pm 0.40)E-3$

Tabelle 4.1 Die Konstanten des Kalibrationspolynomes für beide Polaritäten des Magnetfeldes. Mit $\chi^2 = 0.75$ für normales und $\chi^2 = 0.61$ für invertiertes Feld.

Die Werte für das Akzeptanzverhältnis zwischen κ^0 und $\bar{\kappa}^0$ stammen in diesem Paragraphen von CPLEAR [1]. Sie betragen für die normale Polarisation des Feldes 1.116 ± 0.008 und für invertierte Polarisation 1.164 ± 0.009 .

Mit obigen Kalibrationen ergeben sich folgende Resultate:

$$\begin{aligned}
 \Delta m &= (0.523 \pm 0.018) * 10^{10} \bar{h}s^{-1} & \chi^2 &= 1.01 \\
 \Delta m' &= (0.539 \pm 0.025) * 10^{10} \bar{h}s^{-1} & \chi^2 &= 0.57 \\
 \Delta m'' &= (0.520 \pm 0.029) * 10^{10} \bar{h}s^{-1} & \chi^2 &= 1.19 \\
 \text{Im}(x) &= (0.50 \pm 0.44) * 10^{-1} & \chi^2 &= 0.84 \\
 \text{Re}(\epsilon) &= (0.16 \pm 0.18) * 10^{-2} & \chi^2 &= 0.72
 \end{aligned}$$

Die Literaturwerte:

$$\begin{aligned}
 \Delta m &= (0.5351 \pm 0.0024) * 10^{10} \bar{h}s^{-1} \\
 \text{Im}(x) &= (-0.03 \pm 0.26) * 10^{-1} \\
 \text{Re}(\epsilon) &= (0.1575 \pm 0.0016) * 10^{-2}
 \end{aligned}$$

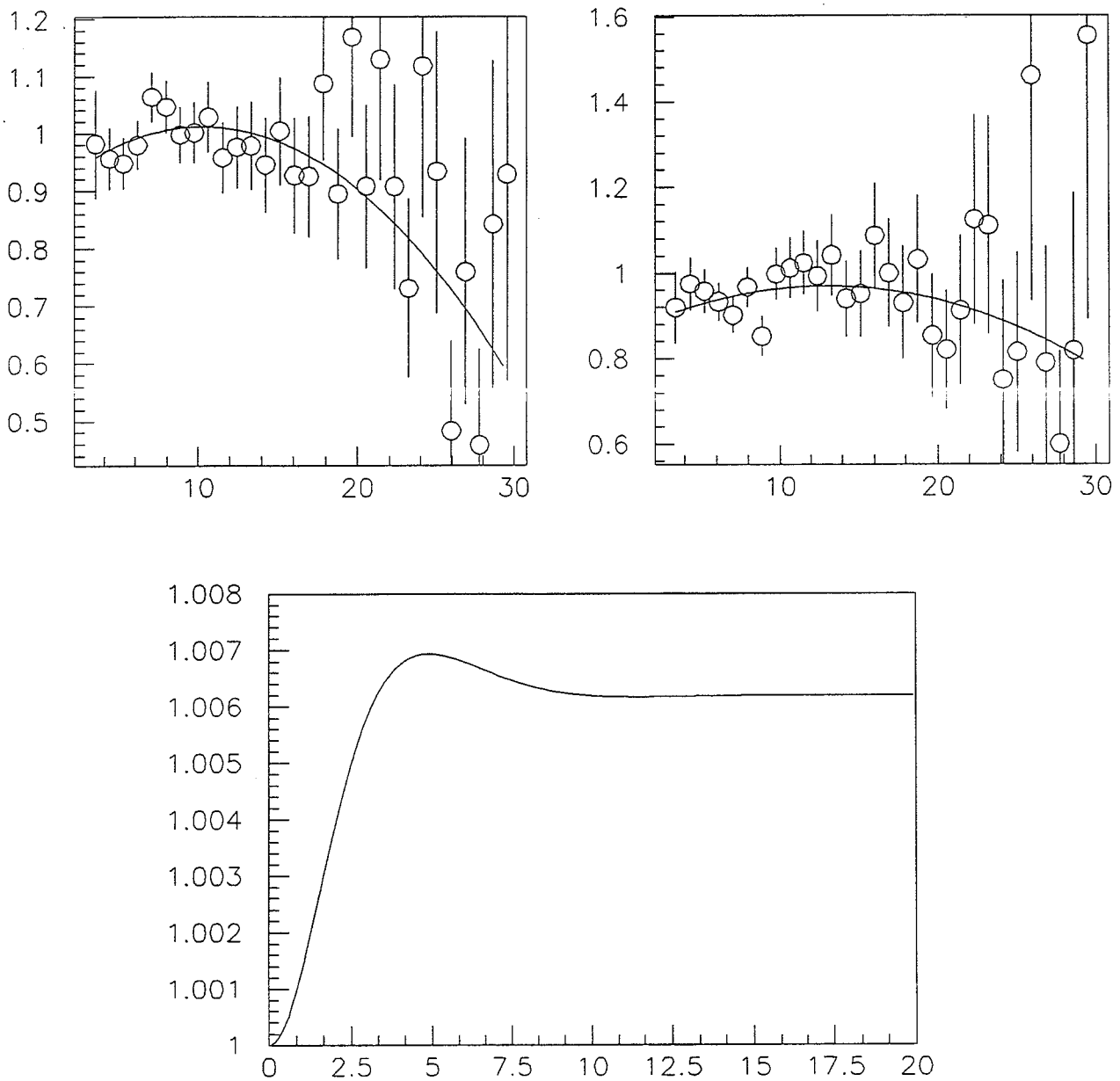


Abbildung 4.7 A_{ep} für normales (oben links) und invertiertes Magnetfeld (oben rechts), sowie der theoretische Verlauf von A_{ep} (unten).

4.7 Kalibration der $N(K^0)/N(\bar{K}^0)$ Asymmetrie

Da die $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibration nicht ohne Vorbehalt aus den anderen Kanälen übernommen werden kann, wird sie in diesem Paragraphen in den semileptonischen Daten bestimmt. Das Verhältnis $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ kann wegen der K^0 - $\bar{K}^0$ Oszillation nicht direkt gemessen werden, sondern muss in den Asymmetrien mitgefittet werden. In diesem Fall wurde A_I (2.26d) dazu verwendet. Dies hat den Nachteil, dass die Werte von $\text{Re}(\epsilon)$ in A_T (2.26e) und $\text{Im}(x)$ in A_X (2.26h) direkt beeinflusst werden. Bei genügender

Statistik wird es aber möglich sein, $\text{Re}(\varepsilon)$ aus den nicht konstanten Termen zu bestimmen. Bei den Werten von $\text{Re}(\varepsilon)$ handelt es sich in diesem Paragraphen somit nur um Abschätzungen. Dem Einfluss der Kalibration wird aber in den systematischen Fehlern Rechnung getragen (Paragraph 4.8). Es folgt eine Liste der Kalibrationen und Resultate:

- Werte für $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$:

normales Feld: 1.135 ± 0.016 $\chi^2 = 0.75$

invertiertes Feld: 1.167 ± 0.019 $\chi^2 = 0.56$

- Kalibrationspolynom für $N(e^+)/N(e^-)$:

	a	b	c
normales Feld	0.89 ± 0.06	$(0.27 \pm 0.10)E-1$	$(-0.12 \pm 0.04)E-2$
invertiertes Feld	0.86 ± 0.06	$(0.17 \pm 0.10)E-1$	$(-0.66 \pm 0.40)E-3$

Tabelle 4.2 Die Konstanten des Kalibrationspolynomes für beide Polaritäten des Magnetfeldes. Mit $\chi^2 = 0.75$ für normales und $\chi^2 = 0.70$ für invertiertes Feld.

- Resultate:

$\Delta m = (0.530 \pm 0.018) E10$ $\chi^2 = 1.02$

$\Delta m' = (0.543 \pm 0.025) E10$ $\chi^2 = 0.60$

$\Delta m'' = (0.516 \pm 0.029) E10$ $\chi^2 = 1.06$

$\text{Im}(x) = (-0.48 \pm 0.44) E-1$ $\chi^2 = 0.67$

$\text{Re}(\varepsilon) = (-0.08 \pm 0.17) E-2$ $\chi^2 = 0.73$

4.8 Systematische Fehler

Es wurden folgende systematischen Einflüsse auf die Resultate von Δm , $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\varepsilon)$ in Betracht gezogen:

- Statistischer Fehler der $N(e^+)/N(e^-)$ und $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibration: $\pm 1\%$
- Einfluss der CP-Parameter in der $N(e^+)/N(e^-)$ und $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibration: Die Fehler in der Linie CP der Tabelle 4.3 wurden bestimmt, indem die Werte für $\text{Re}(\varepsilon)$, $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(x)$ nach [2] einmal in die Kalibrationsprogramme eingesetzt wurden und einmal nicht. Die Differenz der erhaltenen Werte wurde als systematischer Fehler angenommen.
- Die zeitliche Auflösung. Es wurde einmal der Literaturwert von τ_s $(0.8922 \pm 0.0020) \cdot 10^{-10}$ und einmal der gefittete Wert $(0.91 \pm 0.04) \cdot 10^{-10}$ eingesetzt.
- Die Einflüsse der Fits.
 - Untere Limite der K^0 -Lebensdauer (LD): $3 \pm 1\tau_s$.

- Obere Limite der K^0 -Lebensdauer: $30 \pm 5\tau_s$
- Anzahl Bins in den Histogrammen: 30 ± 10 Bins.

Systematische Fehler von:	Δm $\cdot 10^{10}$	$\Delta m'$ $\cdot 10^{10}$	$\Delta m''$ $\cdot 10^{10}$	$\langle \Delta m \rangle$ $\cdot 10^{10}$	$\text{Im}(x)$ $\cdot 10^{-2}$	$\text{Re}(\epsilon)$ $\cdot 10^{-3}$
$N(e^+)/N(e^-)$	0.0000	0.0038	0.0052	0.0023	2.4	1.3
$N(\bar{K}^0)/N(K^0)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8	1.2
Δt	0.0097	0.0012	0.0012	0.0054	0.0	0.0
CP	0.0017	0.0020	0.0043	0.0007	0.1	0.6
Untere LD	0.0275	0.0289	0.0424	0.0319	1.1	0.05
Obere LD	0.0064	0.0113	0.0009	0.0072	0.7	0.02
# Bins	0.0040	0.0037	0.0044	0.0041	0.1	0.0
Total systematisch	0.0301	0.0315	0.0431	0.0335	2.8	1.87
Statistische Fehler	0.018	0.027	0.027	0.022	4.4	1.8

Tabelle 4.3: Die systematischen Fehler detailliert.

Da $A_{\Delta m}$ und A_x bei kurzen Lebensdauern nicht konstant sind, hängen Δm und $\text{Im}(x)$ stark von der unteren Grenze der Lebensdauer ab. $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ hängen stark von der Kalibration ab, da $A_x(t)$ oberhalb $8\tau_s$ und $A_T(t)$ im ganzen Messbereich nahezu konstant sind. Die Werte zeigen eine schwache Abhängigkeit von der zeitlichen Auflösung und von der Anzahl Bins. Für eine signifikante Verbesserung der Resultate müsste die Statistik besonders bei kurzen Lebensdauern erhöht werden.

- Resultate:

$$\begin{aligned}
 \langle \Delta m \rangle &= (0.531 \pm 0.018 [\text{stat}] \pm 0.030 [\text{syst}]) \cdot 10^{10} \text{ ns}^{-1} \\
 \text{Im}(x) &= (-0.28 \pm 0.44 [\text{stat}] \pm 0.28 [\text{syst}]) \cdot 10^{-1} \\
 \text{Re}(\epsilon) &= (-0.11 \pm 0.17 [\text{stat}] \pm 0.19 [\text{syst}]) \cdot 10^{-2}
 \end{aligned}$$

4.9 Untergrund und zeitliche Auflösung

Abbildung 4.8 zeigt einen Fit der kalibrierten Daten mit $A_{\Delta m}$ (2.26a). Die Amplitude der gefitteten Funktion ist immer noch zu gross. Dies kann auf folgende Quellen zurückgeführt werden.

- Die zeitliche Auflösung des Detektors verbreitert die Kurve und verkleinert die Amplitude.
- Die zwei-, dreipionischen und $\pi\mu\nu$ Ereignisse, die in den Daten verblieben sind, ergeben einen symmetrischen Untergrund, da die Endzustände nicht zwischen der Ladung der sekundären Teilchen unterscheiden. (Wegen ihrer ähnlichen Masse können π und μ nicht unterschieden werden). Der Effekt ist eine Verkleinerung der gemessenen Amplitude.

Da Asymmetrien zwischen den verschiedenen Teilchen bestehen, können aber zusätzlich zum symmetrischen Untergrund schwache Beimischungen der anderen Asymmetrien vorhanden sein:

- Ein asymmetrischer Anteil an $A_{\pi\mu\nu}$ hat die gleiche Form wie $A_{\Delta m}$. Die Amplitude wird also lediglich abgeschwächt oder verstärkt. Dieser Untergrund ist nicht bestimmbar, beeinflusst die Resultate aber nicht.
- Ein asymmetrischer Anteil an 3π Zerfällen hat einen sehr kleinen Einfluss auf $A_{\Delta m}$, da $A_{3\pi}$ eine rund 30 mal kleinere Amplitude hat. Dieser Fall wird in der Untergrundbestimmung nicht in Betracht gezogen.
- Ein Einfluss eines asymmetrischen Anteiles an 2π Zerfällen bedingt zwar eine Missidentifikation des primären Kaons mit dem primären Pion, oder eine Asymmetrie der Pionen in Abhängigkeit der Strangeness-Ladung des neutralen Kaons, wäre aber wegen der vierfachen Amplitude von $A_{2\pi}$ gegenüber $A_{\Delta m}$ leichter beobachtbar.

Da der Verlauf der experimentellen Punkte auf einen Anteil an $A_{2\pi}$ hindeutet, wird letzterer Fall untersucht.

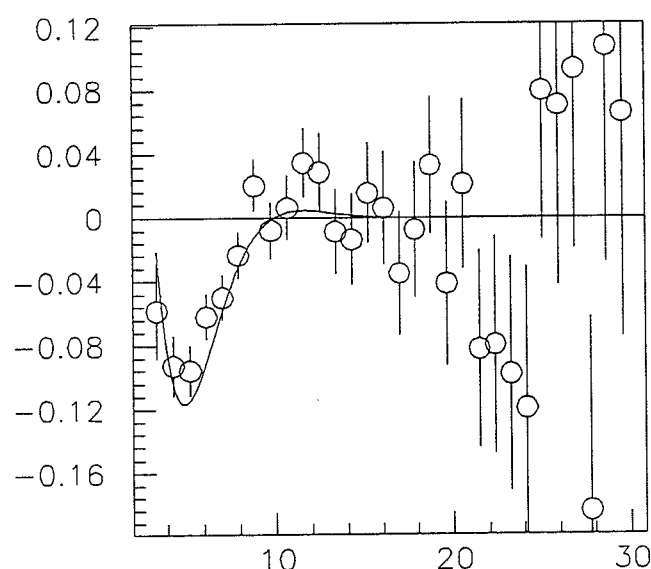


Abbildung 4.8 Fit von $A_{\Delta m}$ mit den kalibrierten Daten. Der Wert von Δm beträgt $(0.530 \pm 0.018) \cdot 10^{10} \text{ } \hbar\text{s}^{-1}$, $\chi^2=1.02$

Da der symmetrische Untergrund und die zeitliche Auflösung einen ähnlichen Effekt auf die Form von $A_{\Delta m}$ haben, können sie nicht gleichzeitig gefittet werden. Eine obere Schranke für den symmetrischen Untergrund ist 20%, die mit einem Fit mit perfekter zeitlicher Auflösung bestimmt wurde. Um die zeitliche Auflösung zu bestimmen und unter der Annahme, dass die zeitliche Auflösung die Form einer Gaussverteilung hat, wurde $A_{\Delta m}$ numerisch mit einer Gaussverteilung gefaltet. Ohne Untergrund ergibt sich ein maximaler Wert von $\pm 0.5\tau_s$. Der asymmetrische zweipionische Untergrund wurde bestimmt, indem ein

variabler Anteil von $A_{2\pi}$ (2.14) zu $A_{\Delta m}$ summiert wurde. Folgende Tabelle 4.4 gibt eine Übersicht der so gemessenen Anteile von $A_{2\pi}$ für verschiedene Werte der Dämpfung der Amplitude und der zeitlichen Auflösung. Der mittlere Wert für den Anteil an $A_{2\pi}$ beträgt $(1.2 \pm 0.2)\%$.

t-Auflösung [τ_S]	Anteil symmetrisch	Anteil $A_{\pi+\pi^-}$
0.2	20%	1.0%
0.3	10%	1.4%
0.3	15%	1.2%
0.3	20%	1.0%
0.4	10%	1.5%
0.4	15%	1.0%
0.4	20%	1.0%
0.5	10%	1.2%

Tabelle 4.4: Übersicht der gemessenen Anteile an $A_{\pi+\pi^-}$ für feste Werte der zeitlichen Auflösung und des symmetrischen Untergrundes.

Anschliessende Fits mit festem Anteil an $A_{2\pi}$ von 1.2% und verschiedenen Anteilen symmetrischen Untergrundes ergaben folgende Werte für $\Delta\tau_S$ und den symmetrischen Untergrund.

Anteil $A_{\pi+\pi^-}$:	$(1.2 \pm 0.2)\%$
$\Delta\tau_S =$	$(0.35 \pm 0.15)\tau_S$
Dämpfung der Amplitude:	$(15 \pm 5)\%$

Mit den Mittelwerten aus den Paragraphen 4.4 und 4.5 und aus obiger Tabelle sieht die Zusammensetzung des Untergrundes folgendermassen aus:

Missidentifizierte semil. ($\pi e \nu$):	3%
Untergrund symmetrisch (alle):	$(9 \pm 5)\%$
Untergrund asymmetrisch (2π):	$(1.2 \pm 0.2)\%$

Die drei Prozent missidentifizierter semileptonischer Ereignisse ergeben hierbei sechs Prozent Dämpfung, da weitere drei Prozent korrekt identifizierter Ereignisse nötig sind, um sie zu neutralisieren.

Ohne den Cut in der Lebensdauer-Öffnungswinkel Ebene der Ereignisse zweiter Klasse ergibt sich folgender Wert für den symmetrischen Untergrund:

Untergrund symmetrisch:	$14 \pm 5\%$
-------------------------	--------------

Die durch den Cut verworfenen 10% der Ereignisse reduzieren den symmetrischen Untergrund um 5% und enthalten demnach ca. 50% Untergrund, der wegen der kinematischen Bedingungen zum grössten Teil aus zweipionischen Zerfällen bestehen muss.

Ein Fit der untergrundkorrigierten Asymmetrien gibt folgende Werte:

$$\langle \Delta m \rangle = (0.558 \pm 0.021[\text{stat}] \pm 0.033 [\text{syst}]) * 10^{10} \text{ } \hbar\text{s}^{-1}$$

$$\text{Im}(x) = (-0.38 \pm 0.44 [\text{stat}] \pm 0.28 [\text{syst}]) * 10^{-1}$$

$$\text{Re}(\epsilon) = (0.07 \pm 0.18 [\text{stat}] \pm 0.20[\text{syst}]) * 10^{-2}$$

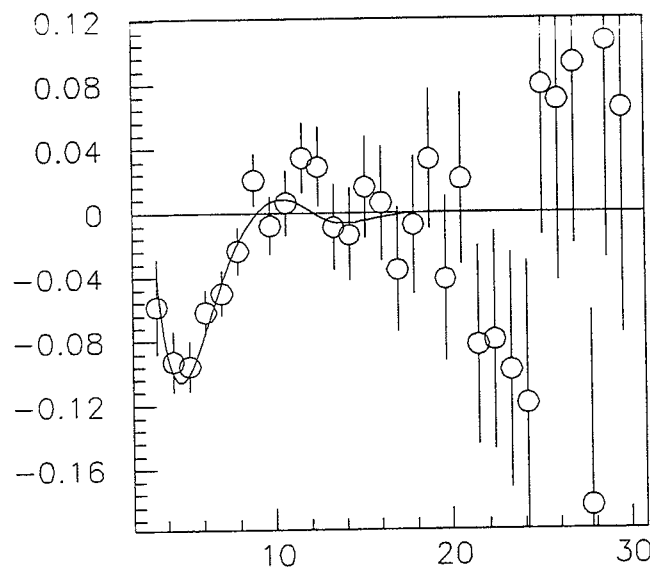


Abbildung 4.9: Fit von $A_{\Delta m}$ mit den kalibrierten und untergrundkorrigierten Daten.

In den systematischen Fehlern sind die Anteile enthalten, die durch die Unsicherheiten auf den Werten des Untergrundes entstehen. Der Wert von Δm deckt sich im Fehlerbereich mit dem Literaturwert $(0.5351 \pm 0.0024) * 10^{10} \text{ } \hbar\text{s}^{-1}$, liegt aber ausserhalb des statistischen Fehlers. Eine mögliche Erklärung für die Abweichung könnte eine systematische Verschiebung der gemessenen K^0 -Lebensdauer sein, die in den vorhandenen Daten nicht erfassbar ist. Ein Fit von τ_s bei vorgegebenem $\Delta m * \tau_s$ ergibt $(0.91 \pm 0.04) * 10^{-10} \text{ s}$ [Lit.: $(0.8922 \pm 0.0020) * 10^{-10} \text{ s}$]. Ein gleichzeitiger Fit von Δm und τ_s ist bei der gegebenen Statistik noch nicht möglich, es könnte aber möglich werden, τ_s aus dem exponentiellen Anteil und Δm aus der Oszillation von $A_{\Delta m}$ zu bestimmen. Eine weitere Möglichkeit liegt in der folgenden Überlegung. Jeder Energieverlust eines Teilchens resultiert in einem kleineren gemessenen Impuls. Die kleineren Impulse der Primärteilchen täuschen einen höheren Impuls des neutralen Kaons und somit eine kürzere gemessene Lebensdauer und eine höhere Oszillationsfrequenz. Dadurch wird ein

grösserer Wert für Δm und τ_s gefittet. Dies könnte ein weiterer Grund für die Abweichung der Kurve von den Messpunkten in Abbildung 4.5 Seite 35 sein. Die Impulsauflösung und eine eventuelle systematische Verschiebung der gemessenen Lebensdauer der neutralen Kaonen könnte anhand der zweipionischen Ereignisse kontrolliert werden. Die zweipionischen Ereignisse sollten bessere Werte der Impulse ergeben, da sie die Energie- und Impulserhaltung erfüllen und der Constraint-Fit somit genauere Werte produzieren sollte.

4.10 Zusammenfassung der Resultate

Die hier angegebenen Akzeptanzen sind die Mittelwerte aus den Paragraphen 4.3 und 4.4. Die Kalibrationen sind die Werte aus 4.7. Die Resultate von Δm , $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\varepsilon)$ sowie des Untergrundes sind die Werte aus dem Paragraphen 4.9.

4.10.1 Resultate der Monte-Carlo und Kalibrationsdaten

- Akzeptanzen in der Klasse 1:

	M-C	Kalib. Daten
semileptonische ($\pi e \nu$):	$49 \pm 3\%$	$55 \pm 1\%$
missidentifizierte semilept. ($\pi e \nu$):	$< 1\%$	$< 1\%$
zweipionische:	5%	3%
dreipionische:	5%	3%
semileptonische ($\pi \mu \nu$):	5%	3%

- Akzeptanzen in der Klasse 2:

	M-C	Kalib. Daten
semileptonische ($\pi e \nu$):	$64 \pm 2\%$	$64 \pm 1\%$
missidentifizierte semilept. ($\pi e \nu$):	5%	3%
zweipionische:	5%	3%
dreipionische:	5%	3%
semileptonische ($\pi \mu \nu$):	5%	3%

- Akzeptanzen total, gewichtete Mittelwerte aus Monte-Carlo und Kalibrationsdaten:

semileptonische ($\pi e \nu$):	$62 \pm 2\%$
missidentifizierte semilept. ($\pi e \nu$):	3%
zweipionische:	4%
dreipionische:	4%
semileptonische ($\pi \mu \nu$):	4%

Werte ohne Fehlerangabe sind als Abschätzungen zu betrachten.

4.10.2 Resultate der semileptonischen Daten

- $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibration:

normales Feld: $N(\bar{K}^0)/N(K^0) = 1.135 \pm 0.016$

invertiertes Feld: $N(\bar{K}^0)/N(K^0) = 1.167 \pm 0.019$

- $N(e^+)/N(e^-)$ Kalibration

$$N(e^+)/N(e^-) = a + bt + ct^2 \quad (t \text{ in Einheiten von } \tau_s)$$

	a	b	c
normales Feld	0.89 ± 0.06	$(0.27 \pm 0.10)E-1$	$(-0.12 \pm 0.04)E-2$
invertiertes Feld	0.86 ± 0.06	$(0.17 \pm 0.10)E-1$	$(-0.66 \pm 0.40)E-3$

- Symmetrischer Untergrund

ohne Lebensdauer-Öffnungswinkel "Cut": $14 \pm 5\%$

mit Lebensdauer-Öffnungswinkel "Cut": $9 \pm 5\%$

- Asymmetrischer Untergrund (2π):

$$1.2 \pm 0.2\%$$

- Zeitliche Auflösung in den

Semileptonischen:

$$\Delta t = (0.35 \pm 0.15)\tau_s$$

- Resultate der Asymmetrien:

$$\Delta m = (0.558 \pm 0.021[\text{stat}] \pm 0.033[\text{syst}]) \cdot 10^{10} \text{ } \bar{h}s^{-1}$$

$$\text{Im}(x) = (-0.38 \pm 0.44[\text{stat}] \pm 0.28[\text{syst}]) \cdot 10^{-1}$$

$$\text{Re}(\epsilon) < 4 \cdot 10^{-3}$$

- Literaturwerte:

$$\Delta m = (0.5351 \pm 0.0024) \cdot 10^{10} \text{ } \bar{h}s^{-1}$$

$$\text{Im}(x) = (-0.03 \pm 0.26) \cdot 10^{-1}$$

$$\text{Re}(\epsilon) = (1.575 \pm 0.016) \cdot 10^{-3}$$

Die Werte von Δm , $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ stimmen mit den Literaturwerten überein. Der in den Semileptonischen bestimmte Untergrund deckt sich mit den Werten aus den Monte-Carlo Simulationen und den Kalibrationsdaten.

4.11 Zusammenfassung und Diskussion zu Kapitel 4

Die Cerenkov- und Szintillatorsignale konnten für Impulse < 250 MeV korrigiert werden und erlaubten eine erfolgreiche Bestimmung der semileptonischen Ereignisse. Es wurde eine Methode entwickelt, die eine vollständige Auswertung inklusive Akzeptanzen, Ladungsasymmetrien, Untergrund, zeitliche Auflösung und der relevanten Asymmetrien in den semileptonischen Zerfällen erlaubt. Der Wert von Δm konnte reproduziert werden. $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ konnten nicht genügend genau bestimmt werden, um die $\Delta S = \Delta Q$ -Regel und die T-Verletzung in den semileptonischen Zerfällen zu testen. Da die Fehlergrenzen aber nahe bei den Literaturwerten liegen, wird es mit relativ wenig zusätzlicher Statistik gelingen, $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ zu bestimmen.

Die Angewendete $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibrationsmethode mit der A_1 Asymmetrie ist zweifelhaft. Dem direkten Einfluss der Kalibration auf die Werte von $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ wurde aber in den systematischen Fehlern Rechnung getragen. Ein gleichzeitiger Fit der verschiedenen Asymmetrien dürfte ein gutes Resultat ergeben.

Die Abweichungen der $N(e^+)/N(e^-)$ und $N(\bar{K}^0)/N(K^0)$ Kalibrationen von der Einheit zeigen, dass zur Bestimmung von $\text{Im}(x)$, $\text{Re}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ den Kalibrationen ein besonderes Augenmerk gewidmet werden muss. Ohne genaue Kalibrationen können diese Werte nur aus den nichtkonstanten Bereichen der Kurven bestimmt werden, was eine hohe Statistik bei kurzen Lebensdauern bedingt. Der Lebensdauer- Öffnungswinkel Cut sollte weggelassen werden, da er besonders Ereignisse bei kurzer Lebensdauer verwirft, wo die Oszillation der semileptonischen Asymmetrien dominant ist und somit den wichtigsten Bereich darstellt. Da der Untergrund in den Semileptonischen bestimmt werden kann, bestünde die Möglichkeit, die Cuts zur Vorselektion zu lockern. Anstelle der Constraint Fits könnte eine minimale Distanz der beiden Vertices verlangt werden und sofort eine modifizierte Version der Elektron-Pion Trennung angewendet werden. Anschliessende schwächere Constraint Fits könnten zur Reinigung der Daten verwendet werden. Die grössere Anzahl Semileptonischer dürfte den Nachteil des erhöhten Untergrundes überwiegen.

Die Bestimmung der Lebensdauer des neutralen Kaons in den Semileptonischen sollte anhand der zweipionischen Ereignisse kontrolliert werden. Wegen der Impuls- und Energieerhaltung, sollte der Constraint-Fit bei den zweipionischen Ereignissen genauere Werte für die Impulse ergeben. Falls dabei systematische Verschiebungen zwischen den Impulsen, die mit der Spurkrümmung bestimmt wurden und denjenigen aus dem Constraint-Fit auftreten, könnten die Impulse in den Semileptonischen entsprechend korrigiert werden.

Abschliessend kann folgendes festgestellt werden:

- Die hier vorgelegte Methode zur Auswertung der Semileptonischen erlaubt es Δm , $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ zu bestimmen und somit die T-Symmetrie und die $\Delta S = \Delta Q$ -Regel zu testen.
- Der Untergrund, Detektionsasymmetrien und die zeitliche Auflösung in den Semileptonischen sind bestimmbar.
- Eine 5- 10fache Statistik wird es erlauben $\text{Im}(x)$ und $\text{Re}(\epsilon)$ zu bestimmen.

Literaturverzeichnis zum Kapitel 4

- [1] J. Carvalho et. al., Normalization at CPLEAR, EP/PS195/JC/91-015, CERN, 1991
- [2] Particle Data Group, Review of Particle Properties, Phys. Let. B, 1990

Kapitel 5

The Slow-Control

This chapter is meant to be a Slow-Control manual. Thus it is written in English. Because it should be userfriendly, the same information can appear several times in this chapter.

5.0 Introduction

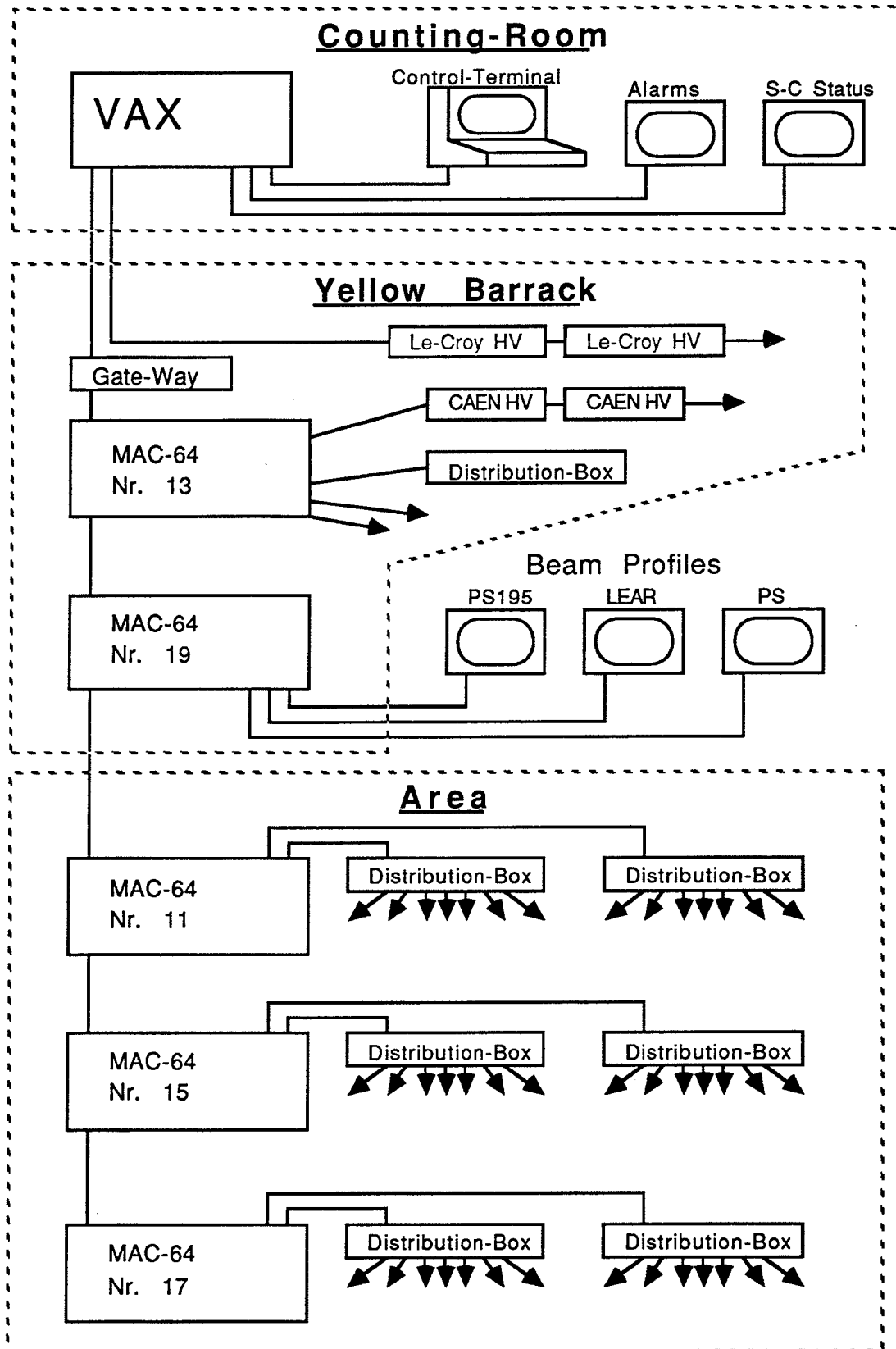
The aim of the slow control system is to control all important power supplies, thresholds, gas pressures and flows, temperatures and the beam position. It allows the setting and controlling of the high voltages, and safety switches. A warning or alarm is displayed in the counting room if any of the activated channels runs out of its assigned tolerance or limit range, respectively. The beam position is displayed continuously in the PS195 counting room, the LEAR control room and the PS control room. All values like HV, limits, tolerances and masks can be set from the VAX UXCP04. A Slow-Control command terminal is auto assigned to this machine. Two status screens are connected to show the alarms and warnings on one and the status of the Slow-Control system on the other.

The system chosen for PS195 consists of 5 MAC-64 crates connected via UTI-NET [1] and ETHERNET to the experiments VAX-cluster. The UTI-NET protocol is translated to the ETHERNET protocol by a GATEWAY [2]. Each MAC-64 crate has standalone software which is activated by the startup of the Slow-Control software on the VAX [12]. The necessary parameters, like tolerances and limits, are downloaded to the MAC-64 crates before the monitoring is started.

A special MAC-64 crate is used to monitor the beam. It has standalone software similar to the other stations, but at startup it displays the beam profiles immediately, even without contact to the VAX. Thus the beam profile is still displayed in the case of a Slow-Control crash.

The two HV Systems used are contacted in two different ways. The Le-Croy crates are daisy chained via a RS232 terminal line directly to a VAX terminal port. The baud rate is set to the maximum value of 300. The CAEN crates are daisy chained to a serial interface module in MAC-64 crate nr. 13 [13].

Overview of the Slow-Control System



5.1 MAC-64 Monitoring and control System

5.1.0 General

MAC-64 is a flexible, low cost system for monitoring and control of equipment developed for LEP experiments. Its local processing capability and ability to communicate over a local UTI-NET network [1] made it suitable for PS195. It is based on a G64 bus [4] using a Motorola M6809 processor. The crate has up to 384 input/output channels using independent pairs of wires galvanically isolated from the G64 processor bus.

5.1.1 The MAC-64 Crate

5.1.1.1 The Chassis

The chassis is a double height Europa chassis comprising two 100 mm high card frames.

The lower frame has a 15 Station G64 bus back plane. 3 stations are used for the system cards. The processor card, communications interface (UTI-NET) and a paged memory card. 12 stations are designed for the logical input/output cards.

The upper card frame has a 12 station back plane for user defined input/output adaptor cards. Each station has 32 fully isolated pairs of wires which can be connected to the users own connectors at the rear of the chassis. In addition, a common 12V auxiliary supply and a card identification system are implemented.

Both card frames are designed for Eurocards of 160 mm depth fixed at 100 mm from the front of the chassis, thus allowing front edge cabling and a front door for appropriate rack ventilation.

The rear of the chassis is free for the users own connectors on modular panel. This allows a connector grouping suited to the external needs, independent of the functional grouping at the interface cards. In principle this avoids the use of intermediate patch panels. In the case of PS195 so called Distribution-Boxes (see section 5.2) had to be developed for the following two reasons. The layout of the experiment was not entirely defined when the MAC-64 Systems were ordered. Thus the system had to be kept entirely flexible. In addition to this, Voltages out of the ADC ranges required voltage dividers which could not be placed inside the crates.

5.1.1.2 The G64 Bus

The G-64 bus is a simple 8 bit, bidirectional bus with 16 bit address capability. Designed by GESPAC SA, Geneva in 1979, it is widely used at CERN and in industry. Each crate within a system has a unique chassis number. This number is cabled at a fixed address on the bus and is used as crate address on UTI-NET.

5.1.2 The G-64 System Cards

The following list gives a brief description of the cards used by PS195. Information about other or new cards can be found in [4].

5.1.2.1 68B09E Paging Processor

A single board processor incorporates a double ACIA for terminal and printer (or modem), a real time Clock/calendar, a 16 bit timer incorporated in the ACIA and a battery backed-up memory area of 42 bytes. The processor can directly address 4 to 32 Kbytes of EPROM and up to 4 pages (of 48 Kbytes each) of RAM on the processor card itself. A further 28 pages of RAM/ROM can be addressed on additional memory cards.

5.1.2.2 G-64 Paged System ROM (SPS 3496.11)

A single memory board containing 12 pages (of 48 Kbytes each) of ROM. Used in a development system, the 12 pages (p 4-15) can hold all the software of a standard FLEX system: compilers, assemblers, interpreters and utilities on EPROM, thus avoiding the slow work on a floppy disk.

5.1.2.3 G-64 Paged System RAM/ROM (SPS 3496.08)

A single memory board containing 2 pages of mixed RAM and ROM, used in a target crate when program needs exceed the memory space available on the processor board. It can also be used in a development system to extend the RAM based virtual disk. Compilation, assembly and link-loading can thus be carried out completely in memory: disk copies of files need only to be made at the end of a session.

5.1.2.4 Floppy Controller (SPS 6607.01)

A single board floppy disk controller supporting up to 4 double sided double density disk drives. It can be used with 8", 5 1/4" and 3 1/2" units though the 8" will not be further supported and the 3 1/2" is strongly recommended and used in all G-64 development stations.

5.1.2.5 UTI-NET Intelligent Interface (LEP-680-7540-050)

A single board interface with M6809E co-processor on board which handles the communications protocol. The user has a 1 Kbyte window of memory which is shared by the communications interface and contains the status and control bytes, interrupt mask, correspondent's address and the incoming and outgoing strings.

5.1.3 Input/Output Cards

The following cards have been chosen to cover the needs of PS195. More cards can be found in [5]. Each input/output card has a row of jumpers to set it's address corresponding to the position in the MAC-64 crate. (See 5.3.2)

5.1.3.1 Dual Parallel Interface Module (EFS-PIA/GESPIA-2)

A single board, foreseen as input or output register for all digital signals. The module has 32 signal lines which can be configured as inputs or outputs and 8 control lines which can be used for interrupts or for input/output strobes.

5.1.3.2 ADC 10 Bit (COR-ADC 10 ISO)

Single board analog-digital converter 16 channel 10 bit. The possible ranges are 0 to 10 V, 0 to 20 V unipolar or -5 to +5 V, -10 to +10 V bipolar. In addition a preamplifier with gains 1,10 and 100 can divide the above ranges into the corresponding smaller ones.

5.1.4 Interface Cards (Adapter Cards)

Interface cards are installed in the upper frame. They adapt the signal type and level of the external equipment to the G-64 I/O Cards. Write-ups of other cards than those used by PS195 can be found in [4].

5.1.4.1 NB9006 32 Channel Input Adapter

It has the Mac Ident number = 01 (identification number on the upper MAC-64 bus) and is used with the G-64 PIA I/O card. It enables the survey of 32 relays or open collector transistors per card. Optocouplers are used to isolate the NB9006 from the PIA. They are driven by a current source and switched by the relays or transistors to be sensed.

5.1.4.2 NB9016 32 Channel Analogue Multiplexer

It has the Mac Ident number = 0C. This card enables 32 analogue signals to be multiplexed to the ADC card. The output from each multiplexer is taken to one of the 16 ADC inputs. A G-64 PIA selects a channel simultaneously on all the multiplexers. The appropriate Multiplexer is then selected by the channel number internally in the ADC. The card has a programmable gain amplifier common to all channels. The gain can be set to 1, 10 or 100 and is independent of the gain of the ADC.

5.1.4.3 NB9010 PT100 Temperature Measurement

It has the Mac Ident number = 03. This card has 16 channels for PT100 thermoresistors. A 3 wire connection to the resistor is used to subtract the resistance of the wires. The PT100 platinum resistors have a resistance of 100 Ohms at 0°C with a slope of 0.385 Ohms/°C.

5.1.4.4 NB8100 MAC Ident

This card is normally installed at position 16 of the G64 card frame. It has several functions:

- 1) Return the crate number if address E300 is read.
- 2) Return the Mac Ident number of position 1 to 12 if address E301 to E30C is read.
- 3) Connect the RESET and ABORT buttons on the crate to the RESET and NMI (Non Maskable Interrupt) lines of the G64 bus respectively.
- 4) Enable an external line to generate RESET or an interrupt. The type of action is set by jumpers.

5.1.5 Development System

The development system uses the facilities of the paging system with all system software on a 12 page ROM memory board: 2 pages of RAM on the processor board are configured as a virtual disk of 380 sectors. User files and libraries are copied to this pseudo disk once only at the start of a session and thereafter, all operations of editing, compiling, assembly and debugging take place in memory, thus avoiding inherently long disk access times. At the end of a session, files which need to be saved are copied back to the users disk.

A single 3 1/2" floppy drive and controller card, keyboard (IBM type) and TV monitor are used on development systems. Firmware

includes the FLEX operating system commands [6], full screen editor [7], BASIC interpreter and compiler [8], PASCAL compiler and assembler [9] and DEBUG tools [11].

5.2 The Distribution-Boxes

As mentioned in chapter 4.1 the layout of the experiment was not yet fixed in the construction phase of the Slow-Control and a part of the signals do not match the range of the ADCs. To cope with this problem different types of so called "Distribution-Boxes" were built. Each Distribution-Box groups 16 signals to one output connector. Two are connected to one station of the MAC-64 chassis. Cannon 37 pin female connectors are used as output of the Distribution-Boxes and as input on the MAC-64 chassis back plane. This allows an easy cabling with crimp connectors and flat cables. The boxes contain a printed circuit board which connects the different inputs to one standard output. All connectors are female on the boxes and chassis and male on the cables.

The inputs are wired from the front panel to the printed circuit board to allow any type of input connector. Each signal or group of signals has its own ground line. (Unfortunately, all grounds of the digital channels are on a common line of the upper MAC-64 back plane, which results in grounding problems.) One pin is reserved to connect a possible shielding of an input cable to the MAC-64 clean earth. Clean earth means a connection to the local ground independent of the power earth. A switch on the rear panel of the MAC-64 crates allows the choice between a direct connection and a connection decoupled by a capacitor.

The following sections give an overview of the most important types of Distribution-Boxes. Special ones are not mentioned.

5.2.1 Pinout of Output connector

Cannon 37 p. female	
Pin Nr.	Function
1	Shielding
2	Signal 1
3	Signal 2
.	.
.	.
16	Signal 15
17	Signal 16
20	Return 1
21	Return 2
.	.
.	.
34	Return 15
36	Return 16

5.2.2 Calo1

Monitoring of 16 single channels, digital or analog <10 V. For higher voltages voltage dividers have to be added.

Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Lemo 2p. Nr 1	1	black			2
	2	brown			20
Lemo 2p. Nr 2	1	black			3
	2	brown			21
Lemo 2p. Nr 3	1	black			4
	2	brown			22
Lemo 2p. Nr 4	1	black			5
	2	brown			23
Lemo 2p. Nr 5	1	black			6
	2	brown			24
Lemo 2p. Nr 6	1	black			7
	2	brown			25
Lemo 2p. Nr 7	1	black			8
	2	brown			26
Lemo 2p. Nr 8	1	black			9
	2	brown			27
Lemo 2p. Nr 9	1	black			0
	2	brown			28
Lemo 2p. Nr 10	1	black			11
	2	brown			29
Lemo 2p. Nr 11	1	black			12
	2	brown			30
Lemo 2p. Nr 12	1	black			13
	2	brown			31
Lemo 2p. Nr 13	1	black			14
	2	brown			32
Lemo 2p. Nr 14	1	black			15
	2	brown			33
Lemo 2p. Nr 15	1	black			16
	2	brown			34
Lemo 2p. Nr 16	1	black			17
	2	brown			35

5.2.3 CAMAC/NIM

Monitoring of 2 NIM and 1 CAMAC crate.

Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Cannon 15 p. NIM 1	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-25
	3	brown	+6		2
	4	red	- 6		3
	5	orange	+12	1/2	4
	6	yellow	-12	1/2	5
	7	green	+24	1/4	6
	8	blue	-24	1/4	7
Cannon 15 p. NIM 2	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		26-31
	3	brown	+6		8
	4	red	- 6		9
	5	orange	+12	1/2	10
	6	yellow	-12	1/2	11
	7	green	+24	1/4	12
	8	blue	-24	1/4	13
Cannon 15 p. CAMAC	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		32-35
	3	brown	+6		14
	4	red	- 6		15
	7	green	+24	1/4	16
	8	blue	-24	1/4	17

If necessary the crates can be inverted as the pinout of the CAMAC and NIM connectors is the same. The consequence is no surveillance of the +12 V and -12 V of a NIM crate connected to a CAMAC input and a 0 V reading of the missing +12 V and -12 V if a CAMAC crate is connected to a NIM input.

5.2.4 Racks

Monitoring of a temperature and a power control-relay of 8 racks.

Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Burndy 8p. Rack 1	1	black	temp.		2
	3	brown			20
	5	black	pow.		3
	7	red			21
Burndy 8p. Rack 2	1	black	temp.		4
	3	brown			22
	5	black	pow.		5
	7	red			23
Burndy 8p. Rack 3	1	black	temp.		6
	3	brown			24
	5	black	pow.		7
	7	red			25
Burndy 8p. Rack 4	1	black	temp.		8
	3	brown			26
	5	black	pow.		9
	7	red			27
Burndy 8p. Rack 5	1	black	temp.		10
	3	brown			28
	5	black	pow.		11
	7	red			29
Burndy 8p. Rack 6	1	black	temp.		12
	3	brown			30
	5	black	pow.		13
	7	red			31
Burndy 8p. Rack 7	1	black	temp.		14
	3	brown			32
	5	black	pow.		15
	7	red			33
Burndy 8p. Rack 8	1	black	temp.		16
	3	brown			34
	5	black	pow.		17
	7	red			35

5.2.5 Streamertubes2 (VME)

Monitoring of 4 VME Crates.

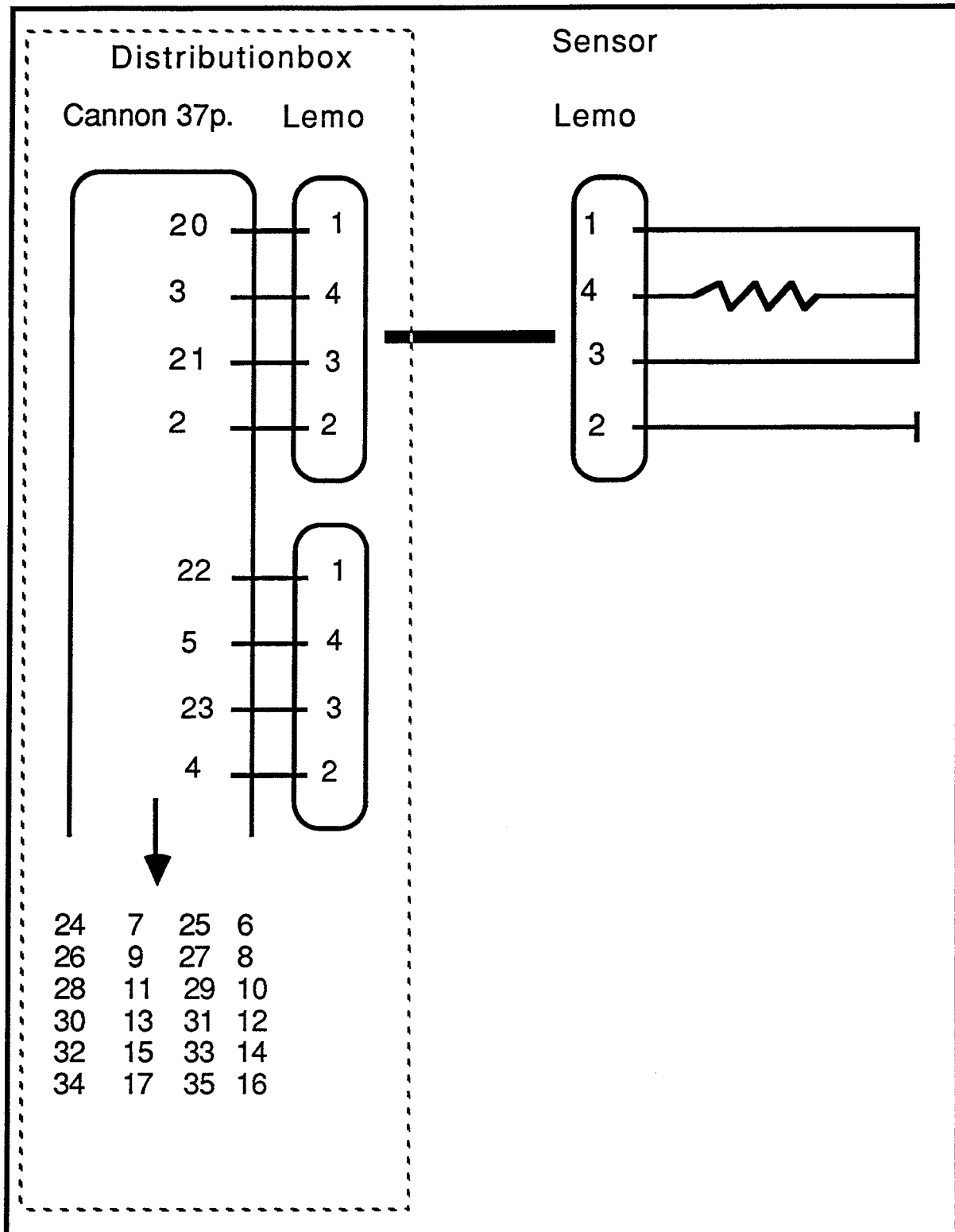
Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Cannon 9p. VME 1	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-23
	3	brown	+5		2
	4	red	- 5		3
	5	orange	+12	1 / 2	4
	6	yellow	-12	1 / 2	5
Cannon 9p. VME 2	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		24-27
	3	brown	+5		6
	4	red	- 5		7
	5	orange	+12	1 / 2	8
	6	yellow	-12	1 / 2	9
Cannon 9p. VME 3	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		28-31
	3	brown	+5		10
	4	red	- 5		11
	5	orange	+12	1 / 2	12
	6	yellow	-12	1 / 2	13
Cannon 9p. VME 4	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		32-35
	3	brown	+5		14
	4	red	- 5		15
	5	orange	+12	1 / 2	16
	6	yellow	-12	1 / 2	17

5.2.6 PT100

Monitoring of 8 temperature sensors.

Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Lemo 4p. PT100 Nr.1	1	black			20
	2	brown			3
	3	red			21
	4	orange			2
Lemo 4p. PT100 Nr.2	1	black			22
	2	brown			5
	3	red			23
	4	orange			4
Lemo 4p. PT100 Nr.3	1	black			24
	2	brown			7
	3	red			25
	4	orange			6
Lemo 4p. PT100 Nr.4	1	black			26
	2	brown			9
	3	red			27
	4	orange			8
Lemo 4p. PT100 Nr.5	1	black			28
	2	brown			11
	3	red			29
	4	orange			10
Lemo 4p. PT100 Nr.6	1	black			30
	2	brown			13
	3	red			31
	4	orange			12
Lemo 4p. PT100 Nr.7	1	black			32
	2	brown			15
	3	red			33
	4	orange			14
Lemo 4p. PT100 Nr.8	1	black			34
	2	brown			17
	3	red			35
	4	orange			16

5.2.7 Pinout of the PT100



5.2.8 PID (CPVME)

Monitoring of 4 CPVME and one VME crate.

Inputs					Output
Conn. Type/Nr.	Pin Nr.	Colour	Voltage	V. Dividers	Pin Nr.
Cannon 9p. CPVME 1	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-22
	3	brown	+5		2
	4	red	- 5		3
	6	orange	- 2		4
Cannon 9p. CPVME 2	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-22
	3	brown	+5		5
	4	red	- 5		6
	6	orange	- 2		7
Cannon 9p. CPVME 3	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-22
	3	brown	+5		8
	4	red	- 5		9
	6	orange	- 2		10
Cannon 9p. CPVME 4	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		20-22
	3	brown	+5		11
	4	red	- 5		12
	6	orange	- 2		13
Cannon 9p. VME	1	white	Shield.		1
	2	black	Return		32-35
	3	brown	+5		14
	4	red	- 5		15
	5	orange	+12	1 / 2	16
	6	yellow	-12	1 / 2	17

5.2.9 Front Panels of the Distribution-Boxes

NIM ☐	NIM ☐	CAMAC ☐	C/N	OUTPUT ☐
---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----	------------------------------------

1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	Racks	OUTPUT ☐
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------	------------------------------------

CPVME ☐	CPVME ☐	CPVME ☐	CPVME ☐	VME ☐	PID	OUTPUT ☐
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----	------------------------------------

1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	CALO1	OUTPUT ☐
9 ☐	10 ☐	11 ☐	12 ☐	13 ☐	14 ☐	15 ☐	16 ☐		

VME ☐	VME ☐	VME ☐	VME ☐	ST2	OUTPUT ☐
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----	------------------------------------

TDCVME ☐	TDCVME ☐	VME ☐	SPARE ☐	SPARE ☐	ST1	OUTPUT ☐
------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----	------------------------------------

1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	PT100	OUTPUT ☐
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------	------------------------------------

INPUT ☐	DC-A...I	OUTPUT ☐
-----------------------------------	----------	------------------------------------

1 ☐	2 ☐	SPARE ☐	SPARE ☐	DC-ADC	OUTPUT ☐
-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------	------------------------------------

5.3 Slow-Control Tables and Plans

5.3.1 Slow-Control Layout

Mac-64 Nr. 11					
Position: Z18					
Slot Nr.	Detector	Distr. Box	Location	Installed	Comments
1A	Temp-Mux				Not used
1B	Temp-Mux				Not used
2A	PID	C/N 1	Z21	Y	(redisconnected?)
2B	PID	C/N 2	Z21	Y	"
3A	PID	C/N 3	Z21	Y	"
3B	PID	PID 1	Z21	Y	"
4A	ST	ST 2	Z26	Y	
4B	ST	ST 1	Z26	Y	
5A	BEAM	C/N 1	Z18	Y	
5B	BEAM	CALO1	Z18	Y	Analog
6A	PC	DC-ADC 7	Z28	Y	
6B	TRIG	PID 1	Z22	Y	
7A	TRIG	PID 2	Z22	Y	
7B	TRIG	C/N 1	Z22	Y	
8A	DC	PID 1	Z24	Y	Crates
8B	DC	PID 2	Z24	Y	not
9A	HWP2	PID	Z19	Y	installed
9B					
10A					
10B					
11A					
11B	BEAM	CALO1	Z18	Y	Digital
12A	RACKS	RACKS 3	Z20	Y	
12B	RACKS	RACKS 4	Z28	Y	

Crate Nr.: 11		Slot Nr.: 2A		Distribution-Box: PID C/N 1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	NIM	Z21C1	+ 6		
2			- 6		
3			+12		
4			-12		
5			+24		
6			-24		
7	NIM	Z21C2	+ 6		
8			- 6		
9			+12		
10			-12		
11			+24		
12			-24		
13	CAMAC	Z21C4	+ 6		
14			- 6		
15			+24		
16			-24		

Crate Nr.: 11		Slot Nr.: 2B		Distribution-Box: PID C/N 2	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	NIM	Z21C3	+ 6		
2			- 6		
3			+12		
4			-12		
5			+24		
6			-24		
7	NIM	Z20C4	+ 6		
8			- 6		
9			+12		
10			-12		
11			+24		
12			-24		
13	CAMAC	Z21C5	+ 6		
14			- 6		
15			+24		
16			-24		

Crate Nr.: 11		Slot Nr.: 3A		Distribution-Box: PID C/N 3	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	NIM	Z20C3	+ 6		
2			- 6		
3			+12		
4			-12		
5			+24		
6			-24		
7	CAMAC	Z20C1	+ 6		
8			- 6		
9			0		
10			0		
11			+24		
12			-24		
13	CAMAC	Z21C2	+ 6		
14			- 6		
15			+24		
16			-24		

Crate Nr.:11	Slot Nr.:3B	Distribution-Box: PID PID 1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CPVME 1	Z21C1	+ 5	Spare
2			- 5	
3			- 2	
4	CPVME 2	Z21C2	+ 5	
5			- 5	
6			- 2	
7	CPVME 3	Z21C3	+ 5	
8			- 5	
9			- 2	
10	CPVME 4	Z21C4	+ 5	
11			- 5	
12			- 2	
13	VME			
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:4A	Distribution-Box: ST ST2 1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	VME 1	Z27C1	+ 5	
2			- 5	
3			+ 1 2	
4	VME 2	Z27C2	- 1 2	
5			+ 5	
6			- 5	
7	VME 3	Z27C3	+ 1 2	
8			- 1 2	
9			+ 5	
10	VME 4	Z27C4	- 5	
11			+ 1 2	
12			- 1 2	
13			+ 5	
14			- 5	
15			+ 1 2	
16			- 1 2	

Crate Nr.:11	Slot Nr.:4B	Distribution-Box: ST ST1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	TDCVME 1	Z26C2	+ 5	
2			- 5	
3			+ 1 2	
4	TDCVME 2	Z26C3	- 1 2	
5			+ 1 0	
6			+ 5	
7			- 5	
8			+ 1 2	
9			- 1 2	
10	VME	Z27C5	+ 1 0	
11			+ 5	
12			- 5	
13	SPARE		+ 1 2	
14			- 1 2	
15				
16	SPARE			

Crate Nr.: 11	Slot Nr.: 5A	Distribution-Box: BEAM C/N		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	NIM	Z18C1	+ 6	
2			- 6	
3			+1 2	
4			-1 2	
5			+2 4	
6			-2 4	
7	NIM	Z18C2	+ 6	
8			- 6	
9			+1 2	
10			-1 2	
11			+2 4	
12			-2 4	
13	CAMAC			SPARE
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:5B	Distribution-Box: BEAM CALO1 analog		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	BEAM-SPIKE ALARM	Z18	+5V	not yet connected
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:6A	Distribution-Box: PC DC-ADC 7		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	LEMO SPARE LEMO SPARE ADC-Crate	Z28C2	+ 5 - 5 + 6 - 6 + 1 8 - 1 8 + 2 4	
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9	ADC-Crate	Z28C3	+ 5 - 5 + 6 - 6 + 1 8 - 1 8 + 2 4	
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:6B	Distribution-Box: TRIG PID 1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CPVME 1	Z22C1	+ 5	
2			- 5	
3			- 2	
4	CPVME 2	Z22C2	+ 5	
5			- 5	
6			- 2	
7	CPVME 3	Z22C3	+ 5	
8			- 5	
9			- 2	
10	CPVME 4	Z22C4	+ 5	
11			- 5	
12			- 2	
13	VME			Spare
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:7A	Distribution-Box: TRIG PID 2		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CPVME 1	Z23C1	+ 5	
2			- 5	
3			- 2	
4	CPVME 2	Z23C2	+ 5	
5			- 5	
6			- 2	
7	CPVME 3	Z23C3	+ 5	
8			- 5	
9			- 2	
10	CPVME 4	Z23C4	+ 5	
11			- 5	
12			- 2	
13	VME			Spare
14				
15				
16				

Crate Nr.: 11	Slot Nr.: 7B	Distribution-Box: TRIG C/N		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	NIM	Z22C4	+ 6	
2			- 6	
3			+ 12	
4			- 12	
5			+ 24	
6			- 24	
7	NIM			Spare
8				
9				
10				
11	CAMAC			
12				
13				
14				
15				
16				

Crate Nr.:11		Slot Nr.:8A		Distribution-Box: DC PID 1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	CPVME 1	Z24C1	+ 5		
2			- 5		
3			- 2		
4	CPVME 2	Z24C2	+ 5		
5			- 5		
6			- 2		
7	CPVME 3	Z24C3	+ 5		
8			- 5		
9			- 2		
10	CPVME 4			SPARE	
11					
12					
13	VME			SPARE	
14					
15					
16					

Crate Nr.:11	Slot Nr.:8B	Distribution-Box: DC PID 2		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CPVME 1	Z25C1	+ 5	
2			- 5	
3			- 2	
4	CPVME 2	Z25C2	+ 5	
5			- 5	
6			- 2	
7	CPVME 3	Z25C3	+ 5	
8			- 5	
9			- 2	
10	CPVME 4			SPARE
11				
12				
13	VME			SPARE
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:9A	Distribution-Box: TRIG PID		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CPVME 1	Z19C1	+ 5	SPARE
2			- 5	
3			- 2	
4	CPVME 2	Z19C2	+ 5	
5			- 5	
6			- 2	
7	CPVME 3	Z19C3	+ 5	
8			- 5	
9			- 2	
10	CPVME 4	Z19C4	+ 5	
11			- 5	
12			- 2	
13	VME			
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:11B	Distribution-Box: BEAM CALO1 DIGITAL		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	FB	Z18C3	STATUS	
2	FB	Z18C4	STATUS	
3	FB	Z24C4	STATUS	
4	FB	Z25C4	STATUS	
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Crate Nr.:11	Slot Nr.:12A	Distribution-Box: RACKS 3		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	RACK 17	Z51	TEMP.	
2			POWER	
3	RACK 18	Z17	TEMP.	
4			POWER	
5	RACK 19	Z18	TEMP.	
6			POWER	
7	RACK 20	Z19	TEMP.	
8			POWER	
9	RACK 21	Z20	TEMP.	
10			POWER	
11	RACK 22	Z21	TEMP.	
12			POWER	
13	RACK 23	Z22	TEMP.	
14			POWER	
15	RACK 24	Z23	TEMP.	
16			POWER	

Crate Nr.:11	Slot Nr.:12B	Distribution-Box: RACKS 4		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	RACK 25	Z24	TEMP.	
2			POWER	
3	RACK 26	Z25	TEMP.	
4			POWER	
5	RACK27	Z26	TEMP.	
6			POWER	
7	RACK 28	Z27	TEMP.	
8			POWER	
9	RACK 29	Z28	TEMP.	
10			POWER	
11	RACK 30	Z29	TEMP.	
12			POWER	
13	RACK 31	Z17B	TEMP.	
14			POWER	
15	PC-FB 1	Z28C2	STATUS	
16	PC-FB 2	Z28C3	STATUS	

Mac-64 Nr. 13					
Position: B10					
Slot Nr.	Detector	Distr. Box	Location	Installed	Comments
1A	Le-Croy				
1B	HV				
2A	Caen HV				
2B	"				
3A	"				
3B	"				
4A	DC gas-				One flatcable to
4B	pressure				MAC-64 directly
5A	"				"
5B	"				"
6A	SLOW-C.	CALO1	B10	Y	
6B	ST			N	Gas flow
7A	GAS	CALO1	GAS-RACKS	Y	
7B	EB-RRO	ST1 1	B1	Y	Crates not connected
8A	EB-RRO	ST1 2	B1	Y	"
8B	EB-RRO	C/N 1	B2	Y	Crates not connected
9A	EB-RRO	C/N 2	B2	Y	"
9B	Count.room				Cable installed
10A	Count.room				Cable installed
10B					
11A	SLOW-C.	WATCHDOG	B10	Y	DB partly modified
11B	SLOW-C.	WATCHDOG	B10	Y	DB not modified
12A	SLOW-C.	CALO1	B10	Y	Dig. input
12B	GAS	CALO1	GAS-RACKS	Y	

Crate Nr.:13		Slot Nr.:4A		Distribution-Box: Cabled directly to MAC-64	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	PRESSURE 1	GAS RACKS	2.2	unstable channel	
2	PRESSURE 2	GAS RACKS	2.1		
3	PRESSURE 3	GAS RACKS	1.6		
4	PRESSURE 4	GAS RACKS	1.7		
5	PRESSURE 5	GAS RACKS	2.0		
6	PRESSURE 6	GAS RACKS	1.6		
7	PRESSURE 7	GAS RACKS	1.3		
8	PRESSURE 8	GAS RACKS	0.00		
9	PRESSURE 9	GAS RACKS	1.9		
10	PRESSURE 10	GAS RACKS	1.7		
11	PRESSURE 12	GAS RACKS	1.9		
12	PRESSURE 13	GAS RACKS	1.7		
13	PRESSURE 14	GAS RACKS	2.5		
14					
15					
16					

Crate Nr.:13		Slot Nr.:6A		Distribution-Box: SLOW-C. CALO1 ANALOG	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	MAGNETIC FIELD	YELLOW B.	+ - 4.4		
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Crate Nr.:13		Slot Nr.:7A		Distribution-Box: GAS CALO1 ANALOG	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	PC GAS-FLOW 1	GAS RACKS	0-5.0	SPARE	
2	PC GAS-FLOW 2	GAS RACKS	0-5.0		
3	PC GAS-FLOW 3	GAS RACKS	0-5.0		
4	PC				
5	CALO GAS-FLOW 1	GAS RACKS	0-5.0		
6	CALO GAS-FLOW 2	GAS RACKS	0-5.0		
7	CALO PRESSURE 1	GAS RACKS	0-10.0		
8	CALO PRESSURE 2	GAS RACKS	0-10.0		
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16	BEAM PRESSURE	GAS RACKS	0-10.0		

Crate Nr.:13	Slot Nr.:7B	Distribution-Box: EB-RRO ST2 1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	VME 1	B1C1	+ 5	
2			- 5	
3			+1 2	
4			- 1 2	
5	VME 2	B1C2	+ 5	
6			- 5	
7			+1 2	
8			- 1 2	
9	VME 3	B1C3	+ 5	
10			- 5	
11			+1 2	
12			- 1 2	
13	VME 4	B1C4	+ 5	
14			- 5	
15			+1 2	
16			- 1 2	

Crate Nr.:13	Slot Nr.:8A	Distribution-Box: EB-RRO ST2 2		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	VME 1	B2C1	+ 5	
2			- 5	
3			+12	
4			- 12	
5	VME 2	B2C2	+ 5	
6			- 5	
7			+12	
8			- 12	
9	VME 3	B2C3	+ 5	
10			- 5	
11			+12	
12			- 12	
13	VME 4	B2C4	+ 5	
14			- 5	
15			+12	
16			- 12	

Crate Nr.: 13	Slot Nr.: 8B	Distribution-Box: EB-RRO C/N 1		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	NIM	B3C1	+ 6	
2			- 6	
3			+12	
4			-12	
5	+24			
6	-24			
7	NIM	B4C1	+ 6	
8			- 6	
9			+12	
10			-12	
11	+24			
12	-24			
13	CAMAC	B3C2	+ 6	
14			- 6	
15			+24	
16			-24	

Crate Nr.: 13		Slot Nr.: 9A		Distribution-Box: EB-RRO C/N 2	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	NIM	B8C1	+ 6		
2			- 6		
3			+ 1 2		
4			- 1 2		
5			+ 2 4		
6			- 2 4		
7	NIM	B9C1	+ 6		
8			- 6		
9			+ 1 2		
10			- 1 2		
11			+ 2 4		
12			- 2 4		
13	CAMAC	B3C3	+ 6		
14			- 6		
15			+ 2 4		
16			- 2 4		

Crate Nr.:13		Slot Nr.:11A		Distribution-Box: SLOW-C. CALO1 WATCHDOG 1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	CAEN-HV IDLE	YELLOW B.		Only Channels 1-4 are modified for Watchdog output !!!!!!!	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Crate Nr.:13		Slot Nr.:12A		Distribution-Box: SLOW-C. CALO1 DIGITAL	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	CALO FB	B3C1	STATUS		
2	CALO FB	B3C2	STATUS		
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Crate Nr.:13	Slot Nr.:12B	Distribution-Box: GAS CALO1 DIGITAL		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	PC PRESSURE 1	GAS RACKS		
2	PC PRESSURE 2	GAS RACKS		
3	ST GAS-FLOW 1	GAS RACKS		
4	ST GAS-FLOW 2	GAS RACKS		
5	ST GAS-FLOW 3	GAS RACKS		
7	ST GAS-FLOW 4	GAS RACKS		
8	ST GAS-FLOW 5	GAS RACKS		
9	ST GAS-FLOW 6	GAS RACKS		
10	ST GAS-FLOW 7	GAS RACKS		
11	ST GAS-FLOW 8	GAS RACKS		
12	ST GAS-FLOW 9	GAS RACKS		
13	ST GAS-FLOW 10	GAS RACKS		
14	ST GAS-FLOW 11	GAS RACKS		
15	ST GAS-FLOW 12	GAS RACKS		
16	ST GAS-FLOW 13	GAS RACKS		

Mac-64 Nr. 15					
Position: Z17					
Slot Nr.	Detector	Distr. Box	Location	Installed	Comments
1A	DC	DC-D	Z17	Y	Position not yet defined
1B	DC	DC-E	Z17	Y	
2A	DC	DC-F	Z17	Y	
2B	DC	DC-G	Z17	Y	
3A	DC	DC-H	Z17	Y	
3B	DC	DC-I	Z17	Y	
4A	CALO	C/N		N	
4B					
5A					
5B					
6A					
6B					
7A					
7B					
8A					
8B					
9A	General	PT100	Z16	Y	
9B					
10A					
10B					
11A					Y
11B	CALO	CALO1-FB2		Z12	
12A	CALO	CALO1-FB3		Z16	
12B	RACKS	RACKS 2	Z12		

Crate Nr.:15	Slot Nr.:1A	Distribution-Box: DC-D		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	CF1		+5.0 V	Masked
2	CF1		+12.0 V	Masked
3	D1M1		-5.0 V	
4	D1M2		-5.0 V	
5	D1		+12.0 V	Masked
6	D2		?	
7	D2M1		+5.0 V	
8	D2M2		-5.0 V	
9	D2M2		+5.0 V	
10	D2		-12.0 V	Masked
11	CF1		-12.0 V	Masked
12	D1		+2.0V	
13	D1M1		+5.0 V	
14	D1M2		+5.0 V	
15	D1M1M2		+12.0 V	
16	D2M1		-5.0 V	

Crate Nr.:15	Slot Nr.:1B	Distribution-Box: DC-E		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	D2M1M2		+12.0 V	
2	D3M1		-5.0 V	
3	D3M2		-5.0 V	
4	D3		-12.0 V	Masked
5	CF2		+5.0 V	Masked
6	CF2		+12.0 V	Masked
7	D6M1		-5.0 V	
8	D6M1		+5.0 V	
9	D6M2		-5.0 V	
10	D6M2		+5.0 V	
11	D3		?	Threshold
12	D3M1		+5.0 V	
13	D3M2		+5.0 V	
14	D3M1M2		+12.0 V	
15	CF2		-12.0 V	Masked
16	D6		?	Threshold

Crate Nr.:15	Slot Nr.:2A	Distribution-Box: DC-F		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	D6M3		-5.0 V	
2	D6		-12.0 V	Masked
3	D6		-12.0 V	Masked
4	D5		?	Threshold
5	D5M1		+5.0 V	
6	D5M2		+5.0 V	
7	D5M3		+5.0 V	
8	D5		-12.0 V	Masked
9	D5M1M2M3		+12.0 V	
10	D4		2.5 V	
11	D6M3		+5.0 V	
12	D6M1M2		+12.0 V	
13	D6M3		+12.0 V	
14	D5M1		-5.0 V	
15	D5M2		-5.0 V	
16	D5M3		-5.0 V	

Crate Nr.:15	Slot Nr.:2B	Distribution-Box: DC-G		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	D4M1		-5.0 V	
2	D4M2		-5.0 V	
3	D4		-12.0 V	Masked
4	CF3		+5.0 V	Masked
5	CF3		+12.0 V	Masked
6	PC1M1		-5.0 V	
7	PC1M2		-5.0 V	
8	PC1M2		+5.0 V	
9	PC1M3		-5.0 V	
10	PC1M3		+5.0 V	
11	D4M1		+5.0 V	
12	D4M2		+5.0 V	
13	D4M1M2		+12.0 V	
14	CF3		-12.0 V	Masked
15	PC1		?	Threshold & Masked
16	PC1M1		+5.0 V	

Crate Nr.:15	Slot Nr.:3A	Distribution-Box: DC-H		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	PC1		-12.0 V	Masked
2	PC2		?	Threshold
3	PC2M1		+5.0 V	
4	PC2M2		+5.0 V	
5	PC2M3		+5.0 V	
6	PC2M1M2		+12.0 V	
7	PC2M3		+12.0 V	
8	CS5		-12.0 V	Masked
9	CS5		+12.0 V	Masked
10	CS5		+5.0 V	Masked
11	PC1		+12.0 V	
12	PC2M1		-5.0 V	
13	PC2M2		-5.0 V	
14	PC2M3		-5.0 V	
15	PC2		-12.0 V	Masked
16	PC2		-12.0 V	Masked

Crate Nr.:15	Slot Nr.:3B	Distribution-Box: DC-I CABLE NOT CONNECTED!		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	PC1I		-12.0 V	Masked
2	PC1E		-12.0 V	Masked
3	RS1		-12.0 V	Masked
4	CS6		-12.0 V	Masked
5	CS6		+5.0 V	Masked
6	RS4		+12.0 V	Masked
7	RS3		+12.0 V	Masked
8	RS2		-12.0 V	Masked
9	RS2		+12.0 V	Masked
10			?	Empty
11	PC1I		+12.0 V	Masked
12	PC1E		+12.0 V	Masked
13	RS1		+12.0 V	Masked
14	CS6		+12.0 V	Masked
15	RS4		-12.0 V	Masked
16	RS3		-12.0 V	Masked

Crate Nr.:15		Slot Nr.:12B		Distribution-Box: RACKS 2	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	RACK 9	Z9	TEMP.		
2			POWER		
3	RACK 10	Z10	TEMP.		
4			POWER		
5	RACK 11	Z11	TEMP.		
6			POWER		
7	RACK 12	Z12	TEMP.		
8			POWER		
9	RACK 13	Z13	TEMP.		
10			POWER		
11	RACK 14	Z14	TEMP.		
12			POWER		
13	RACK 15	Z15	TEMP.		
14			POWER		
15	RACK 16	Z16	TEMP.		
16			POWER		

Mac-64 Nr. 17					
Position: Z5					
Slot Nr.	Detector	Distr. Box	Location	Installed	Comments
1A	CALO	CALO-LV 1	Z5	Y	
1B	CALO	CALO-LV 2	Z14	Y	
2A	CALO	CALO-LV 3	Z14	Y	
2B	CALO	CALO-TH 1		N	
3A	CALO	CALO-TH 2		N	
3B	CALO	CALO-TH 3		N	
4A	DC	DC-A	Z5	Y	Not connected
4B	DC	DC-B	Z5	Y	Not connected
5A	DC	DC-C	Z5	Y	Not connected
5B	DC	DC-ADC 1	Z2	Y	Not connected
6A	DC	DC-ADC 2	Z2	Y	Not connected
6B	DC	DC-ADC 3	Z3	Y	Not connected
7A	DC	DC-ADC 4	Z3	Y	Not connected
7B	DC	DC-ADC 5	Z4	Y	Not connected
8A	DC	DC-ADC 6	Z4	Y	Not connected
8B					
9A					
9B					
10A					
10B					
11A					
11B					
12A	CALO	CALO1-FB1	Z8	Y	
12B	RACKS	RACKS 4	Z8	Y	

Crate Nr.:17	Slot Nr.:1A	Distribution-Box:CALO CALO-LV 1			
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LV1 1	Z6C2			
2	LV1 2				
3	LV1 3				
4	LV1 4				
5	LV1 5				
6	LV1 6				
7	LV2 1	Z8C2			
8	LV2 2				
9	LV2 3				
10	LV2 4				
11	LV2 5				
12	LV2 6				
13				Spare	
14				Spare	
15				Spare	
16				Spare	

Crate Nr.:17	Slot Nr.:1B	Distribution-Box:CALO CALO-LV 2			
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LV3 1	Z10C2			
2	LV3 2				
3	LV3 3				
4	LV3 4				
5	LV3 5				
6	LV3 6				
7	LV4 1	Z12C3			
8	LV4 2				
9	LV4 3				
10	LV4 4				
11	LV4 5				
12	LV4 6				
13				Spare	
14				Spare	
15				Spare	
16				Spare	

Crate Nr.:17	Slot Nr.:2A	Distribution-Box:CALO CALO-LV 3			
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LV5 1	Z14C2			
2	LV5 2				
3	LV5 3				
4	LV5 4				
5	LV5 5				
6	LV5 6				
7	LV6 1	Z16C2			
8	LV6 2				
9	LV6 3				
10	LV6 4				
11	LV6 5				
12	LV6 6				
13				Spare	
14				Spare	
15				Spare	
16				Spare	

Crate Nr.:17		Slot Nr.:4A		Distribution-Box: DC-A	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	CS1		- 1 2		
2	CS1		+ 5		
3	D1I		+ 1 2		
4	D1E		+ 1 2		
5	D2I		+ 1 2		
6	CS2		+ 1 2		
7	D2E		- 1 2		
8	D2E		+ 1 2		
9	D3I		- 1 2		
10	D3I		+ 1 2		
11	CS1		+ 1 2		
12	D1I		- 1 2		
13	D1E		- 1 2		
14	D2I		- 1 2		
15	CS2		- 1 2		
16	CS2		+ 5		

Crate Nr.:17		Slot Nr.:4B		Distribution-Box: DC-B	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	D3E		- 1 2		
2	CS3		- 1 2		
3	CS3		+ 5		
4	D4I		+ 1 2		
5	D4E		+ 1 2		
6	D5I		+ 1 2		
7	CS4		+ 1 2		
8	CS4		+ 5		
9	D5E		- 1 2		
10	D5E		+ 1 2		
11	D3E		+ 1 2		
12	CS3		+ 1 2		
13	D4I		- 1 2		
14	D4E		- 1 2		
15	D5I		- 1 2		
16	CS4		- 1 2		

Crate Nr.:17	Slot Nr.:5A	Distribution-Box: DC-C		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	D6I		- 1 2	
2	D6E		- 1 2	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11	D6I		+1 2	
12	D6E		+1 2	
13				
14				
15				
16				

Crate Nr.:17		Slot Nr.:5B		Distribution-Box: PC DC-ADC 1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LEMO SPARE	Z2C1			
2	LEMO SPARE				
3	ADC-Crate		+ 5		
4			- 5		
5			+ 6		
6			- 6		
7			+ 1 8		
8			- 1 8		
9		+ 2 4			
10	ADC-Crate	Z2C2	+ 5		
11			- 5		
12			+ 6		
13			- 6		
14			+ 1 8		
15			- 1 8		
16			+ 2 4		

Crate Nr.:17		Slot Nr.:6A		Distribution-Box: PC DC-ADC 2	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LEMO SPARE LEMO SPARE ADC-Crate	Z2C3	+ 5		
2			- 5		
3			+ 6		
4			- 6		
5			+ 1 8		
6			- 1 8		
7			+ 2 4		
8			+ 5		
9	ADC-Crate	Z2C4	- 5		
10			+ 6		
11			- 6		
12			+ 1 8		
13			- 1 8		
14			+ 2 4		
15			+ 5		
16			- 5		

Crate Nr.:17		Slot Nr.:6B		Distribution-Box: PC DC-ADC 3	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	LEMO SPARE LEMO SPARE ADC-Crate	Z3C1	+ 5		
2			- 5		
3			+ 6		
4			- 6		
5			+ 1 8		
6			- 1 8		
7			+ 2 4		
8			+ 5		
9	ADC-Crate	Z3C2	- 5		
10			+ 6		
11			- 6		
12			+ 1 8		
13			- 1 8		
14			+ 2 4		
15					
16					

Crate Nr.:17	Slot Nr.:7A	Distribution-Box: PC DC-ADC 4		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	LEMO SPARE	Z3C3	+ 5	
2	LEMO SPARE		- 5	
3	ADC-Crate		+ 6	
4			- 6	
5			+18	
6			-18	
7			+24	
8	ADC-Crate	Z3C4	+ 5	
9			- 5	
10			+ 6	
11			- 6	
12			+18	
13			-18	
14			+24	
15				
16				

Crate Nr.:17	Slot Nr.:7B	Distribution-Box: PC DC-ADC 5		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	LEMO SPARE	Z4C1	+ 5	
2	LEMO SPARE		- 5	
3	ADC-Crate		+ 6	
4			- 6	
5			+18	
6			-18	
7			+24	
8	ADC-Crate	Z4C2	+ 5	
9			- 5	
10			+ 6	
11			- 6	
12			+18	
13			-18	
14			+24	
15				
16				

Crate Nr.:17	Slot Nr.:8A	Distribution-Box: PC DC-ADC 6		
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments
1	LEMO SPARE	Z4C3	+ 5	
2	LEMO SPARE		- 5	
3	ADC-Crate		+ 6	
4			- 6	
5			+18	
6			-18	
7			+24	
8	ADC-Crate	Z4C4	+ 5	
9			- 5	
10			+ 6	
11			- 6	
12			+18	
13			-18	
14			+24	
15				
16				

Crate Nr.:17		Slot Nr.:12A		Distribution-Box:CALO CALO1-FB1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	FB CRATE 1	Z6C1	STATUS	EMPTY	
2	FB CRATE 2	Z6C2			
3	FB CRATE 3	Z6C3	STATUS		
4	FB CRATE 4	Z6C4	STATUS		
5	FB CRATE 5	Z7C1	STATUS	EMPTY	
6	FB CRATE 6	Z7C2	STATUS		
7	FB CRATE 7	Z7C3	STATUS		
8	FB CRATE 8	Z7C4	STATUS		
9	FB CRATE 9	Z8C1	STATUS		
10	FB CRATE 10	Z8C2			
11	FB CRATE 11	Z8C3	STATUS		
12	FB CRATE 12	Z8C4	STATUS		
13	FB CRATE 13	Z9C1	STATUS		
14	FB CRATE 14	Z9C2	STATUS		
15	FB CRATE 15	Z9C3	STATUS		
16	FB CRATE 16	Z9C4	STATUS		

Crate Nr.:17		Slot Nr.:12B		Distribution-Box: RACKS RACKS 1	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	RACK 1	Z1	TEMP.		
2			POWER		
3	RACK 2	Z2	TEMP.		
4			POWER		
5	RACK 3	Z3	TEMP.		
6			POWER		
7	RACK 4	Z4	TEMP.		
8			POWER		
9	RACK 5	Z5	TEMP.		
10			POWER		
11	RACK 6	Z6	TEMP.		
12			POWER		
13	RACK 7	Z7	TEMP.		
14			POWER		
15	RACK 8	Z8	TEMP.		
16			POWER		

Mac-64 Nr.:19				
Position: B10	Used for beam only			

Crate Nr.:19		Slot Nr.:1A		Distribution-Box: NONE	
Channel	Monitored device	Location	Signal	Comments	
1	X-PROFILE	BARRACK	4 7 0	VIRTUAL-CHANNELS	
2	X-SIGMA	BARRACK	5 5		
3	Y-PROFILE	BARRACK	4 7 0		
4	Y-SIGMA	BARRACK	5 5		

5.3.2 Address Table of the MAC-64 Bus (lower)

Slot Nr.	Hex. address	Binary address			Jumper pattern
		fixed	settable	fixed	
1	E100	111000	0100000	000	YNNYYYY
2	E120	111000	0100100	000	YNNYNNY
3	E140	111000	0101000	000	YNNYNNY
4	E160	111000	0101100	000	YNNYNNY
5	E180	111000	0110000	000	YNNYYYY
6	E1A0	111000	0110100	000	YNNYNNY
7	E1C0	111000	0111000	000	YNNYNNY
8	E1E0	111000	0111100	000	YNNYNNY
9	E200	111000	1000000	000	NNYYYYY
10	E220	111000	1000100	000	NNYNNY
11	E240	111000	1001000	000	NNYNNY
12	E260	111000	1001100	000	NNYNNY

The fixed parts of the addresses are given by hardware. The settable part is defined by a set of jumpers on the I-O cards. To set a 0 a jumper has to be put (Y), to set 1 a jumper has to be left out (N).

5.3.4 Table of Connector Pinouts

Device	Connector	Pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VME EURO	Cannon 9 pin		Shielding	0V	+5V	-5V	+12V	-12V	-	-	-
TDCVME	"	"	"	0V	+5V	-5V	+12V	-12V	+10V	-	-
CPVME	"	"	"	0V	+5V	-5V	-	-2V	-	-	-
ADC	"	"	"	0V	+5V	-5V	+6V	-6V	+18V	-18V	+24V
NIM	Cannon 15 pin		"	0V	16V	-6V	+12V	-12V	+24V	-24V	-
CAMAC	"	"	"	0V	16V	-6V	-	-	+24V	-24V	-
Racks	BURNDY 8 pin		Gnd 1	-	Sig.1	-	Gnd. 2	-	Sig.2	-	-
PT100	Lemo 4 pin Size 0	See graphic									
Single Signals	Lemo 2 pin Size 0	Return		Signal							

All the connectors are female on the boxes and crates and male on the cables.

5.3.5 Tables of Cables

Cable: Racks		
Connector 1: Burndy 8 pin	Signal	Connector 2 : Burndy 8 pin
Pin Nr.:		Pin Nr.:
1	Temperature	1
3	Temperature return	3
5	Power	5
7	Power return	7

Cable: Fast-Bus		
Connector 1: Cannon 15 pin male	Signal	Connector 2 : Lemo 2 pin
Pin Nr.:		Pin Nr.:
1	Status	1
2	Status return	2

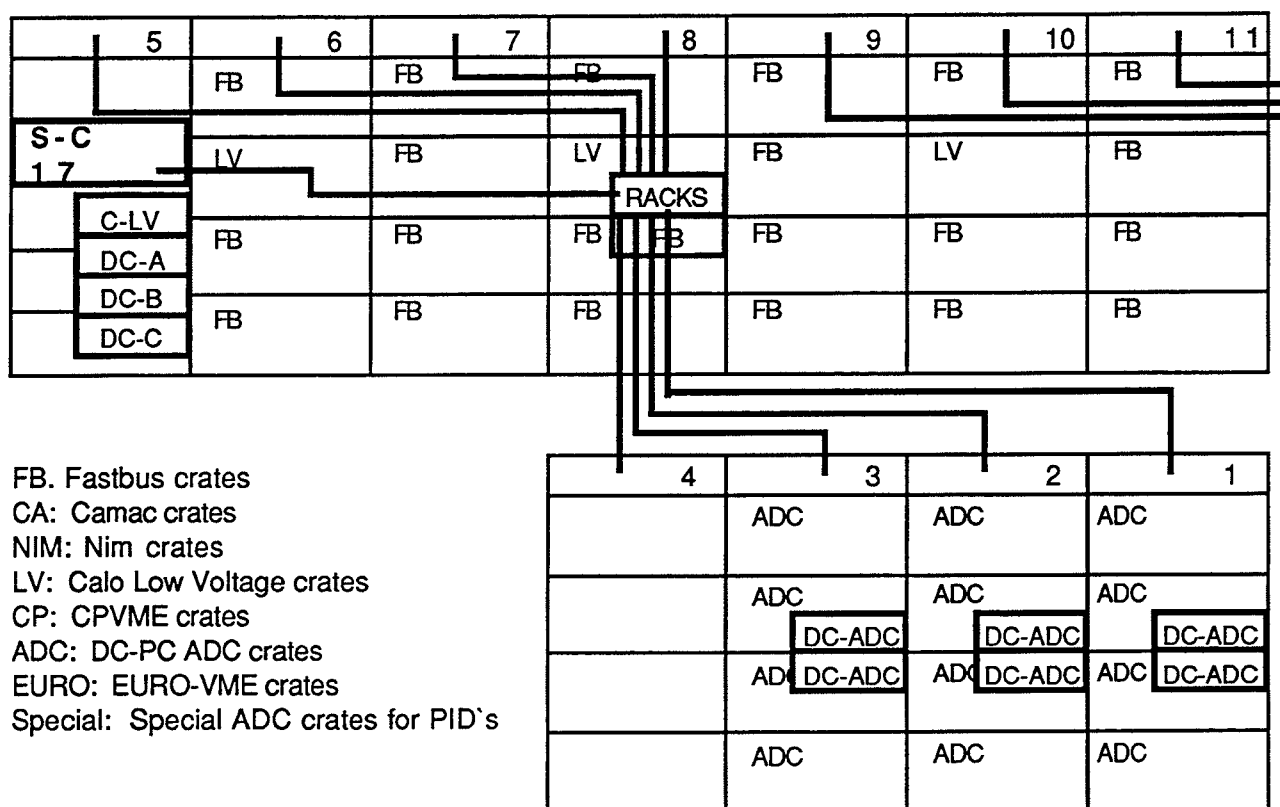
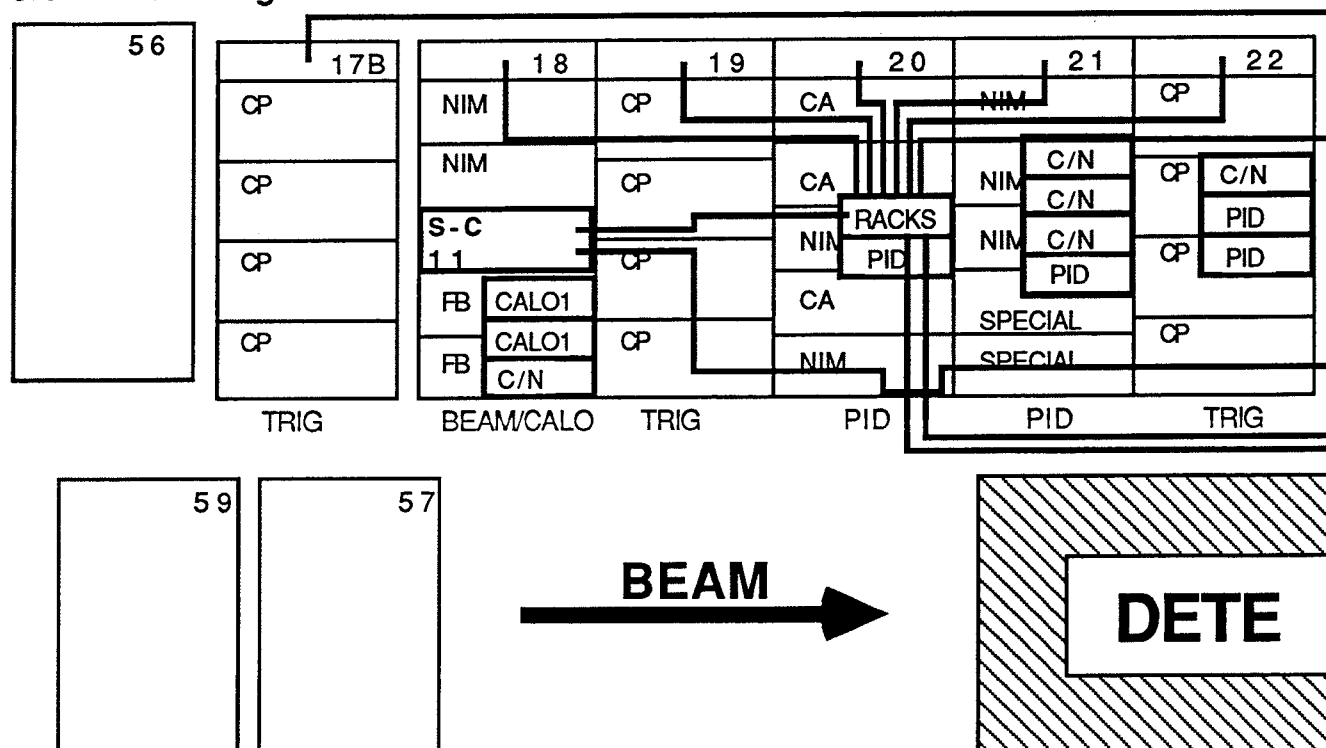
Cable: Single Signal (e.g. gas)		
Connector 1: Lemo 2 pin	Signal	Connector 2 : Lemo 2 pin
Pin Nr.:		Pin Nr.:
1	Signal return	1
2	Signal (analog or dig.)	2

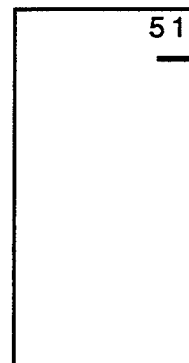
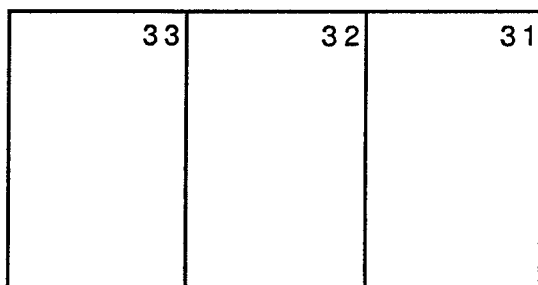
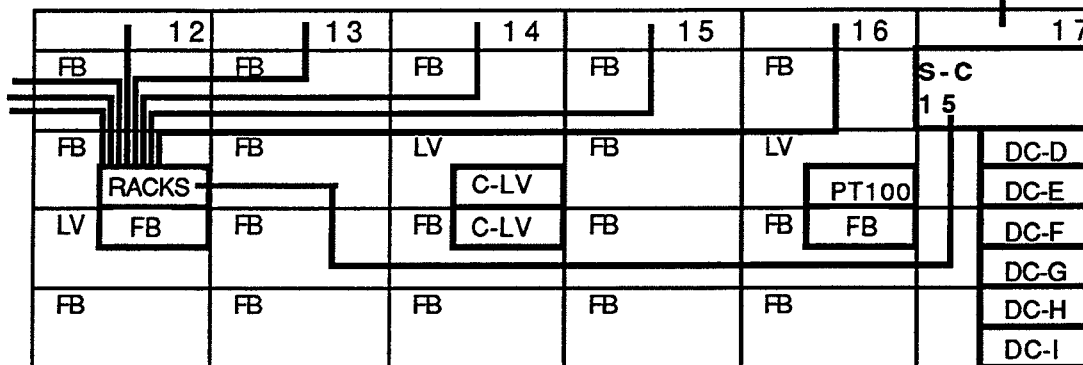
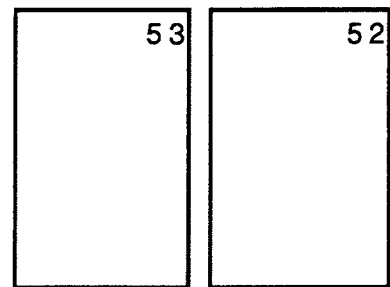
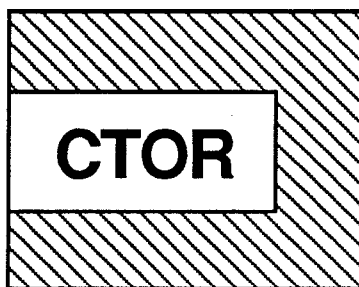
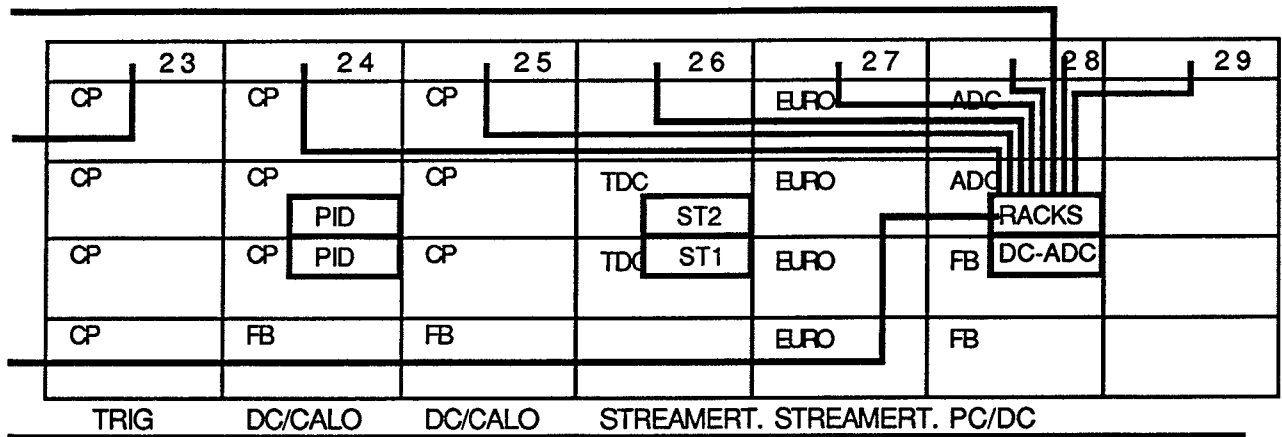
Cable: Camac-Nim		
Connector 1: Amphenol 36 pin male	Signal	C o n n e c t o r 2 : Cannon 15 pin male
Pin Nr.:		Pin Nr.:
-	Shielding	1
9	0 V	2
3	+6 V	3
4	-6 V	4
2	+12 V	5
5	-12 V	6
1	+24 V	7
6	-24 V	8
11	Status	9
23	Status return	10

Cable: PT100		
Connector 1: Lemo 4 pin	Signal	C o n n e c t o r 2 : Lemo 4 pin
Pin Nr.:		Pin Nr.:
1		1
2		2
3		3
4		4

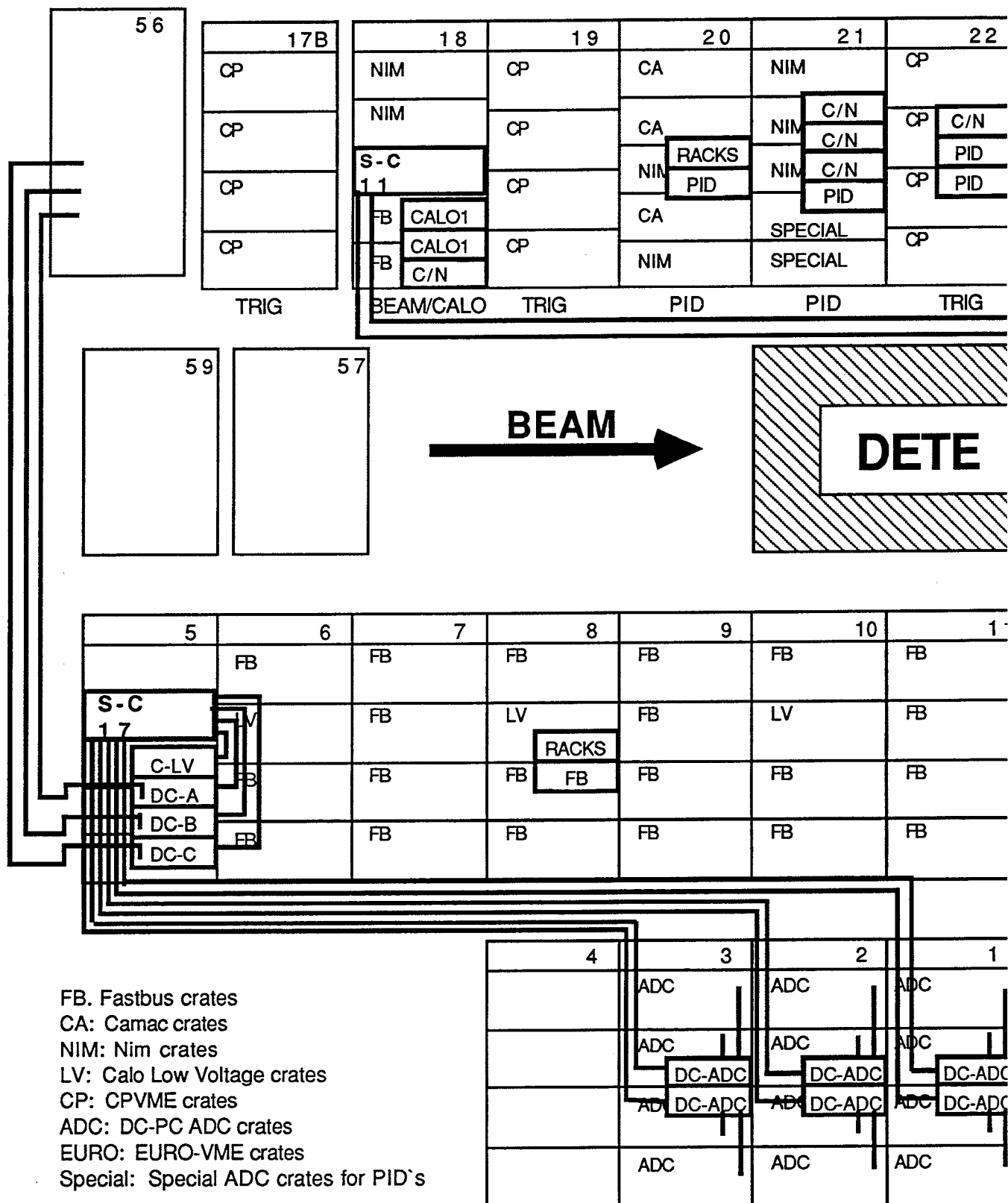
Cable: ADC		
Connector 1: Cannon 9 pin	Signal	C o n n e c t o r 2 : Cannon 9 pin
Pin Nr.		Pin Nr.
1	Shielding	1
2	0V	2
3	+5V	3
4	-5V	4
5	+6V	5
6	-6V	6
7	+18V	7
8	-18V	8
9	+24V	9

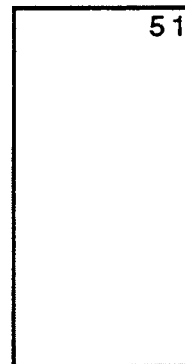
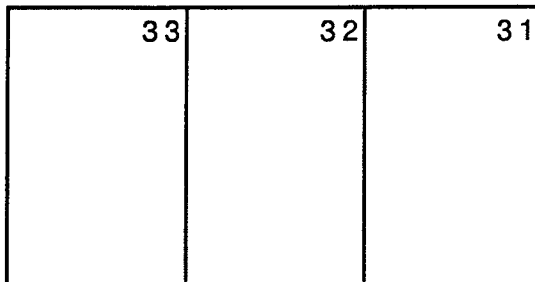
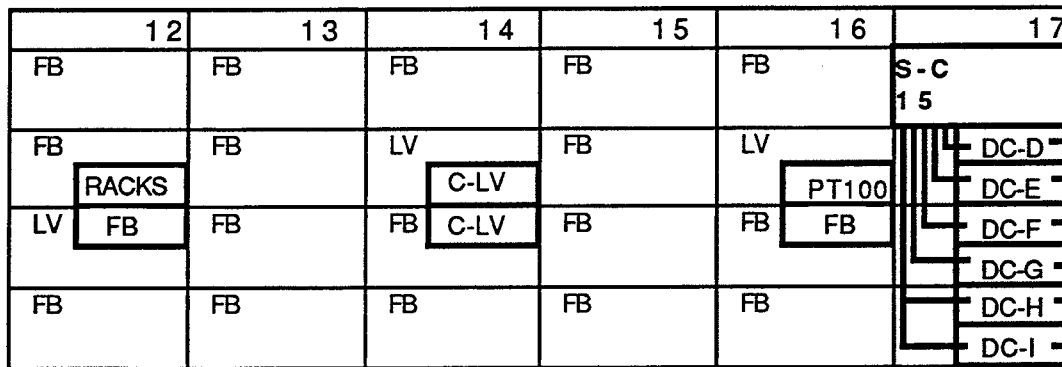
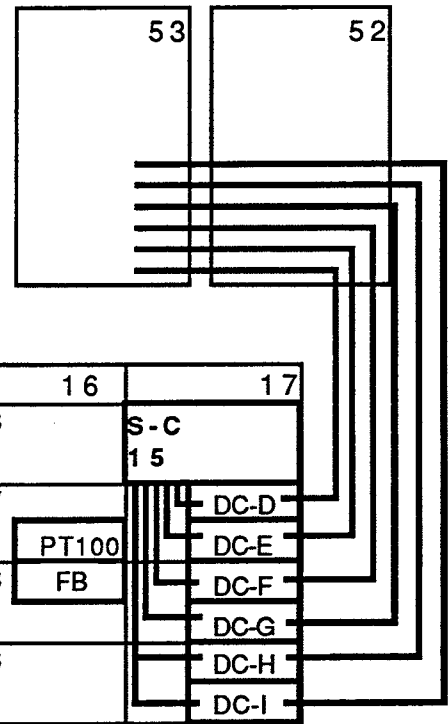
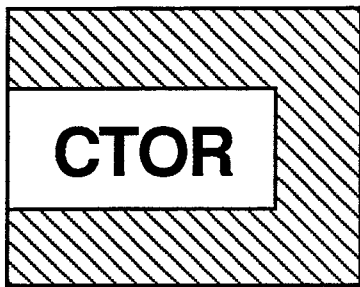
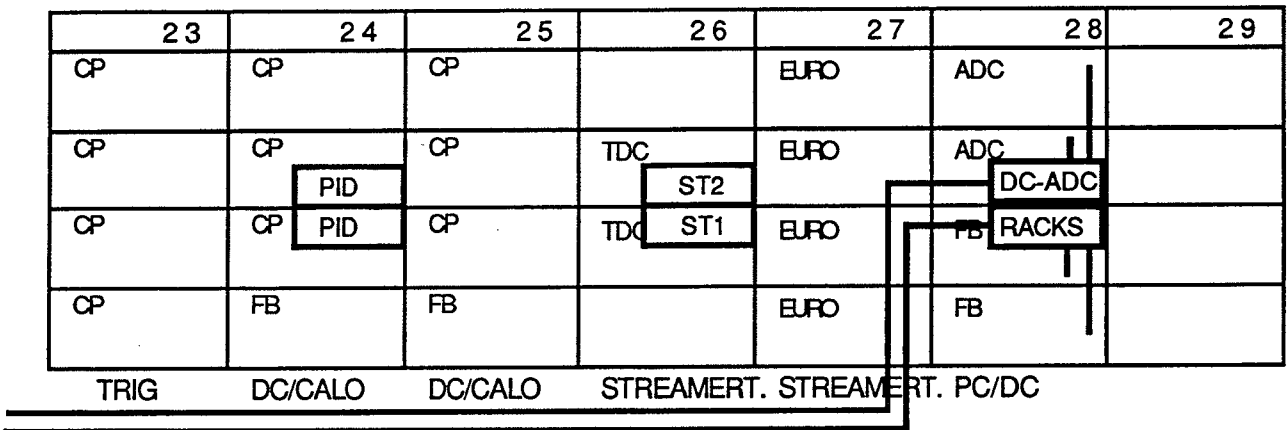
5.3.7 Cabling of the Racks



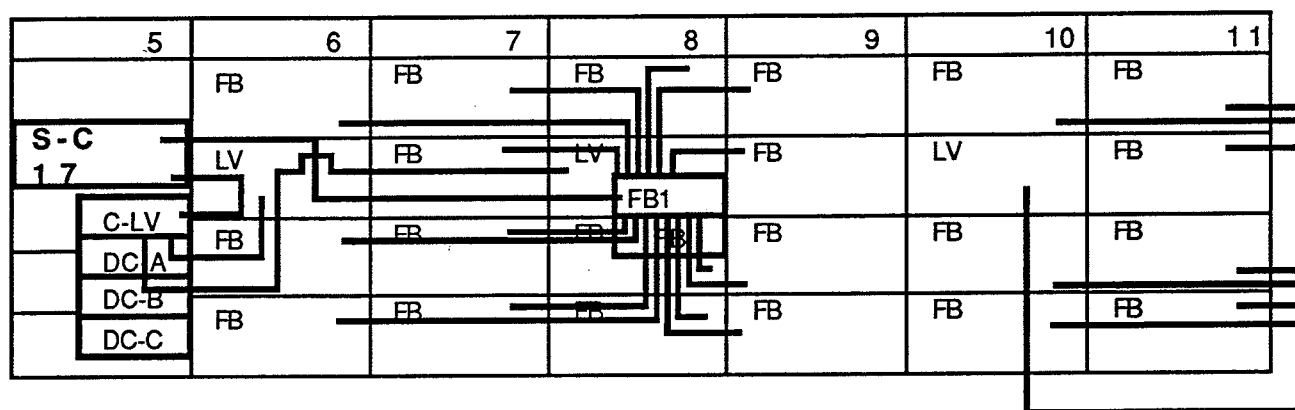
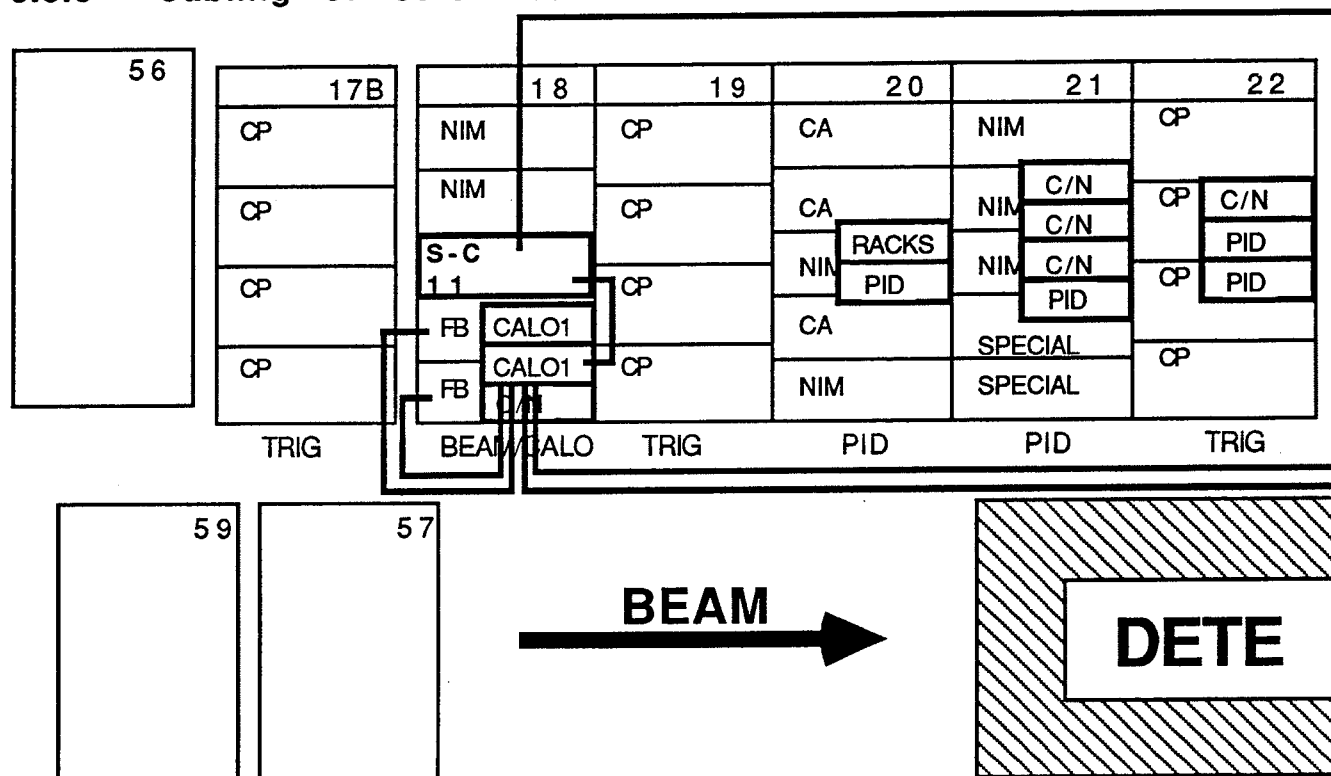


5.3.8 Cabling of the Drift- and Proportional Chambers



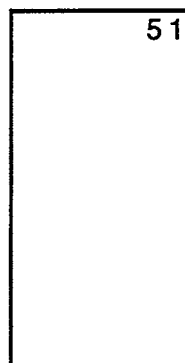
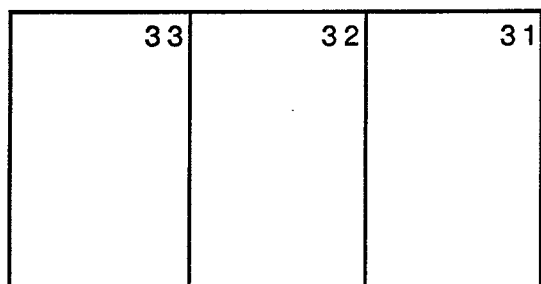
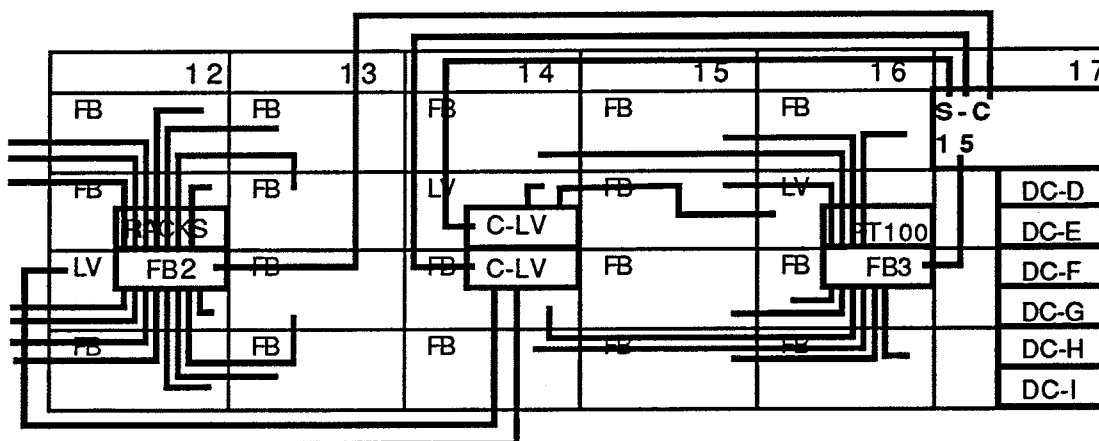
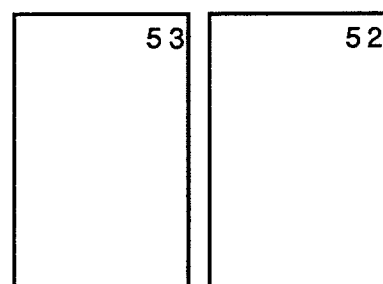
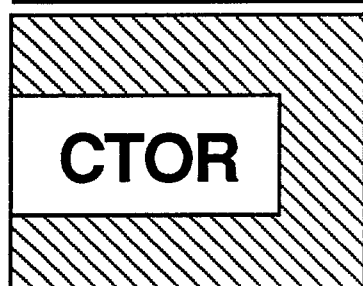
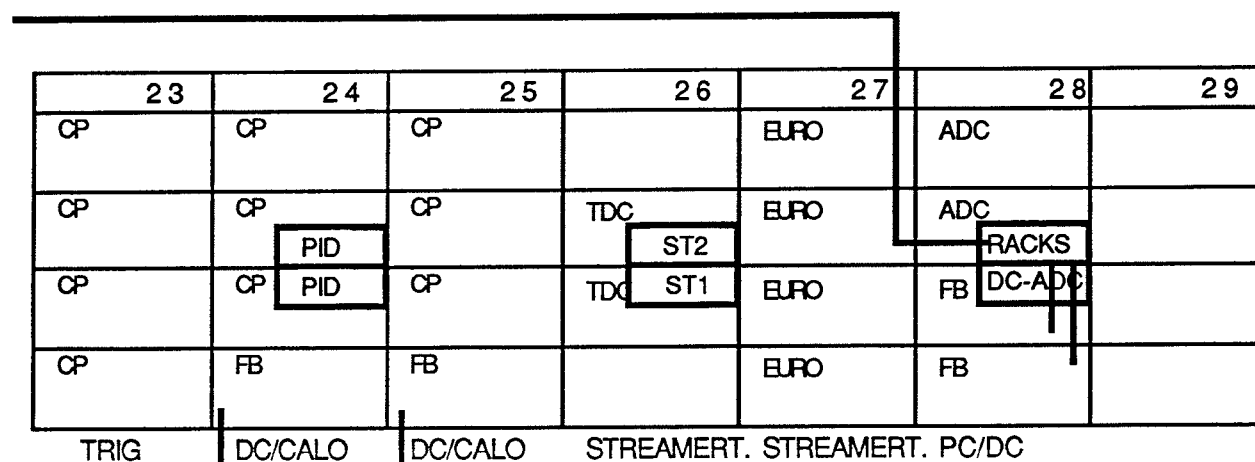


5.3.9 Cabling of Calorimeter

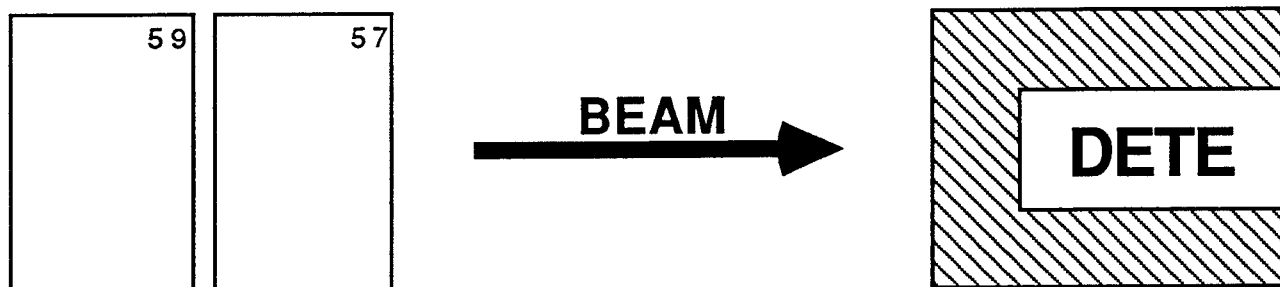
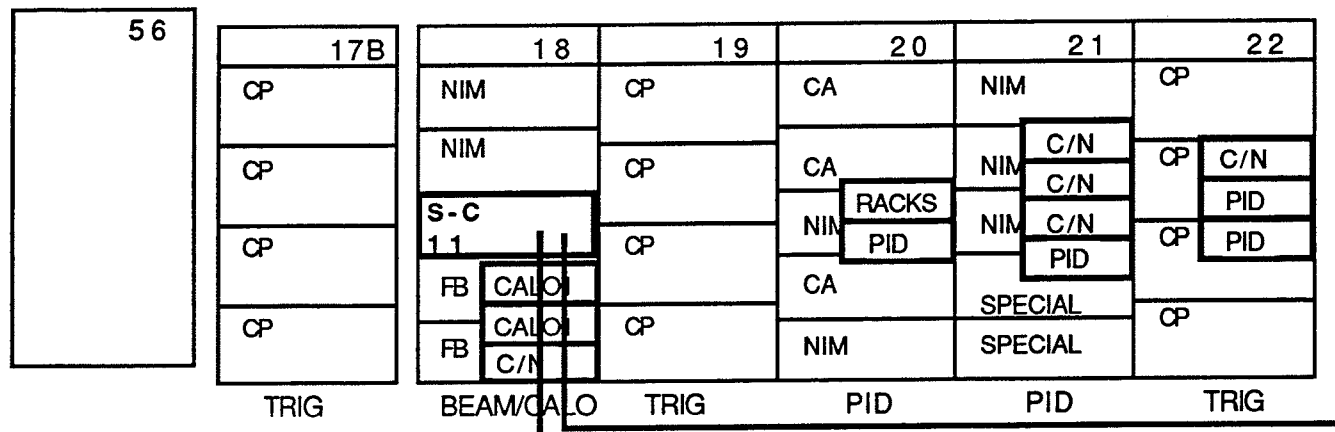


FB: Fastbus crates
 CA: Camac crates
 NIM: Nim crates
 LV: Calo Low Voltage crates
 CP: CPVME crates
 ADC: DC-PC ADC crates
 EURO: EURO-VME crates
 Special: Special ADC crates for PID's

4	3	2	1
	ADC	ADC	ADC
	ADC	ADC	ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	ADC	ADC	ADC



5.3.10 Cabling of Streamertubes



5	6	7	8	9	10	11
	FB	FB	FB	FB	FB	FB
S-C 1.7	LV	FB	LV	FB	LV	FB
C-LV			RACKS			
DC-A	FB	FB	FB	FB	FB	FB
DC-B						
DC-C	FB	FB	FB	FB	FB	FB

FB. Fastbus crates

CA: Camac crates

NIM: Nim crates

LV: Calo Low Voltage crates

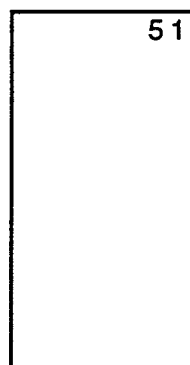
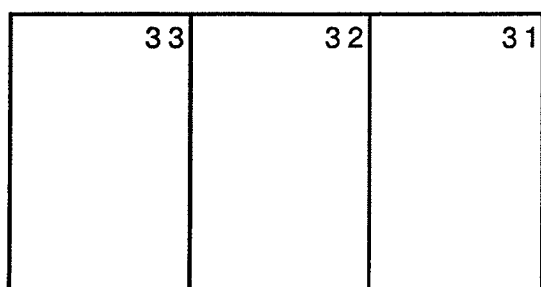
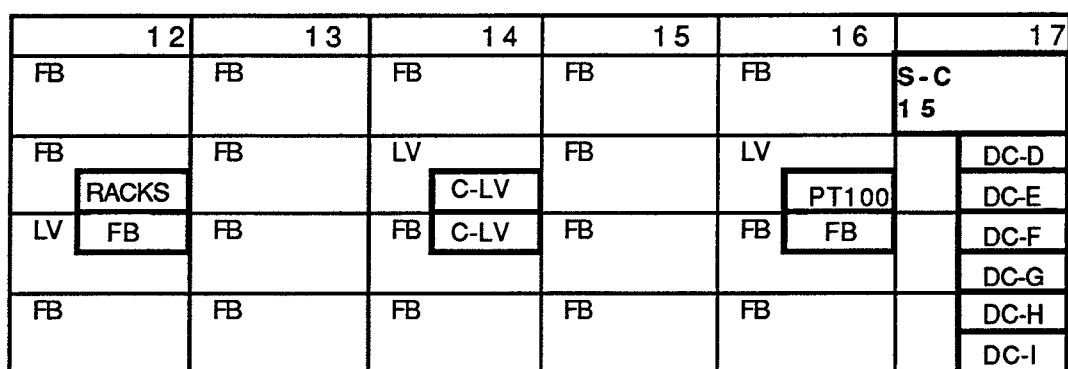
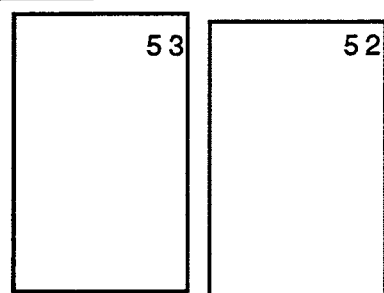
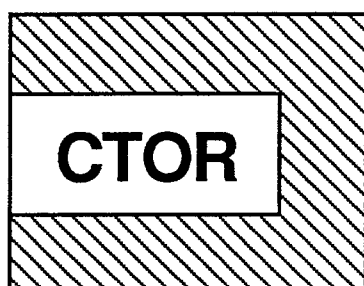
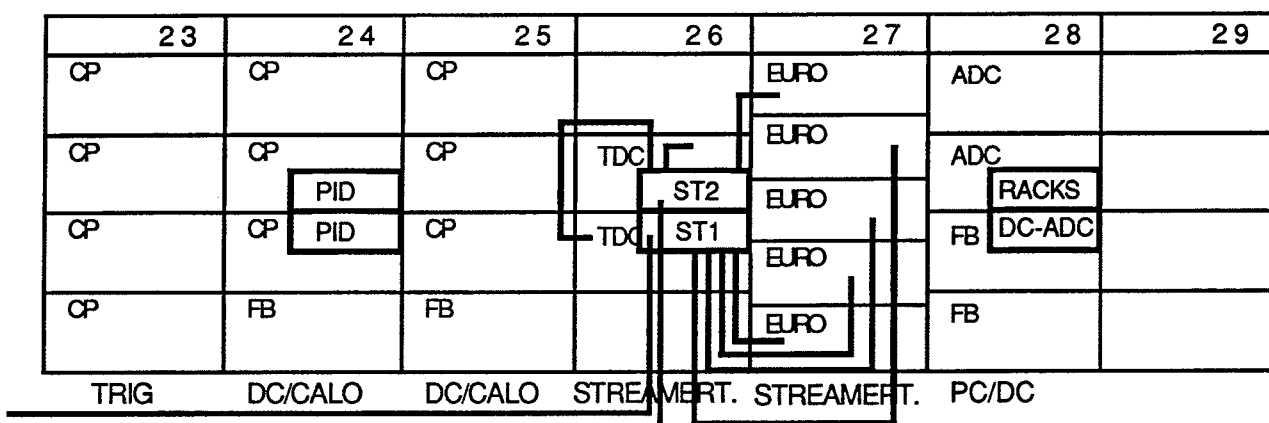
CP: CPVME crates

ADC: DC-PC ADC crates

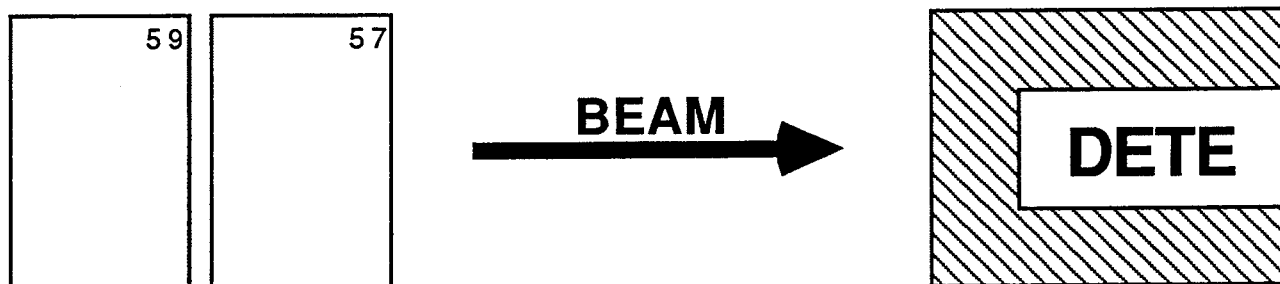
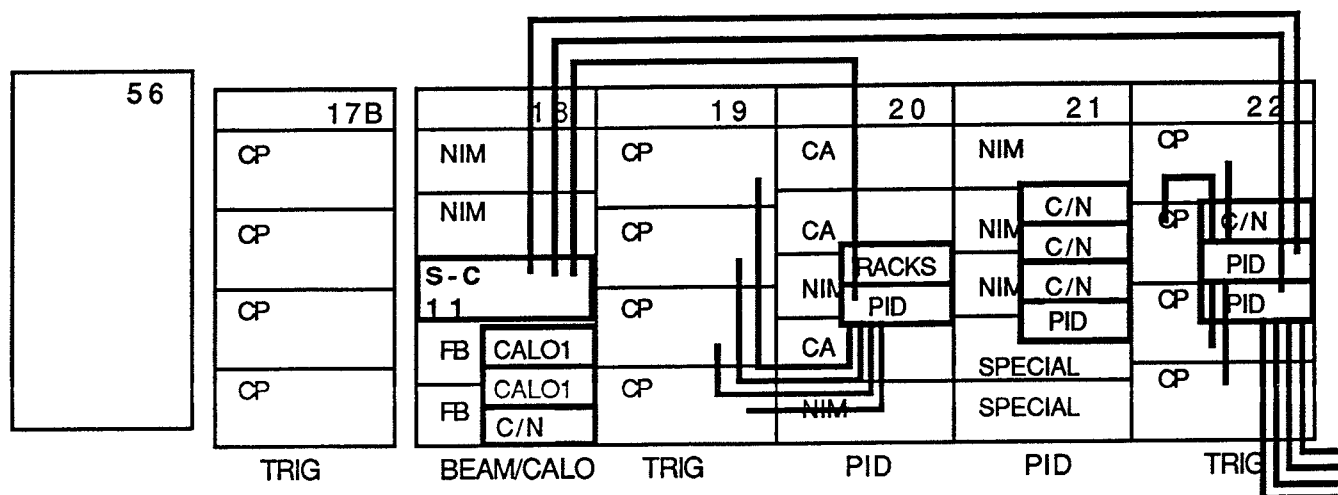
EURO: EURO-VME crates

Special: Special ADC crates for PID's

4	3	2	1
	ADC	ADC	ADC
	ADC	ADC	ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	ADC	ADC	ADC



5.3.11 Cabling of Trigger

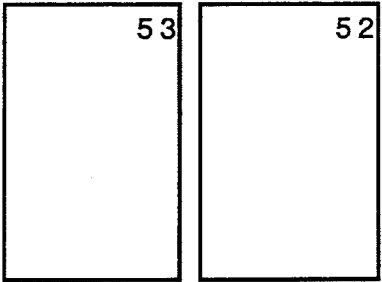
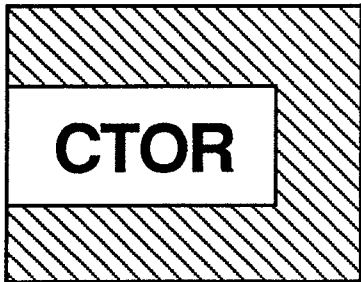


5	6	7	8	9	10	11
	FB	FB	FB	FB	FB	FB
S-C 1.7	LV	FB	LV	FB	LV	FB
G-LV			RACKS			
DC-A	FB	FB	FB	FB	FB	FB
DC-B						
DC-C	FB	FB	FB	FB	FB	FB

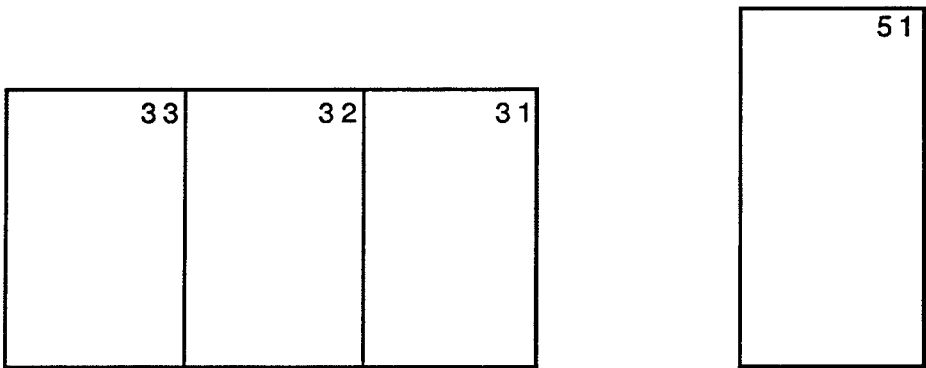
FB: Fastbus crates
 CA: Camac crates
 NIM: Nim crates
 LV: Calo Low Voltage crates
 CP: CPVME crates
 ADC: DC-PC ADC crates
 EURO: EURO-VME crates
 Special: Special ADC crates for PID's

4	3	2	1
	ADC	ADC	ADC
	ADC	ADC	ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	DC-ADC	DC-ADC	DC-ADC
	ADC	ADC	ADC

23	24	25	26	27	28	29
CP	CP	CP		EURO	ADC	
CP	CP	CP	TDC	EURO	ADC	
CP	PID	CP	ST2	EURO	RACKS	
CP	PID	CP	TDC	EURO	FB	DC-ADC
CP	FB	FB		EURO	FB	
TRIG	DC/CALO	DC/CALO	STREAMERT.	STREAMERT.	PC/DC	



12	13	14	15	16	17
FB	FB	FB	FB	FB	S-C 15
FB	FB	LV	FB	LV	DC-D
RACKS		C-LV		PT100	DC-E
LV	FB	FB	FB	FB	DC-F
					DC-G
FB	FB	FB	FB	FB	DC-H
					DC-I



Summary of Chapter 5

A system to monitor the slow processes of the experiment was planned, built and successfully tested. In the 1991 and 1992 run periods, it proved its reliability and usefulness. Soft- and hardware had to be adapted to the needs of PS195. A maximal simplicity to run the Slow Control was achieved by automation of the important processes like startup or display of the beamprofile and by the choice of a software with a userfriendly menu surface.

The Distribution-Boxes were developed, built and installed by the PS195 Slow-Control team. Roughly, the number of installed channels amounts to 800 and the one of the Distribution-Boxes to 50.

The flexibility of the Slow-Control hard- and software allows any addition of more channels or an upgrade of the system.

In summary: the MAC64 system proved to be reliable, flexible and easy to install.

References to Chapter 5

- [1] UTI-NET Intelligent Interface, LEP-680-7540-050, CERN
- [2] No documentation available. Contact address: A.E. Ball IEF/CERN
CH 1211 Geneva 23
- [3] CAEN HV-System SY125, Manual
- [4] Mac-64 Monitoring and Control G64 based System, A.E. Ball,
IEF/CERN, 1985
- [5] Input Output Cards for Use With the Mac-Chassis, A.E. Ball, G.
Smith, J. Zaslavsky, CERN, 1987.
- [6] Flex Manual, Technical Systems Consultants Inc., 111 Providence
Road Chapel Hill North Carolina 27514.
- [7] Screditor Manual, Technical Systems Consultants Inc., 111
Providence Road Chapel Hill North Carolina 27514.
- [8] Basic Interpreter, Technical Systems Consultants Inc., 111
Providence Road Chapel Hill North Carolina 27514.
- [9] Pascal Compiler, Technical Systems Consultants Inc., 111
Providence Road Chapel Hill North Carolina 27514.
- [10] Debug Tools, Technical Systems Consultants Inc., 111 Providence
Road Chapel Hill North Carolina 27514.
- [11] The CPLEAR Slow-Control Software, Nikos Manthos, internal note.

CURRICULUM VITAE

Personalien:	Name: Johner Hans Ulrich Sohn der: Hans Jakob und Dora geborene Weber Geburtsdatum: 5. März 1959 Geburtsort: Aarberg (BE) Bürgerort: Kerzers (FR) Adresse: Rue Pierre-Aeby 216, 1700 Fribourg
Schulbildung:	1966-1971: Primarschule in Kerzers (FR). 1971-1974: Sekundarschule in Kerzers (FR). 1974-1978: Collège St. Michel in Freiburg, Eidg. Matura Typus C.
Studium:	1981-1986 Studium der Experimentalphysik an der Universität Freiburg. 1986-1987 Diplomarbeit: "Entwicklung und Bau eines Prototypen des elektromagnetischen Kalorimeters des Experimentes PS195 am LEAR", mit anschliessendem Abschluss in Experimentalphysik. Ausgeführt beim Experiment PS195 (CPLEAR) am CERN, unter der Leitung von Prof. J. Kern und Prof. L. Tauscher von der Universität Basel. 1987-1992 Assistent und Doktorand an der Universität Freiburg. Doktorarbeit beim Experiment PS195 am CERN, ausgeführt unter der Leitung von Prof. J. Kern und Prof. L. Tauscher. Aufbau eines Systemes zur Überwachung des Betriebszustandes des Detektors und der dazugehörigen Elektronik. Auswertung der semileptonischen Zerfälle des K^0 -Systems, anhand der bis Ende 1991 angefallenen Daten.

Publikationen: M. van den Putte et al.,
 $\bar{p}$ -BEAM MONITORING SYSTEM FOR CP LEAR,
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE,
VOL. 37 NO. 2, APRIL 1990.

R. Adler et al.,
Determination of the relative branching ratios
for $p\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^-$ and $p\bar{p} \rightarrow \kappa^+\kappa^-$,
Physics Letters B 267 (1991) 154-158.

R. Adler et al.,
Design and test of a prototype gas-sampling
electromagnetic calorimeter of high granularity for
the CPLEAR experiment,
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research
A321 (1992) 458-466.

R. Adler et al.,
First determination of CP violation parameters from
 $\kappa^0-\bar{\kappa}^0$ decay asymmetry,
Physics Letters B 286 (1992) 180-186.

Nachwort

Wegen meinem gleichzeitigen Aufenthalt in Genf und in Freiburg, war die Zeit am CERN nicht ganz einfach. Dies wurde aber durch die Möglichkeit, so viel über Physik, Detektoren und Beschleuniger zu lernen, mehr als aufgewogen. Ein besonderer Reiz bestand in der Zusammenarbeit mit Leuten aus der ganzen Welt, die mir einiges über das Leben ausserhalb der Schweiz erzählten. Im Rahmen der Arbeit bei CPLEAR hatte ich sogar Gelegenheit, einige dieser Länder zu besuchen.

Ich möchte es nicht unterlassen hier einigen Leuten zu danken, deren Hilfe, sei es bei der Arbeit oder im Privatleben, mir während dem Studium besonders wertvoll war.

An erster Stelle möchte ich hier meinen Eltern sehr danken für die Unterstützung, die sie mir während dem ganzen Studium gewährten und dafür, dass sie mir diesen Berufsweg ermöglichten.

Ganz besonders Danken möchte ich Herrn Prof. Kern. Er hat mir die Diplom- und die Doktorarbeit bei CPLEAR (PS195) ermöglicht und stand mir besonders bei der Verfassung meiner Arbeiten bei.

Für die Unterstützung am CERN danke ich der ganzen CPLEAR Kollaboration, insbesondere Prof. L. Tauscher, der meine Arbeit am CERN Leitete und Dr. Claudio Santoni für die Zusammenarbeit, aus der die Slow-Control und die Auswertung der Semileptonischen entstand.

Herrn Dr. H. R. Völkle danke ich für die Unterstützung im letzten Jahr meiner Arbeit an der Dissertation.

Für die erquickliche Zusammenarbeit danke ich Herrn Michael Dröge. Sein Humor verschönerte die Arbeitstage und die Freizeit. Leider erlebten wir zusammen nicht nur Schönes. Der 28. August 1988, als wir das Flugmeeting in Ramstein besuchten, wo viele Unschuldige die Begeisterung an der Technik mit dem Leben bezahlen mussten, wird uns beiden in schrecklicher Erinnerung bleiben.

Christoph Witzig und Peter Gumplinger danke ich für die schöne Zeit als wir in Ferney Voltaire eine Wohnung teilten und für die vielen Wochenenden die wir zusammen verbrachten. Peter möchte ich besonders für die Mühen danken, die er auf sich genommen hat, um mir das Kajak-Fahren zu lehren. Die Urlaube und Wochenenden mit Peter und seiner Familie und die Besuche seiner Eltern werden mir immer in schöner Erinnerung bleiben.

Chris Bee ist immer fleissig, freundlich und aufgestellt, bei der Arbeit und in der Freizeit.

