

Herstellung und Test der Beam Monitor Detektoren (BMD03) für den Fragmentseparator (FRS) der GSI

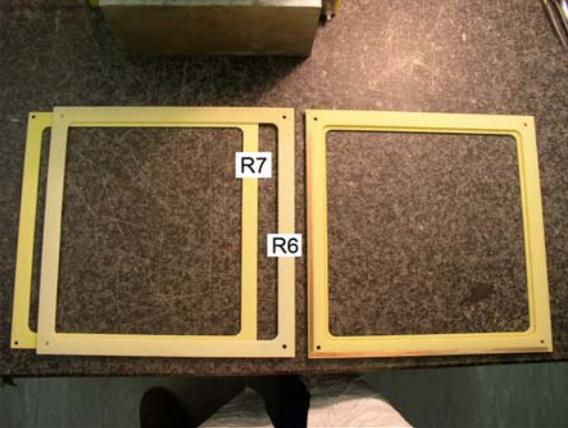
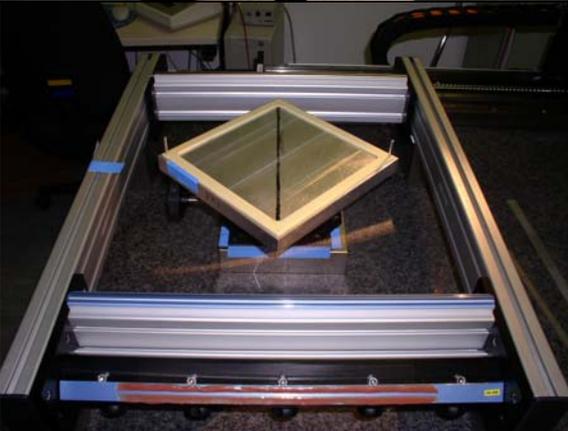
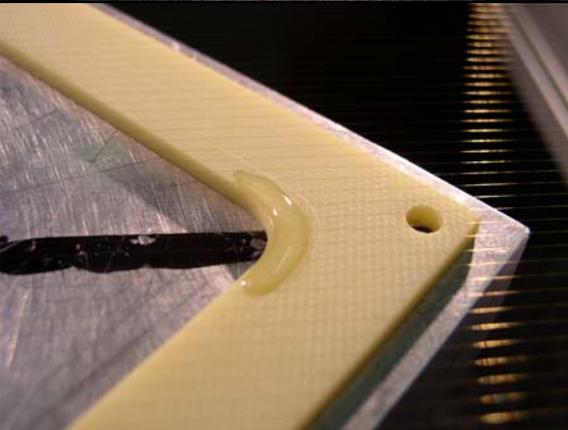
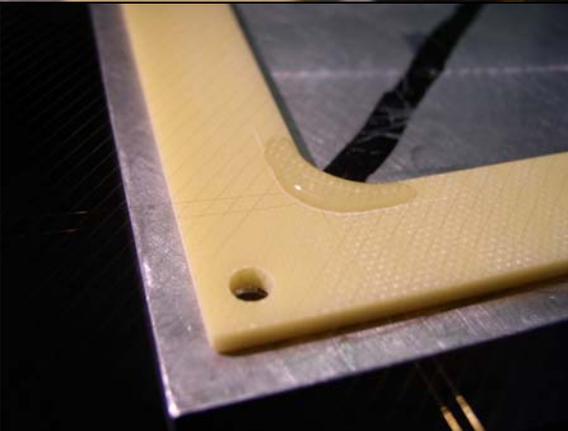
Inhaltsverzeichnis

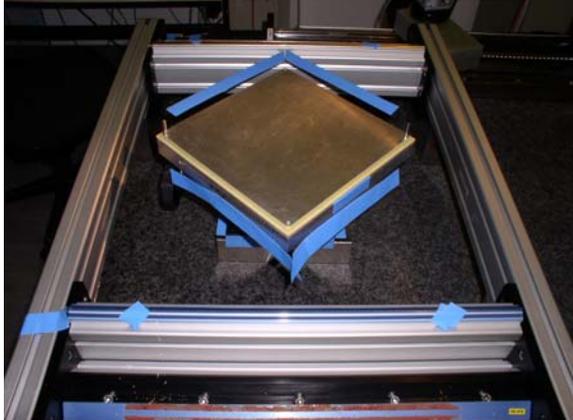
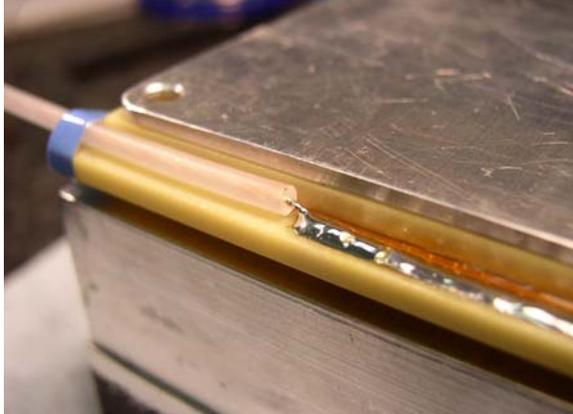
1. Herstellung der Anodenebene.....	2
2. Herstellung der Kathodenebenen.....	4
3. Verkleben der Drahtebenen.....	6
4. Vergießen und Signalauslese herstellen.....	7
5. Test mit radioaktiver Quelle und Pulser.....	8
6. Aus-/Einbau in Vakuumentasche.....	17
Literaturverzeichnis.....	20

Abbildungsverzeichnis

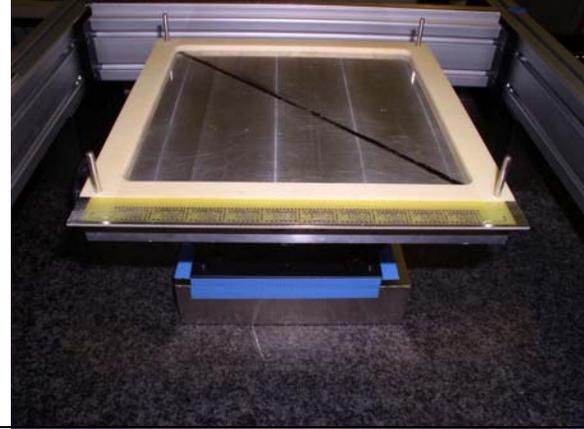
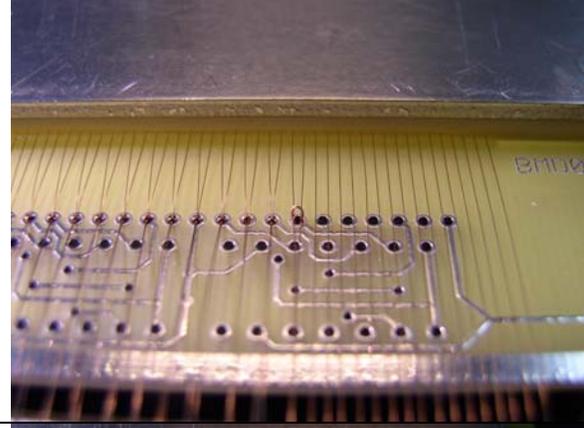
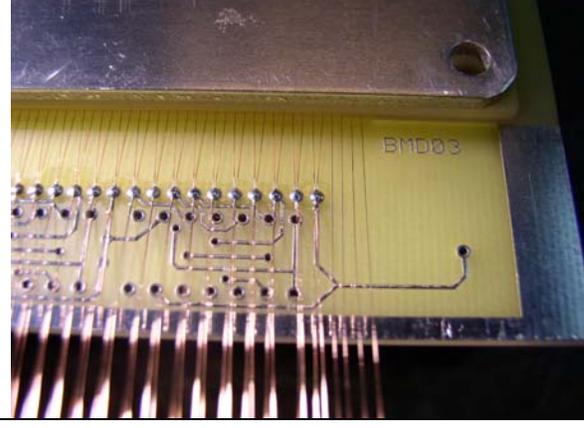
<i>Abbildung 1: Prinzipskizze des Messaufbaus.....</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 2: Abhängigkeit der mittleren Signalamplitude von Hochspannung und CO₂-Gehalt.....</i>	<i>10</i>
<i>Abbildung 3: Abhängigkeit der Signalamplitude vom O₂-Gehalt im Ar/CO₂-Gemisch.....</i>	<i>10</i>
<i>Abbildung 4: Spektren der Laufzeitdifferenz zwischen Anodensignal und Kathodensignalen.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 5: Ortsspektren für x- und y-Koordinate in mm.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 6: Abhängigkeit der Breite des Ortsspektrums von Hochspannung und Ar/CO₂-Gemisch.....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 7: Summenspektren.....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 8: Zweidimensionales Ortsspektrum (0cm Abstand).....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 9: Ortsspektren bei 80cm Abstand der Quelle von der Testbox.....</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 10: Zweidimensionales Ortsspektrum (80cm Abstand).....</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 13: Orts- und Summenspektren bei vertauschtem x- und y-Kanal.....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 14: Zweidimensionale Ortsspektren bei vertauschtem x- und y-Kanal.....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 15: Laufzeitspektren bei defekter und fehlerfreier Delay-Line mit Pulserignal.....</i>	<i>16</i>

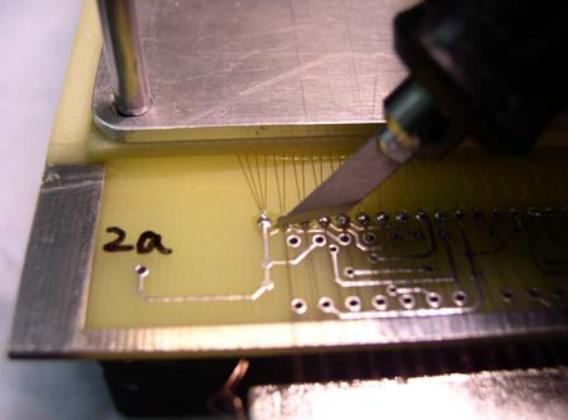
1. Herstellung der Anodenebene

	<ul style="list-style-type: none"> a) Rahmen R6 und R7 abschleifen und mit Aceton reinigen b) kleineren R7 mit Führungsstiften auf R6 positionieren und Kupferklebeband (Breite: 3mm) über Eck an zwei Seiten auf R6 anbringen c) beide Rahmen auf der dem Kupferklebeband abgewandten Seite mit Hilfe des Klebtools zusammenkleben d) Kleber (Epoxydharz: Araldit AW106, Härter: HV 953U) aushärten lassen (Ergebnis rechts im Bild)
	<ul style="list-style-type: none"> e) Drahtspannung der Anodendrähte (nominal 45cN bei 20µm vergoldetem WRe, Abstand 2mm) auf Wickelrahmen messen f) R7 und darüber größeren R6 mit Führungsstiften auf Klebtool legen und Innenkante von R6 an zwei gegenüber liegenden Ecken auf R7 anreißen (vgl. nächstes Bild), danach R6 entfernen g) vorbereiteten R7 auf Klebtool fixieren und Drahtebene unter einem Winkel von 45° darüber ausrichten (vgl. nächstes Bild) h) überstehende Drähte entfernen i) Drahtebene ablassen bzw. R7 mit Präzisionshubtisch gegen Ebene fahren
	<ul style="list-style-type: none"> j) ca. 8 mittlere Drähte durch Kleberaupe innerhalb der Markierung fixieren und aushärten lassen Die Kleberaupe darf die Dicke von R6 (3mm) nicht überschreiten!
	<ul style="list-style-type: none"> k) 4 mittlere Drähte abtrennen, um ca. 45° nach außen legen und fixieren l) R6 des vorbereiteten Doppelrahmens R6/R7 mit Kleber bestreichen, dabei Abstand zum Kupferklebeband und den Positionierungslöchern lassen m) Doppelrahmen R6/R7 auf Drahtebene kleben, dabei den Kontaktstreifen so ausrichten, dass alle Anodendrähte kontaktiert werden können n) Deckplatte des Tools auflegen und zusätzlich beschweren, Kleber aushärten lassen (24h)

	<ul style="list-style-type: none"> o) Detektorebene mit passender BMD-Aluminiumabdeckung schützen p) Drahtebenen beidseitig mit Klebeband fixieren und vom Wickelrahmen trennen q) Detektorebene um 180° drehen und auf Klebetool mit gespannten Drähten positionieren
	<ul style="list-style-type: none"> r) Anodendrähte auf Kupferklebeband löten (goldbeschichtete Anodendrähte dabei nicht mit dem LötKolben berühren!) s) Anodendrähte allseitig außen am Klebeband bzw. an R7 abschneiden
	<ul style="list-style-type: none"> t) Klebestreifen kürzen und Anodenanschluss anlöten u) Kabel ggf. durch Klebeband am abknicken hindern
	<ul style="list-style-type: none"> v) R6 auf Detektorebene kleben, durch Klebetool beschweren und Kleber aushärten lassen (24h)

2. Herstellung der Kathodenebenen

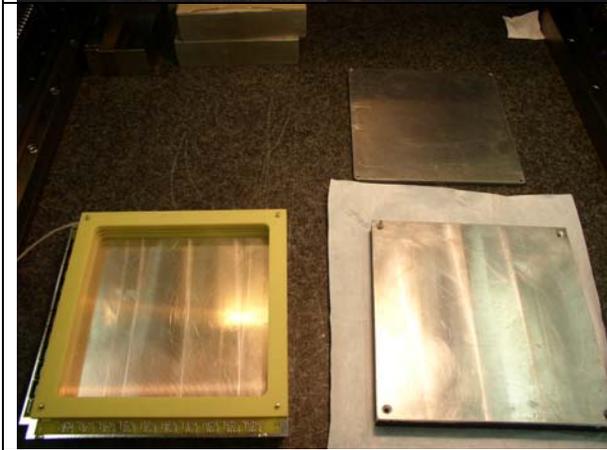
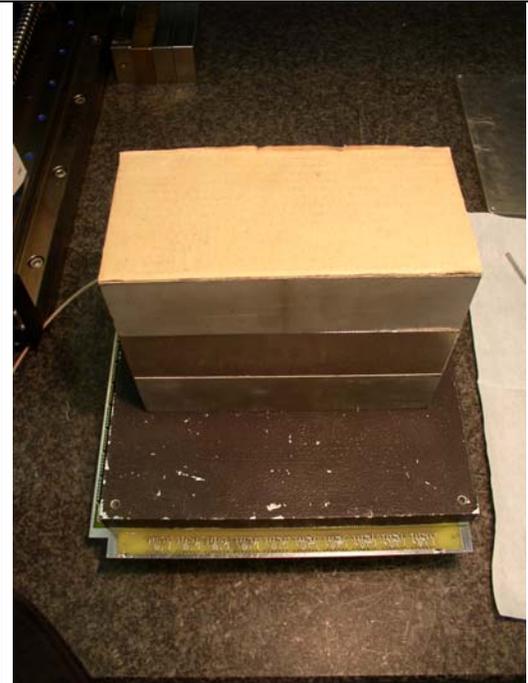
	<ul style="list-style-type: none">a) Platine für Delay-Line auf vorbereiteten Rahmen R4 kleben (Chip-Lötseite nach unten = Beschriftung „BMD03“ oben)b) Kleber aushärten lassen (24h)
	<ul style="list-style-type: none">c) Drahtspannung der Anodendrähte auf Wickelrahmen messen (nominal 90cN bei 75µm CuBe2, Abstand 1mm)d) R4 auf Klebetool fixieren und Drahtebene darüber ausrichten (208 Drähte)e) Drahtebene ablassen bzw. R4 gegen Ebene fahrenf) R5 auf R4 kleben und durch Klebetool und Gewichte beschwereng) Kleber aushärten lassen (24h)
	<ul style="list-style-type: none">h) Detektorebene abdeckeni) Drähte durch Klebeband fixieren und vom Wickelrahmen trennenj) je zwei Drähte durch asymmetrisch abgelenkte Drahtlitzen in einem Kontaktloch der Platine zusammenführenk) am Rand jeweils 4 Drähte auf Masse legen (oder evtl. mit Nachbardraht verbinden)
	<ul style="list-style-type: none">l) Drähte anlöten

	<p>m) Drähte hinter Lötspunkt mit Ultraschall-Messer abtrennen (Leiterbahnen nicht verletzen!)</p>
	<p>n) Detektorebene wenden und überstehende Drahtlitzen mit Ultraschall-Messer abschneiden</p>
	<p>o) Anschlussdrähte vergießen p) Kleber aushärten lassen (24h) q) IC-Sockel für Delay-Chips einlöten</p>

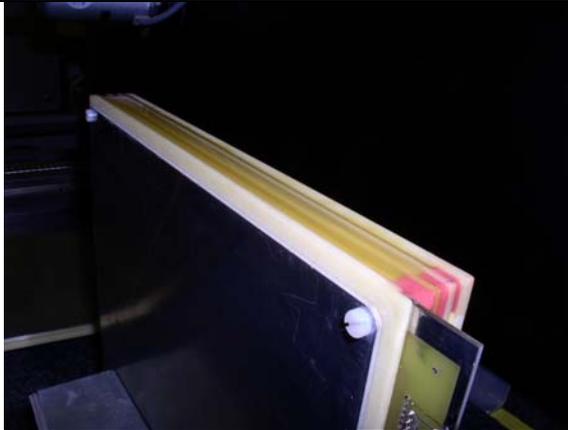
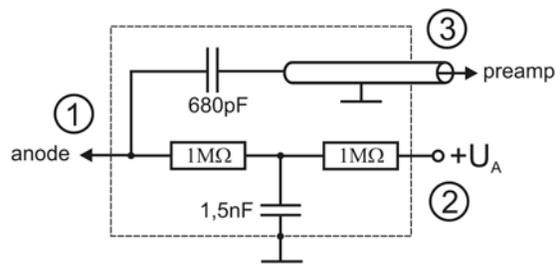
3. Verkleben der Drahtebenen

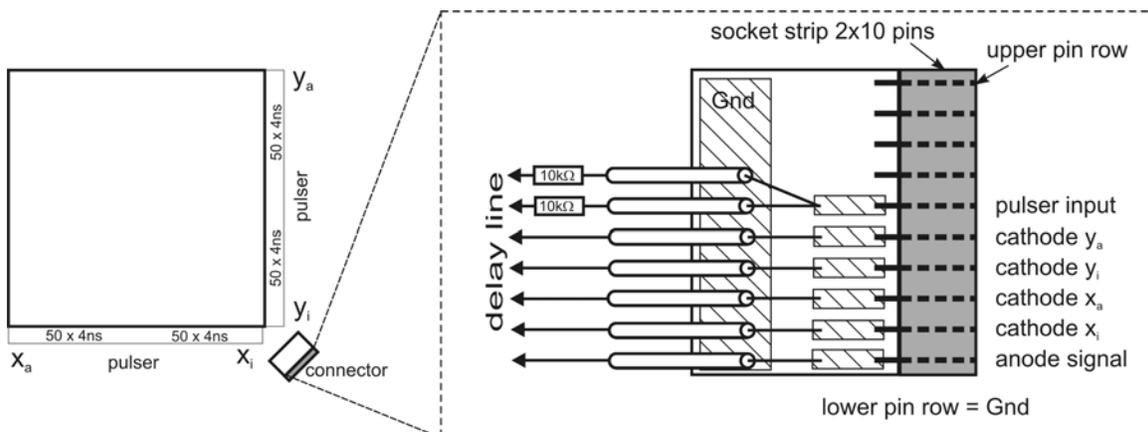


- a) beide Kathodenrahmen mit Kleber bestreichen
- b) Anodenrahmen so ausrichten, dass Kontaktierung der Anoden auf gegenüber liegender Seite von Kathodenauslese ist
- c) Kathodenrahmen mit IC-Sockel in Richtung Anodenebene ausrichten
- d) Detektor mit Klebetool beschweren und Kleber aushärten lassen



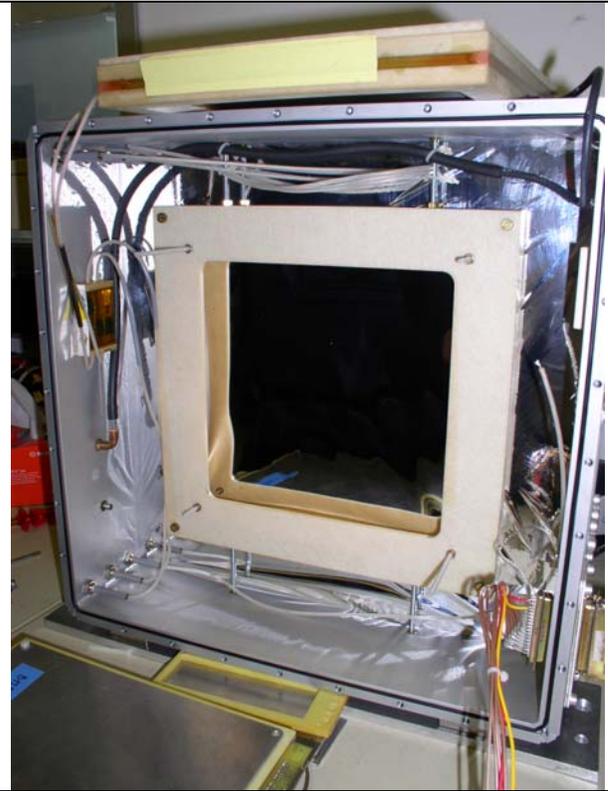
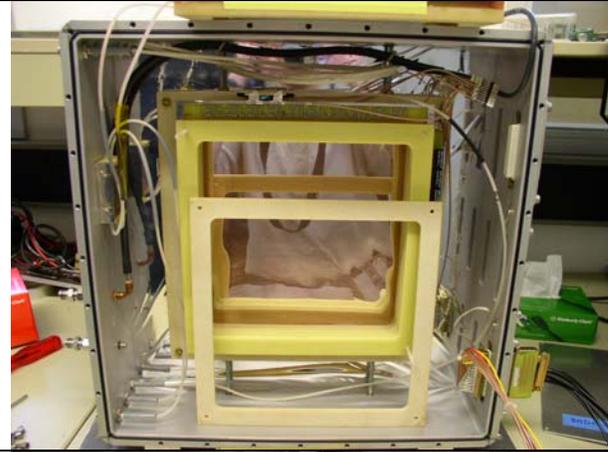
4. Vergießen und Signalauslese herstellen

	<p>a) Ecken der Detektorrahmen mit zähflüssigem Kleber verschließen und aushärten lassen b) Zwischenräume des Detektorrahmens vergießen, dabei auf Blasenfreiheit achten (HeißluftlötKolben verwenden)</p>
	<p>c) Anodenauslese herstellen (siehe Skizze)</p> 
	<p>d) Delay-Chips einsetzen (FLOETH C14B-04051B = 10x4ns) e) Kathodenauslese (Delay-Line) herstellen und Pulser-Test-Eingang anbringen (siehe Skizze unten), 10kΩ-Widerstand direkt am Mittelpunkt der Delay-Line anlöten</p>



5. Test mit radioaktiver Quelle und Pulser

Einbau in die Testbox (Atmosphären-Box)

	<p>a) Pregap beiseite legen und BMD-Testbox mit Druckluft von Staub befreien</p>
	<p>b) BMD03 auf Haltevorrichtung schieben c) Abstandshalter (5mm) auf Halterung schieben d) HV-Anschluss der Anode anlöten und isolieren e) Signalauslese-Stecker verbinden</p>
	<p>f) Pregap auf Halter schieben und festschrauben (Gasanschluss in Richtung BMD03) g) O-Ring Dichtung reinigen und Testbox verschließen h) Vorverstärker-Box anschließen und Masseverbindung durch festschrauben an der Testbox optimieren</p>

Messaufbau und Datenaufnahme

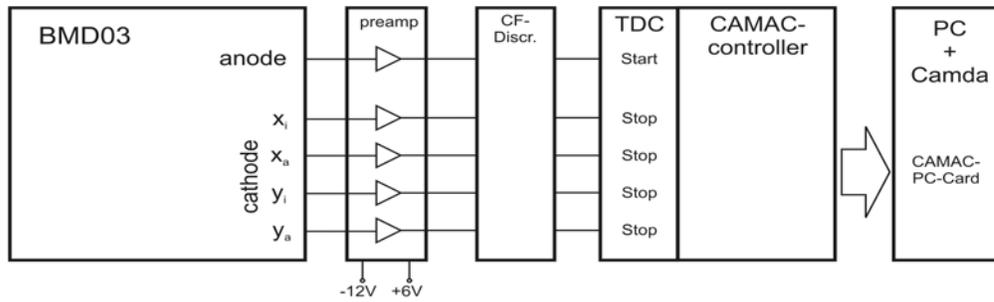
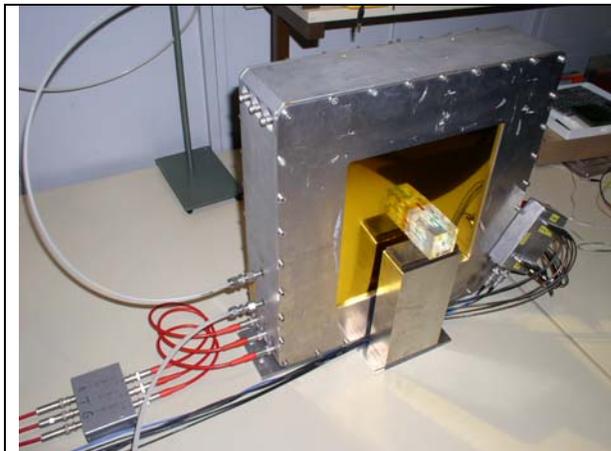
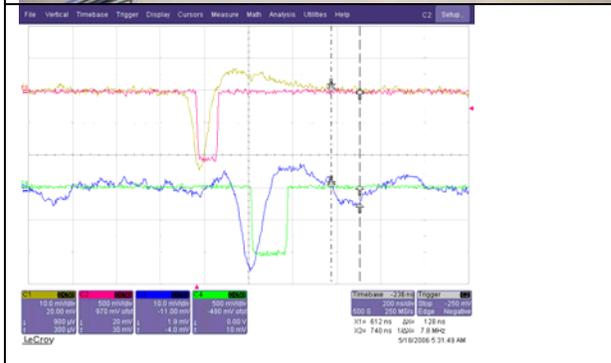


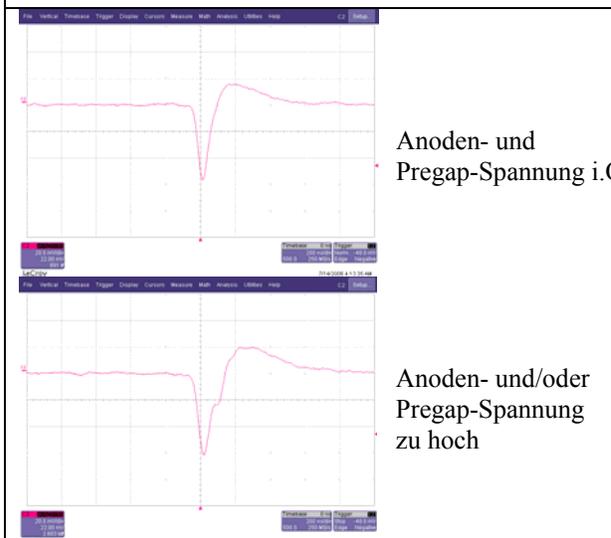
Abbildung 1: Prinzipskizze des Messaufbaus



- Zählgaszufuhr (Ar/CO₂ 82/18%) herstellen und spülen ($\geq 5l/h$) bis O₂-Gehalt konstant ($< 50ppm$)
- Quelle (z.B. ⁹⁰Sr) vor Testbox positionieren, so dass Pregap zuerst durchdrungen wird
- Hochspannung anschließen und Signalauslese realisieren (vgl. Skizze in Abbildung 1)



- Anoden-, Transfergap- und Pregap-Spannung (A/T/G) in angegebener Reihenfolge entsprechend Tabelle 1, Seite 19 einstellen, dabei A und G langsam auf den Endwert erhöhen bis Anodensignal (gelb) mit entsprechender Rate am Oszilloskop sichtbar wird
- resultierende Kathodensignale (blau) und Diskriminatorsignale (rot, grün) sollten ebenfalls messbar sein (vgl. links)



- durch Mittelung über 10 Signale wird eine zu hohe Pregap-Spannung durch eine Schulter an der Signalkrückflanke des Anodensignals sichtbar
- die mittlere Amplitude der Signale ist im Wesentlichen vom Zählgasgemisch und dem elektrischen Feld zur Gasverstärkung abhängig, weniger Einfluss hat der Sauerstoffgehalt im Zählgas (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3)
- zu geringe Transfergap-Spannungen führen zu extrem breiten und undefinierbaren Signalen

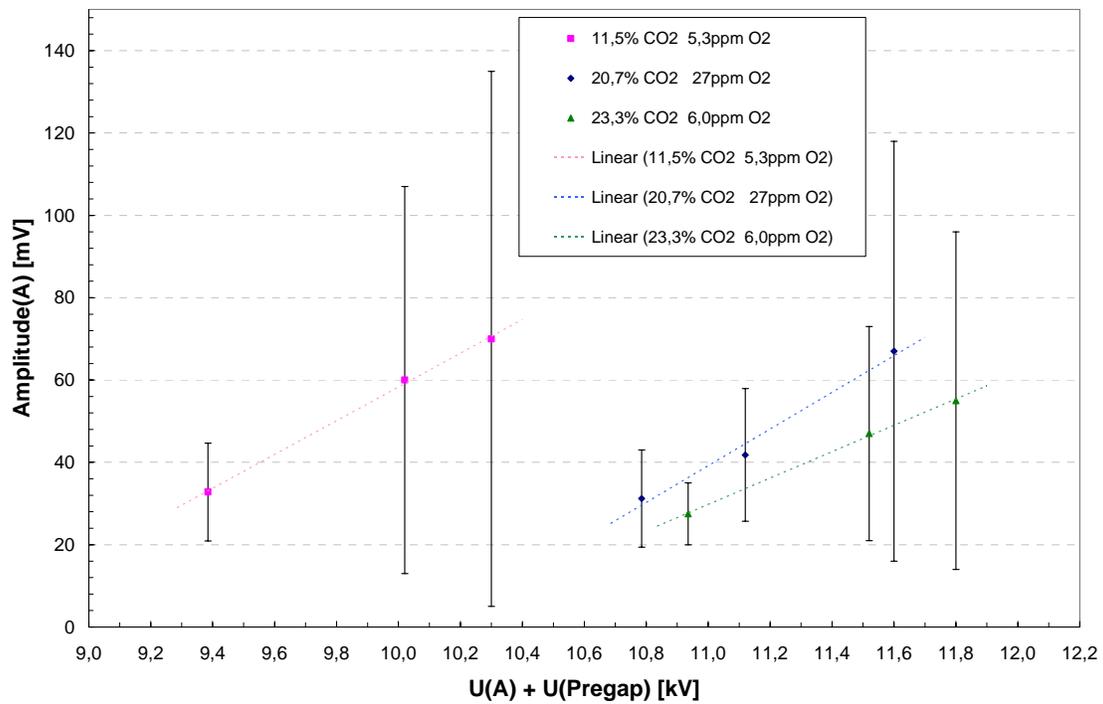


Abbildung 2: Abhängigkeit der mittleren Signalamplitude (Anodensignal) von angelegter Hochspannung und dem CO₂-Gehalt im Ar/CO₂-Gemisch. ($U(\text{Pregap})=U(\text{G})-U(\text{T})$)

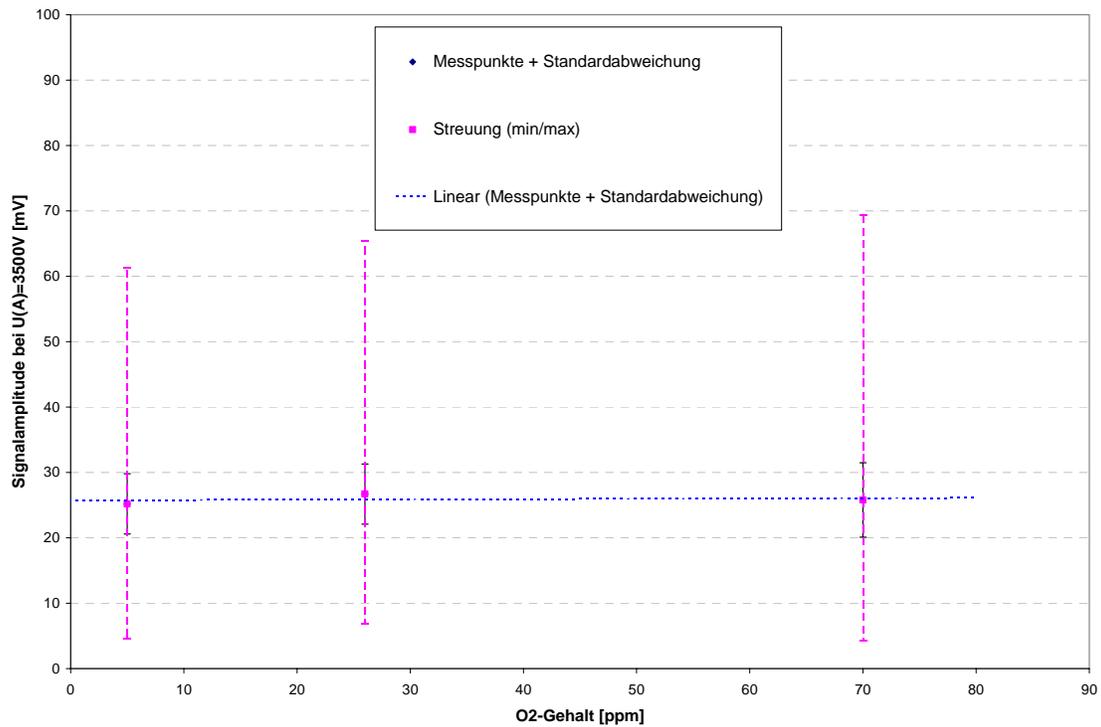


Abbildung 3: Abhängigkeit der Signalamplitude (Anodensignal) vom O₂-Gehalt im Ar/CO₂-Gemisch bei einer angelegten Anodenspannung von 3500V ($U(\text{T})=0\text{V}$, $U(\text{G})=0\text{V}$).

Durch Bestrahlung des BMD03 mit einem kollimierten β^- -Strahler (^{90}Sr), welcher direkt zentral vor der Testbox positioniert wurde (vgl. Bild oben), entstanden folgende Spektren für die Laufzeitdifferenzen zwischen dem Anodensignal und den vier Kathodensignalen. Die Datenaufnahme und Darstellung erfolgte mit Camda:

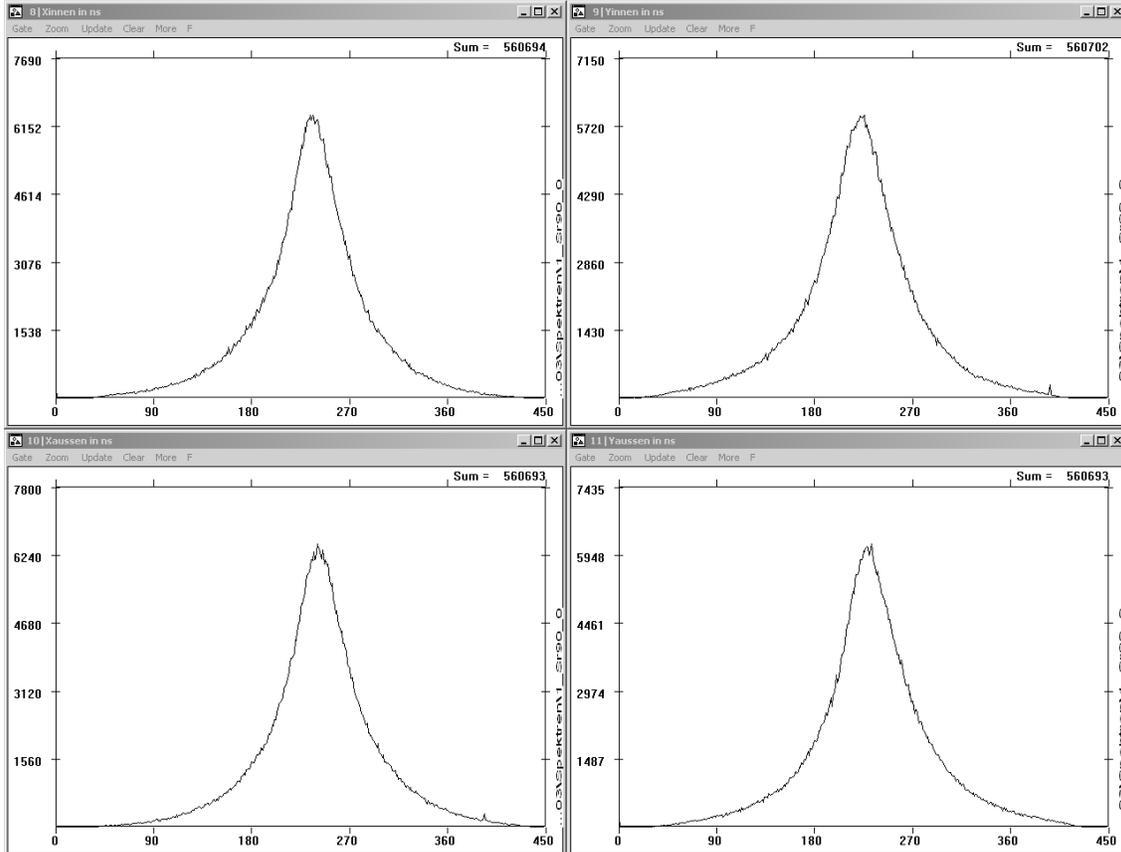


Abbildung 4: Spektren der Laufzeitdifferenz (in ns) zwischen dem Anodensignal und den einzelnen Kathodensignalen. Die max. Laufzeit in jeder Delay-Line beträgt ca. 400ns (4ns pro Pin eines Delay-Chips).

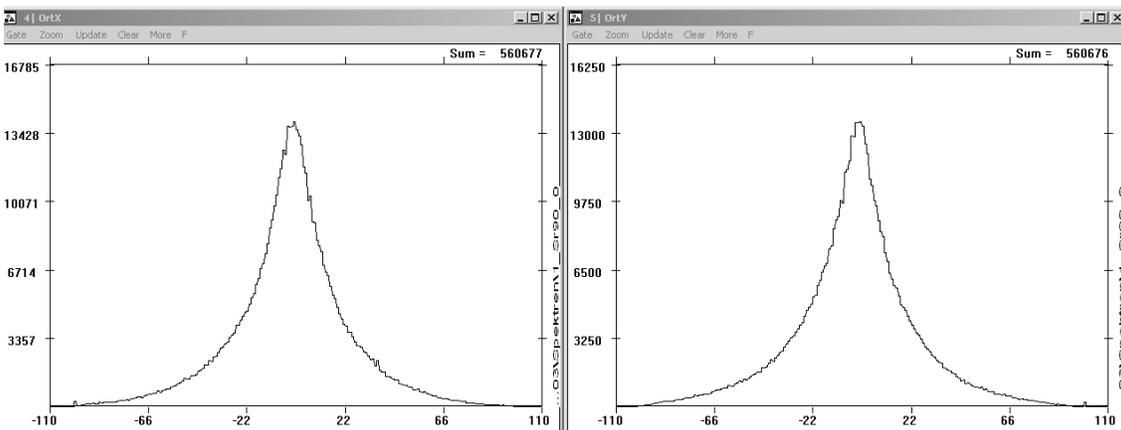


Abbildung 5: Durch Bildung der Differenz zwischen den beiden Signal-Laufzeiten einer Delay-Line entstehen die Ortsspektren für x- und y-Koordinate in mm.

Die Breite (FWHM) der Ortsspektren ist außer von der Bestrahlungsmethode auch von der angelegten Hochspannung und dem Zählgas abhängig (s. Abbildung 6).

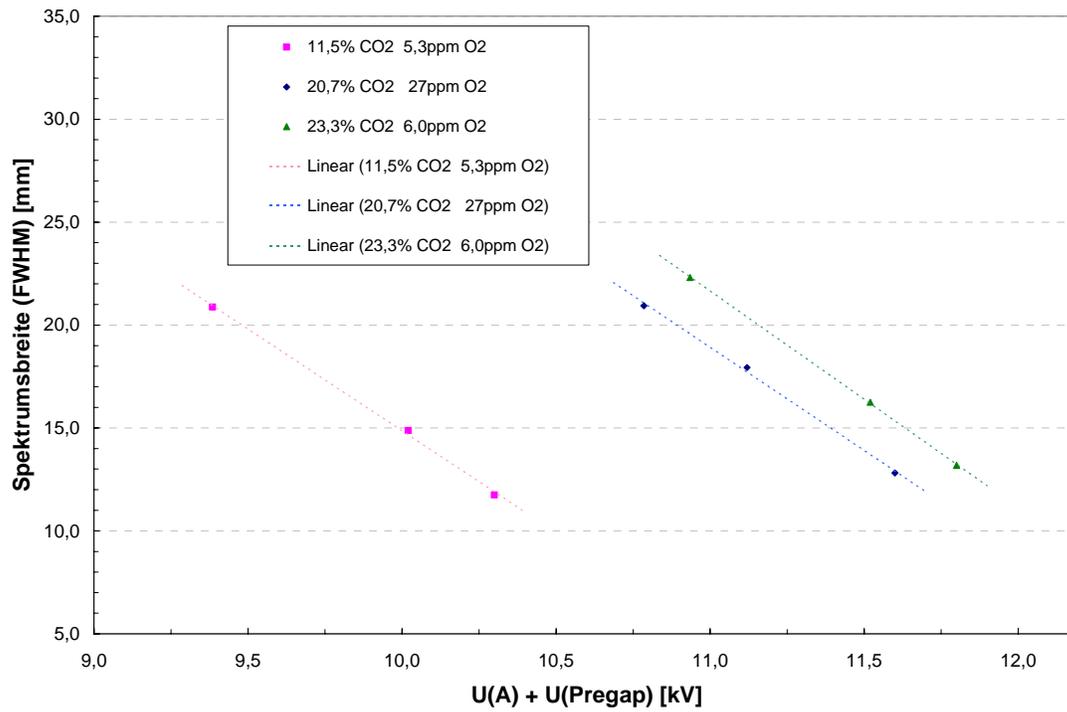


Abbildung 6: Abhängigkeit der Breite des Ortsspektrums (FWHM) von der angelegten Hochspannung und dem Ar/CO₂-Gemisch.

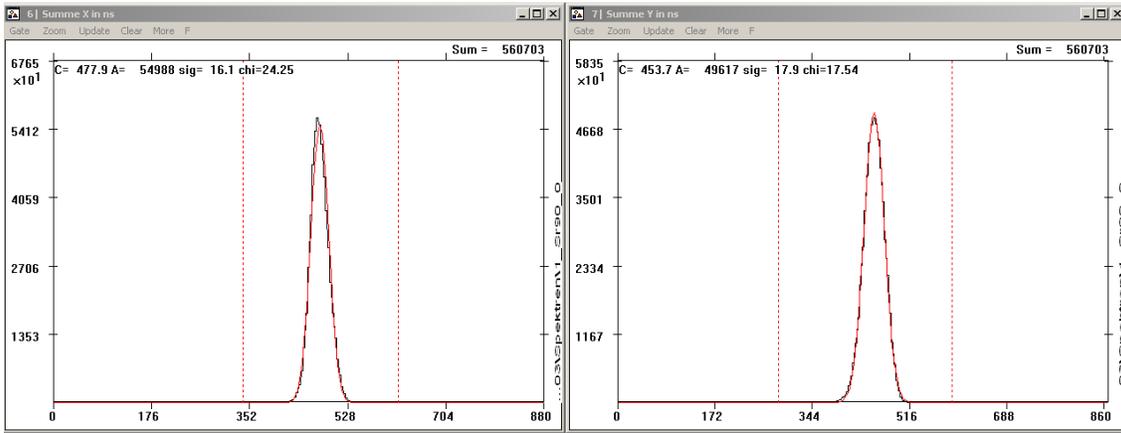


Abbildung 7: Die Summe der beiden Signal-Laufzeiten einer Delay-Line ist konstant und ergibt sich aus der Summe der Laufzeit der Delay-Line und der Laufzeiten in der Akquisition, also etwas mehr als 400 ns. Die Streuung sollte weniger als 20 ns aufweisen. Werden bei der Signalführung x- und y-Signale vertauscht entstehen Streubreiten von mehreren 100ns (vgl. Abbildung 11, S. 15)! Unterschiedliche Diskriminatorschwellen oder erhöhte Hochspannung können außerdem zu asymmetrischen Spektren oder zu zusätzlichen Peaks im Summenspektrum führen.

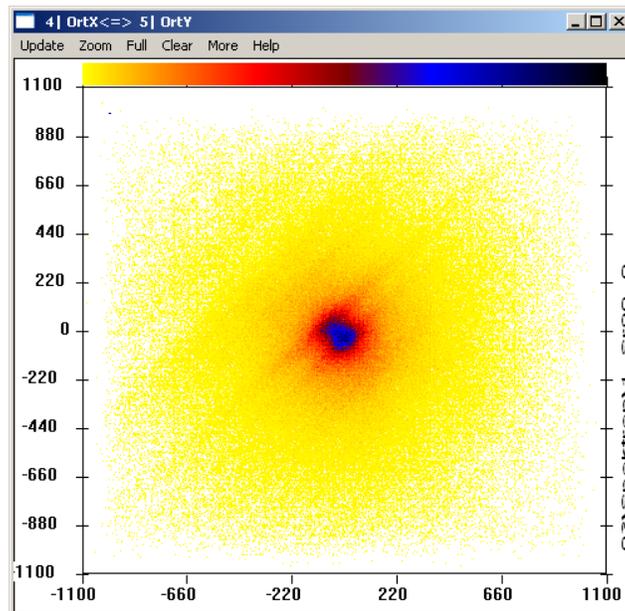


Abbildung 8: x-y-Darstellung der bestrahlten Detektorfläche (Skala in 1/10 mm). Im Zentrum ist der Bestrahlungsort deutlich zu erkennen. Diagonale Strukturen entstehen durch die entsprechend verlaufenden Anoden.

Durch Bestrahlung mit Sr-90 aus größerer Entfernung (hier ca. 80cm) lassen sich Unregelmäßigkeiten in den Spektren noch besser erkennen.

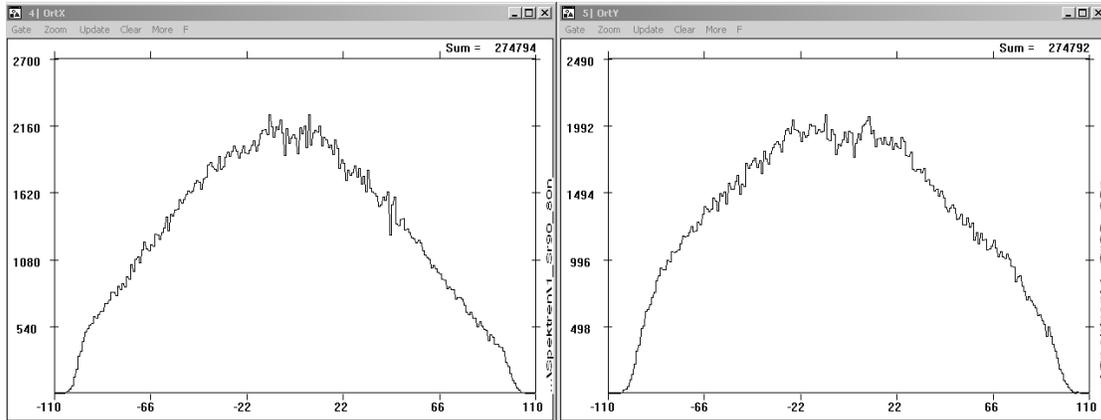


Abbildung 9: Ortsspektren bei 80cm Abstand der Quelle von der Testbox.

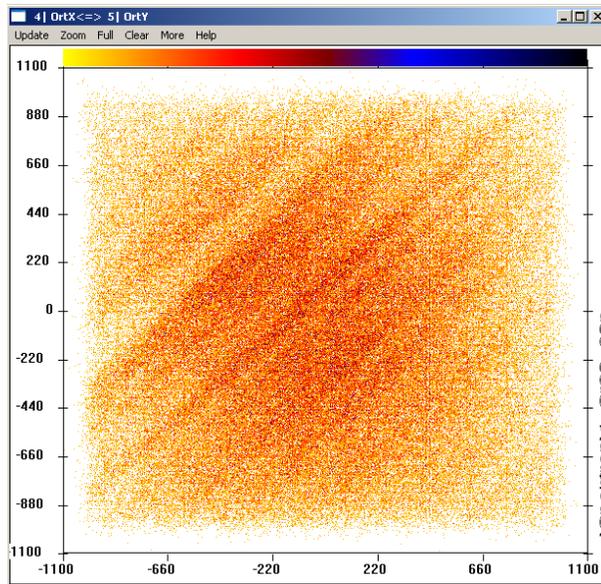


Abbildung 10: Zweidimensionales Ortsspektrum bei Bestrahlung aus 80cm Entfernung (Skala in 1/10 mm). Die diagonale Anodenstruktur ist bis zu den Detektorrändern erkennbar.

Werden bei der Datenaufnahme in der Signalkette ein x- und y-Kanal vertauscht, entstehen scheinbar sehr gute Ortsspektren und normale Zeitdifferenzspektren. Jedoch sind die Summen der gemessenen Laufzeitdifferenzen ungleich breiter gestreut und besitzen keine Gaußverteilung, wie eigentlich zu erwarten ist (siehe Abbildung 11). Bei der Darstellung des zweidimensionalen Ortsspektrums in Abbildung 12 wird, unabhängig von der Bestrahlungsposition, eine deutliche Korrelation zwischen den beiden Koordinaten erkennbar.

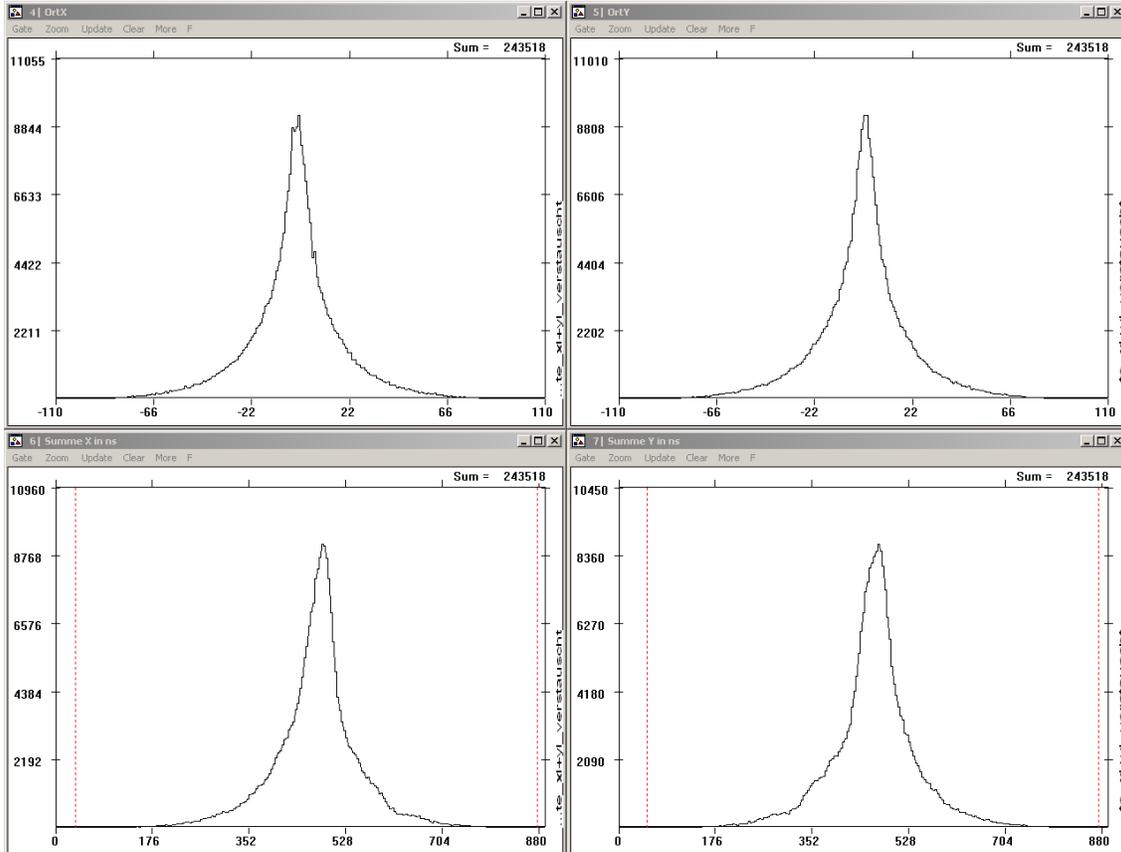


Abbildung 11: oben: Ortsspektren bei vertauschtem x- und y-Kanal. Die Halbwertsbreite (FWHM) beträgt nur ca. 17mm statt ca. 25mm bei korrekt angeschlossener Ausselekttronik und gleichem Bestrahlungsabstand (vgl. Abbildung 5, S.11).
unten: Summenspektren bei vertauschtem x- und y-Kanal.

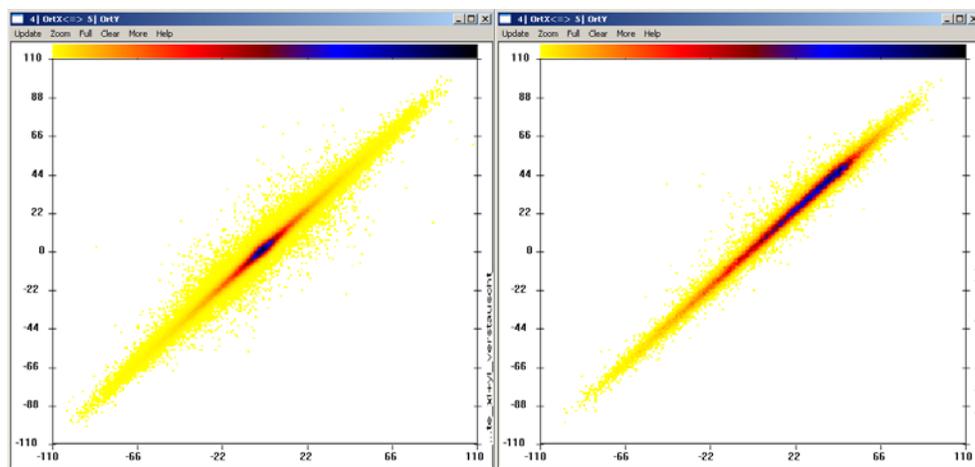


Abbildung 12: Zweidimensionale Ortsspektren bei vertauschtem x- und y-Kanal (in mm).
links: Bestrahlung mittig, rechts: Bestrahlung am Rand

Mit Hilfe des Pulser-Eingangs des Detektors ist es auch möglich die Delay-Line sowie die Funktion der Vorverstärker ohne den Einbau in die Testbox zu überprüfen. Der Pulser-Eingang kann im späteren Betrieb auch zur Bestimmung des Detektor-Mittelpunktes genutzt werden. Ist die Delay-Line an einer Stelle unterbrochen so fehlt ein Kathodensignal. Ist aber z.B. nur die Masse eines Delay-Chips fehlerhaft, so wird dies in den Laufzeit-Spektren der betroffenen Delay-Line durch nicht gaußförmige Verteilungen erkennbar (siehe Abbildung 13).

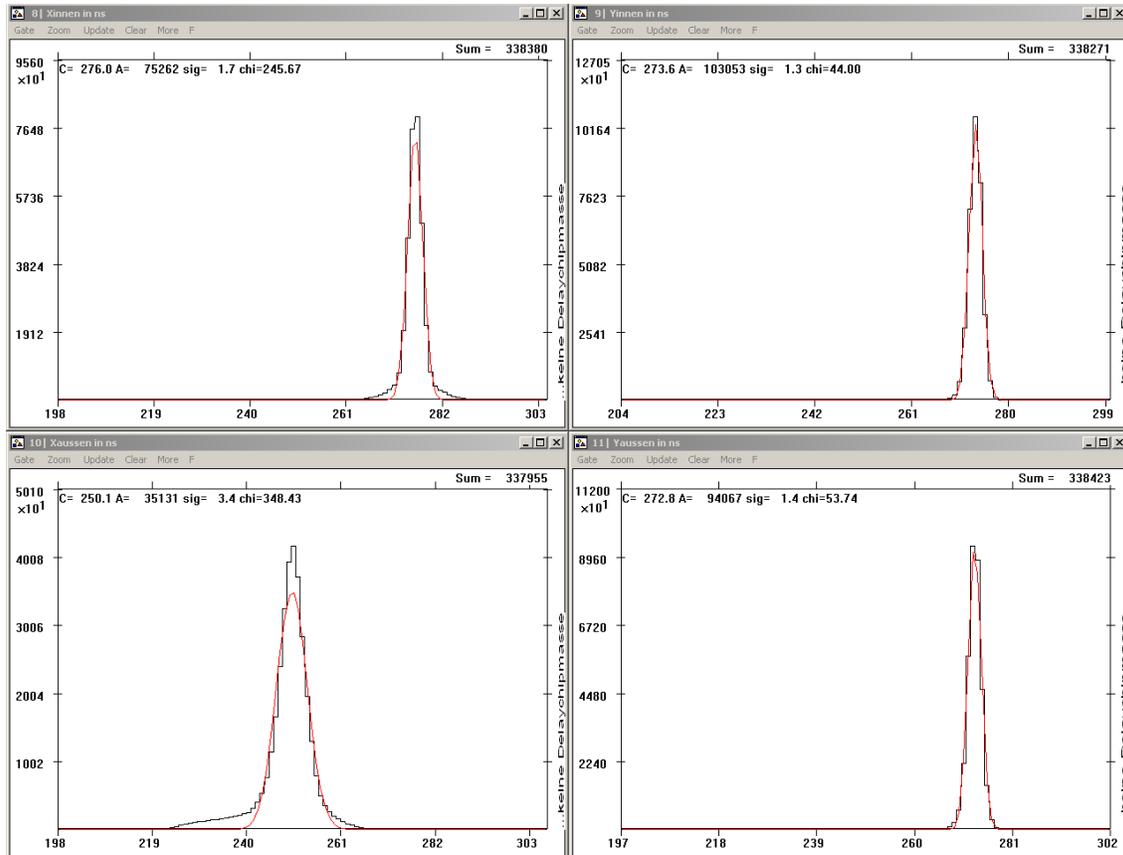
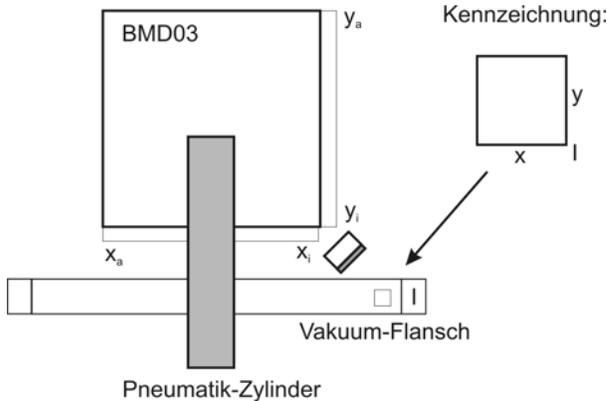


Abbildung 13: Laufzeitspektren bei defekter (links) und fehlerfreier Delay-Line (rechts). Der defekte Delay-Chip befindet sich hier zwischen dem Pulser-Eingang für x und dem äußeren Signal „Xaussen“ (links unten).

6. Aus-/Einbau in Vakuumasche



- a) Vakuumasche mit Vorschubeinheit senkrecht aufstellen und gegen Umfallen sichern
- b) Vakuumasche öffnen
- c) Hochspannungsanschlüsse ablöten, Signalauslese-Stecker lösen und ggf. Gasschlauch vom Pregap abziehen
- d) vier Gewindestangen zur Aufnahme des BMD03 und des Pregaps einseitig lösen und Detektor herausnehmen
- e) Einbau in umgekehrter Reihenfolge
- f) bei Pregap-Wechsel darauf achten, dass der Gaseinlass zwischen BMD und Pregap erfolgt
- g) vor dem Verschließen der Vakuumasche:
 - Signalleitungen vom Signalauslese-Stecker zum Vakuumterminal auf Durchgang und Kurzschluss prüfen
 - Übergangswiderstände der Hochspannungsanschlüsse prüfen
 - O-Ring überprüfen und reinigen
 - Schmutz und Staub entfernen
- h) Schrauben der Vakuumasche "handfest" anziehen (ca. 20Nm)
- i) Nach Spülen mit Zählgas letzten Funktionstest mit radioaktiver Quelle durchführen



Orientierung und Kennzeichnung:

Der BMD03 ist so einzubauen, dass sich in dargestellter, senkrechter Lage der Vorschubeinheit die Delay-Line für die X-Koordinate unten und die Y-Delay-Line rechts befindet (siehe Skizze).

Wenn noch nicht geschehen, sollte die Position des Signalauslese-Steckers durch ein „I“ (für „innen“) außerhalb gekennzeichnet werden. Die übliche Einbaulage im FRS ist ebenfalls senkrecht. Deshalb können ebenfalls die lokalen Orientierungen der X- und Y-Koordinate gekennzeichnet werden.

	<p>Überprüfung der Verbindung aller HV-Anschlüsse zu den Elektroden ohne Ausbau des Detektors aus Vakuumtasche oder Beschleuniger:</p> <ul style="list-style-type: none">- alle Signalleitungen zum Vorverstärker trennen- +10V auf A, T oder G geben und während des Ein-/Ausschaltens Lade-/Entladestrom an gegenüberliegenden Elektroden mit Picoamperemeter messen- Influenzierter Strom ist >200pA (Kathoden), ca. 30pA-50pA (Anode)
--	--

Tabelle 1: Richtwerte für die angelegte Hochspannung am Pregap (U_G), Transfergap (U_T) und der Anode (U_A) für unterschiedliche nachzuweisende Teilchen /1/

Beam	U_G [kV]	U_T [kV]	U_A [kV]
β -source (500 keV)	0	0	2.5
β -source (500 keV)	-8.3	-1.1	2.0
Ar at 1000 MeV/u	0	0	2.2
Xe at 800 MeV/u	0	0	1.9
Au at 600 MeV/u	0	0	1.8
Pb at 800 MeV/u	0	0	1.8
Ne at 150 MeV/u	-9.0	-2.1	2.5
Cr at 200 MeV/u	-8.1	-1.1	2.0
Kr at 200 MeV/u	0	0	2.2
Ar at 1000 MeV/u	-9.0	-2.1	2.6
antiprotons 1000 MeV/u	-9.0	-2.1	2.7

Literaturverzeichnis

- /1/ H. Weick: "Multi wire proportional chamber; x, y position detector" (20.01.2004),
<http://www-linux.gsi.de/~weick/frs/mwpc.html>
- /2/ Mathias Steiner: Diplomarbeit, Institut für Kernphysik, TH Darmstadt 1991
- /3/ Herbert Stelzer: "Multiwire chambers with a two-stage gas amplification",
Nucl. Instr. and Meth. A310 (1991) 103
- /4/ Herbert Stelzer: "CAMDA in Windows – The CAMAC - PC Data Acquisition
System", 1991-2005