

Interner Bericht  
DESY F14-78/05  
Dezember 1978

DESY-Bibliothek

22. FEB. 1979

Aufbau und Test eines ENDCAP-Schauerzählers für den  
magnetischen Detektor PLUTO

von

H. Daumann



AUFBAU UND TEST EINES ENDCAP-SCHAUERZAEHLERS FUER DEN MAG-  
NETISCHEN DETEKTOR 'PLUTO'

DIPLOMARBEIT DES FACHBEREICHES PHYSIK  
DER UNIVERSITAET HAMBURG

VORGELEGT VON  
HARALD DAUMANN

HAMBURG 1978

DIESE ARBEIT ENTSTAND IM RAHMEN DER SPEICHERRINGEXPERIMEN-  
TE DER PLUTO-KOLLABORATION.

INHALTSVERZEICHNIS

1.0.0	<u>EINLEITUNG</u>	Seite	1	5.0.0	<u>EIGENSCHAFTEN DES ENDCAP-DETEKTORS</u>	Seite	36
2.0.0	<u>SCHAUERZAEHLER</u>		4	5.1.0	VERSUCHSAUFBAU (MECHANISCH)		36
2.1.0	WIRKUNGSWEISE EINES SCHAUERZAEHLERS		4	5.2.0	MATERIESIMULATION		38
2.2.0	UNTERSCHIEDLICHE SCHAUERZAEHLER-TYPEN		4	5.3.0	DATENNAHME		39
2.2.1	BLEI-SZINTILLATOR		4	5.4.0	AUSWERTUNGSBESCHREIBUNG		40
2.2.2	BLEI-FLUESSIG-ARGON		5	5.5.0	LICHTAUSBEUTE		42
2.2.3	BLEIGLASS-LOESUNG		6	5.5.1	LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (OHNE MATERIESIMULATION)		42
2.3.0	BEGRUENDUNG FUER DIE BLEI-SZINT.-TORTEN-SANDWICH-LOESUNG		7	5.5.2	LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (MIT MATERIESIMULATION)		42
2.3.1	BEGRUENDUNG FUER DIE SZINTILLATOR-BLEI-SCHICHTDICKEN		10	5.5.3	LICHTAUSBEUTE ALS FKT. DER EINSCHUSSENERGIE		50
3.0.0	<u>VORBEREITENDE TESTS</u>		14	5.6.0	ENERGIEAUFLUESUNG		55
3.1.0	VORVERSUCHE AN SZINTILLATORPLATTEN		14	5.6.1	ENERGIEAUFLUESUNG-TOPOLOGIE		58
3.2.0	UNTERSUCHUNGEN AN EINEM TESTSANDWICH		15	5.7.0	EFFICIENCY		61
3.2.1	SCHICHTABHAENIGKEIT DER LICHTAUSBEUTE (LICHTLEITERKOPF)		16	5.7.1	EFFICIENCY ALS FUNKTION DER HOCHSPANNUNG		61
3.2.2	LICHTKUPPLUNG		18	5.7.2	EFFICIENCY ALS FKT. DES ORTES ENTLANG DER MITTELACHSE		63
3.3.0	MAGNETISCHE ABSCHIRMUNG		21	5.7.3	RANDEFFICIENCY (ZWISCHEN ZWEI SANDWICHEN)		64
4.0.0	<u>DER ENDCAP-DETEKTOR</u>		24	5.8.0	FEHLERABSCHAETZUNG		66
4.1.0	DAS GEAESS		24	5.9.0	LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIEN DER SONDERFERTIGUNGEN		68
4.2.0	DER SANDWICH		26	5.9.1	2. VOM RAND (JOCHNAHT UNTEN)		69
4.2.1	AUFBAU UND VERPACKUNG		27	5.9.2	1. VOM RAND (JOCHNAHT UNTEN)		69
4.3.0	DER LICHTLEITERKOPF		29	5.9.3	1. VOM RAND (JOCHNAHT OBEN)		70
4.3.1	DER LICHTLEITER		30	6.0.0	<u>EICHUNG DES ENDCAP-DETEKTORS</u>		75
4.4.0	DER PHOTOMULTIPLIER		31	6.1.0	EICHPHILOSOPHIE		75
4.5.0	DAS LEUCHTDIODEN-SYSTEM		34	6.1.1	EICHUNG IM TESTSTRAHL		75
				6.1.2	EINSTELLUNG DER ENDCAP-SEGMENTE IM PLUTO		76
				6.2.0	SERIENTEST		76
				6.2.1	AUFBAU AM TESTSTRAHL		76
				6.2.2	MESSABLAUF (DATENNAHME)		78
				6.2.3	ERGEBNISSE		78



6.3.0	EICHUNG MIT HILFE VON BHABHA-STREUUNG	Seite 81
6.3.1	ABSCHAETZUNG DER EREIGNISRATE (BHABHAS)	81
6.3.3	BHABHAS IM ENDCAP-DETEKTOR	83
7.0.0	DER ENDCAP-DETEKTOR IM BETRIEB BEI DORIS	85
7.1.0	DIE ZEITLICHE STABILITAET DES ENDCAP-SYSTEMS	85
7.2.0	DIE ROLLE DER ENDCAP-SCHAUERZAEHLER BEI PLUTO	89
8.0.0	ZUSAMMENFASSUNG	91
9.0.0	ANHANG	93
9.2.0	ABMESSUNGEN DES LICHTLEITERKOPFES (SONDERFERTIGUNGEN)	93
	LITERATURVERZEICHNIS	99
	DANKSAGUNG	101

ZUR ZEIT WERDEN AN ELEKTRON-POSITRON-SPEICHERRINGEN SCHLUESSELEXPERIMENTE GEMACHT, DIE ES ERLAUBEN INTERESSANTE FRAGEN DER ELEMENTARTEILCHENPHYSIK ZU BEANTWORTEN. ERWAEHNT SEIEN NUR DIE VERSUCHE ZUM NACHWEIS NEUER TEILCHEN SOWIE ZUR UNTERMAUERRUNG DER EXISTENZ WEITERER QUARKS UND DES SCHWEREN LEPTONS. EXPERIMENTE DAZU WERDEN UNTER ANDEREM AUCH BEI 'DESY' IN HAMBURG AM SPEICHERRING 'DORIS' (ABB.1) UND IN ZUKUNFT AN DEM NEUEN RING 'PETRA' DURCHGEFUEHRT.

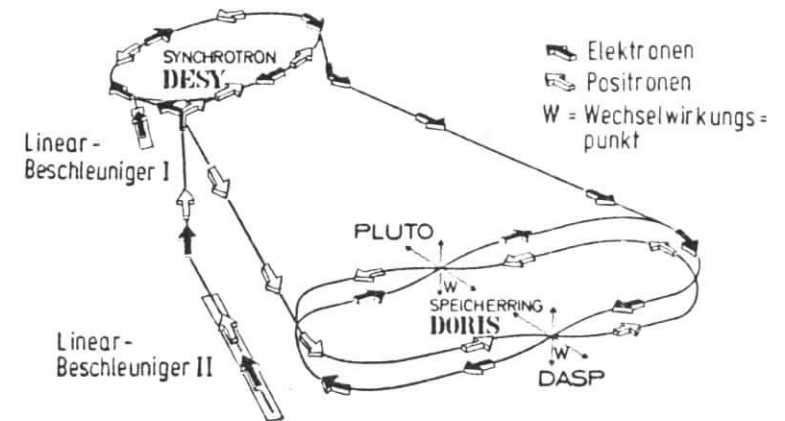
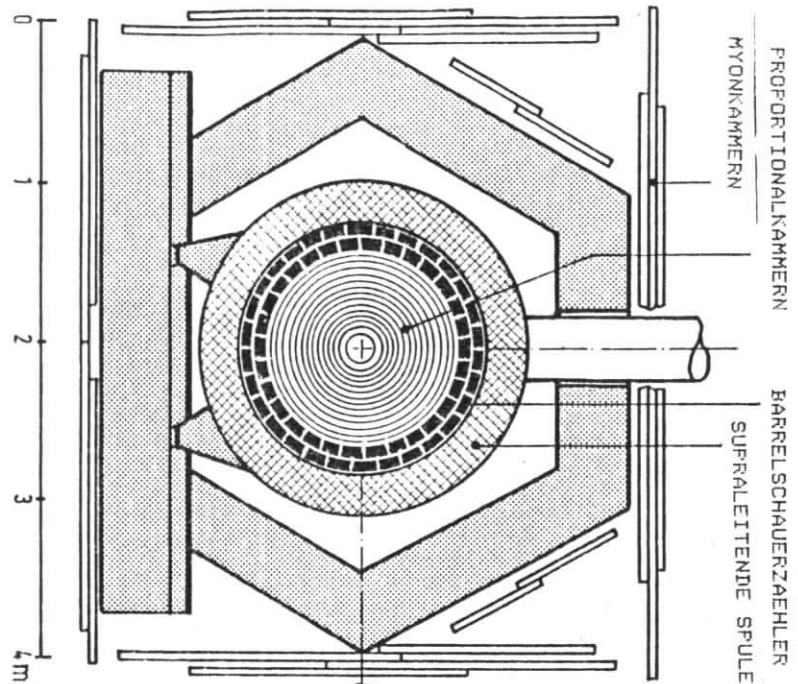


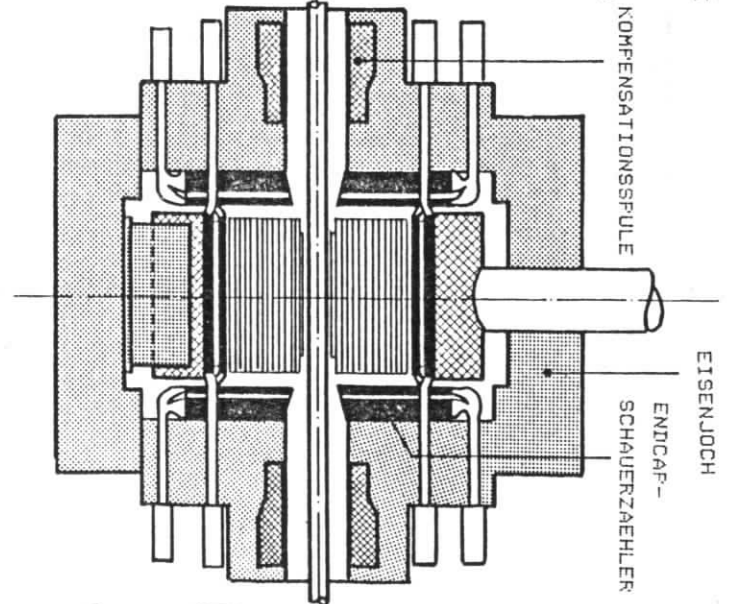
ABB.1: DESY UND DORIS

DIESE ARBEIT BEHANDELT DEN BAU EINES ZAEHLERSYSTEMS FUER DEN MAGNETISCHEN DETEKTOR PLUTO [1] BEI DORIS UND PETRA. DER DETEKTOR WAR (STAND ANFANG 1977) MIT EINEM INNENDETEKTOR ZUM NACHWEIS GELADENER SPUREN UND MIT BARRELSCHAUERZAEHLERN [2] FUER DEN NACHWEIS VON PHOTONEN UND ELEKTRONEN IM WINKELBEREICH  $55^\circ < \theta < 125^\circ$  AUSGERUESTET. IN EINEM VON EINER SUPRALEITENDEN SPULE ERZEUGTEN FELD VON CA.1,7 TESLA WERDEN DIE SPUREN GELADENER TEILCHEN ENTSPRECHEND IHREM IMPULS

27696



(a)



(b)

ABR.2: ANSICHT DES PLUTO-DETEKTORS

GEKUEMMT, DER VERLAUF DER TRAJEKTORIEN WIRD IN DRAHTKAMMERN BESTIMMT, DIE ZYLINDRISCH UM DAS STRAHLROHR HERUMGEFUEHRT SIND (INNENDETEKTOR). AUSSEN UM DIESE PROPORTIONALKAMMERN HERUM BEFINDET SICH TONNENFOERMIG DER BARRELZAEHLER, DIE ERFAHRUNG MIT BISHERIGEN SPEICHERRINGDETEKTORN ZEIGT, DASS ES FUER DIE REKONSTRUKTION DER BEOBSCHTETEN WECHSELWIRKUNG WICHTIG IST, DEN GESAMTEN RAUMWINKEL MIT TEILCHENNACHWEISEN SO ZU UEBERDECKEN, DASS ES AUCH MOEGLICH IST, DIE ERZEUGUNGSWINKEL ZU BESTIMMEN. DAHER BESTAND DIE NOTWENDIGKEIT, DIE NOCH OFFENEN SEITEN DES PLUTODETEKTORS MIT EINEM SYSTEM VON SCHAUERZAEHLERN FUER DEN NACHWEIS DER ENERGIE VON ELEKTRONEN UND PHOTONEN AUSZURUESTEN. UEBER ENTWICKLUNG UND AUFBAU DIESES WEGEN SEINER LAGE 'ENDCAP' GENANNTE DETEKTORSYSTEMS BERICHTET DIESE ARBEIT. DURCH AUSFRAESEN DES ALTEN EISENJOCHS WURDE PLATZ DAFUER GESCHAFFEN. ES ENTSTAND EINE VERWERTBARE BAUTIEFE VON CA. 19 CM. ZIEL WAR ES EINEN SCHAUERZAEHLER ZUR ORTS-UND ENERGIEMESSUNG, DER DIESER RANDBEDINGUNG GENUEGTE, ZU REALISIEREN. ALS ZAEHLERTYP WURDE EIN BLEI-SZINTILLATOR-SANDWICH MIT EINGEBAUTER, EINLAGIGER PROPORTIONALKAMMER GEWAEHLT. DAMIT ERREICHTE MAN DIE KOMPAKTESTE BAUWEISE. ABR.2 ZEIGT DEN ZUSTAND DES PLUTO-DETEKTORS NACH DEM EINBAU DER ENDCAPZAEHLER.

NACH EINEM EINLEITENDEN KAPITEL UEBER SCHAUERZAEHLER WIRD UEBER VORBEREITENDE UNTERSUCHUNGEN UND DEN ENDGUELTIGEN AUFBAU DES ENDCAP-SYSTEMS BERICHTET. WESENTLICHE BESTANDTEILE DER ARBEIT SIND DIE BESCHREIBUNG DER EIGENSCHAFTEN EINES SCHAUERSEGMENTES UND DAS KAPITEL UEBER DIE EICHUNG DES GESAMTSYSTEMS. ZUSAETZLICH SOLL SIE ZUR DOKUMENTATION DER ENDCAP-ZAEHLER BEI 'PLUTO' BEITRAGEN.

2.0.0 SCHAUERZAEHLER

IM FOLGENDEN SOLLEN DIE WIRKUNGSWEISE VON SCHAUERZAEHLERN UND DEREN UNTERSCHIEDLICHE TYPEN KURZ BESCHRIEBEN WERDEN. ES WIRD DIE BEGRUENDUNG FUER DIE LETZTLICH GEWAELTE VERSION GEGEBEN.

2.1.0 WIRKUNGSWEISE EINES SCHAUERZAEHLERS [3]

SCHAUERZAEHLER SIND DETEKTORN ZUR BESTIMMUNG DER ENERGIE VON ELEKTRONEN BZW. PHOTONEN. DAS PRINZIP EINES SCHAUERZAEHLERS IST ES, DASS DAS EINLAUFENDE TEILCHEN BEIM MATERIEDURCHGANG DURCH PAARBILDUNG UND BREMSSTRAHLUNG SEINE ENERGIE AUF VIELE TEILCHEN IN EINER KASKADE VERTEILT, DIE DANN IHRERSEITS AUFSCHAUERN BIS EINE MINIMALENERGIE, DIE DANN NICHT MEHR ZUR ERZEUGUNG NEUER TEILCHEN AUSREICHT, UNTERSCHRITTEN WIRD. DIE ANZAHL DER GEBILDETEN TEILCHEN HAENGT VON DER EINSCHUSS-ENERGIE AB.

DA DIE PAARBILDUNG PROPORTIONAL ZUM QUADRAT DER KERNLADUNG DES MATERIALS IST, IST ES GUENSTIG STOFFE MIT GROSSEM Z WIE BLEI ALS KONVERTER ZU VERWENDEN. DIE INFORMATION UEBER DIE ANZAHL DER ENTSTANDENEN TEILCHEN WIRD IN UNSEREM FALL UEBER EINEN SEKUNDAERPROZESS, NAEMLICH DIE AUSSENDUNG VON PHOTONEN (SICHTBARES LICHT) IM SZINTILLATORMATERIAL, AN EINEN PHOTOMULTIPLIER WEITERGEGEBEN.

2.2.0 UNTERSCHIEDLICHE SCHAUERZAEHLER-TYPEN

EIN SCHAUERZAEHLER LAESST SICH AUF VERSCHIEDENE ART UND WEISE REALISIEREN.

2.2.1 BLEI-SZINTILLATOR

BEI DIESEM TYP WIRD ABWECHSELND EINE BLEISCHICHT UND EINE SZINTILLATORPLATTE UEBEREINANDERGESTAPELT. DIE SZINTILLATOR-PLATTEN BESTEHEN AUS EINEM FLEXIGLASAEHNLICHEN KUNSTSTOFF MIT ZUSAETZEN, DIE BEI TEILCHENDURCHGANG (ANREGUNG) FLUORESCENZ-

STRAHLUNG BEWIRKEN. DIESE LICHTQUANTEN WERDEN ZUR PHOTOKATHODE EINES MULTIPLIERS UEBERTRAGEN, UM DORT DANN ELEKTRISCH VERSTAERKT ZU WERDEN UND SCHLIESSLICH EINEN LADUNGS AUSSTOSS ZU BEWIRKEN. BEI EINEM IDEALEN (UNENDLICH AUSGEDEHTEN) SANDWICH GILT FUER DIE AUFLUESUNG:  $\Delta E/E = K * E^{-1/2} * T^{1/2}$ . WOBEI T DIE TIEFE DES ZAEHLERS IN STRAHLUNGSLAENGEN DIVIDIERT DURCH DIE ANZAHL DER SAMPLES IST [4]. E IST DIE EINSCHUSSENERGIE. DER VORTEIL SOLCH EINER KONFIGURATION LIEGT IN DER EINFACHHEIT DES AUFBAUS UND DER BEARBEITUNG, AUCH BEI SCHWIERIGEN GEOMETRISCHEN GEGEBENHEITEN. DER NACHTEIL SIND EVENTUELLE LICHTVERLUSTE IN DEN SZINTILLATORPLATTEN DURCH ABSORPTION, INSBESONDERE DUERFEN DIE PLATTEN AUS DIESEM GRUNDE NICHT ZU DUENN GEMACHT WERDEN (VIELE REFLEXIONEN). AUCH BIETET DIE LICHTUMLENKUNG ZUR ROEHRE MANCHMAL PROBLEME.

2.2.2 BLEI-FLUESSIG-ARGON [5]

ANSTELLE DES SZINTILLATORS KANN MAN AUCH ANDERE MEDIEN ZUM NACHWEIS DER IONISATIONSENERGIE VERWENDEN. ZIEL MUSS ES SEIN, DAS SAMPLING MOEGLICHST HOCH ZU TREIBEN, UM DIE AUFLUESUNG ZU VERBESSERN. IM PRINZIP GILT DIE GLEICHE FORMEL DAFUER WIE BEIM BLEI-SZINTILLATOR-SANDWICH. UM EIN DER TEILCHENZAHLE PROPORTIONALES ANALOGSIGNAL ZU BEKOMMEN, KANN MAN SEHR REINES FLUESSIGES ARGON ZWISCHEN ZWEI HOCHSPANNUNG FUEHRENDEN PLATTEN VERWENDEN. DURCH DIE IONISATION KOMMT EIN ELEKTRISCHES SIGNAL ZUSTANDE, DAS AUSGELESEN WERDEN KANN. BEI GEEIGNETER UNTERTEILUNG DER BLEIELEKTRODEN ERHAELT MAN AUCH GLEICH ORTSINFORMATION.

DER NACHTEIL BEI SO EINEM ZAEHLER SIND DIE HOHEN ANFORDERUNGEN AN DAS MATERIAL UND DER AUFWAND BEIM BAU UND BETRIEB. ES MUSS EINE KRYOGENIK VORHANDEN SEIN, DAS ARGON UNTERLIEGT EXTREMEN REINHEITFORDERUNGEN (INSBESONDERE DARF KEIN SAUERSTOFF VORHANDEN SEIN). GERADE BEI NICHT GANZ EINFACHEN GEOMETRISCHEN GEGEBENHEITEN STELLEN DIE VERSORGUNG, KUEHLUNG UND AUSLESE SCHWERWIEGENDE PROBLEME DAR. DER PLATZGEWINN DURCH EINSPAREN DER OPTISCHEN AUSLESE GEHT DADURCH WIEDER VERLOREN.

2.2.3 BLEIGLAS-LOESUNG [6]

BEIM BAU EINES SCHAUERZAEHLERS AUS BLEIGLAS HAT MAN NICHT MEHR DIE SANDWICHFORM. DA DAS BLEI NICHT MEHR NUR IN BESTIMMTEN LAGEN VORHANDEN IST, SONDERN VERTEILT IM DETEKTOR VORKOMMT, IST DIE AUFLUESUNG DEUTLICH BESSER ALS BEI DEN SANDWICH-LOESUNGEN. DER NACHTEIL DIESER LOESUNG IST DER PREIS, DER DETEKTOR WUERDE CA.50% TEURER. UNTER DEN SPEZIELLEN BEDINGUNGEN DES PLUTO DETEKTORS ERWEIST SICH AUCH DIE GROESSERE STRAHLUNGSLAENGE VON  $X=2,5$  CM (1,5 MAL SO GROSS WIE BEIM BLEI-SZINTILLATOR SANDWICH) ALS NACHTEIL. DIE GROESSERE STRAHLUNGSLAENGE FUEHRT ZU GROESSEREN BAUTIEFEN. WEGEN DER GERINGEREN LICHTAUSBEUTE SIND MOEGLICHSIT KURZE LICHTWEGE ANZUSTREBEN. DAS FUEHRTE ZU KONFLIKTEN MIT DER VORGEGEBENEN JOCHANORDNUNG.

2.3.0 BEGRUENDUNG FUER DIE BLEI-SZINT.-TORTEN-SANDWICH-LOESUNG ALS RANDBEDINGUNGEN WAREN VORGEGEBEN:

1. DIE ZU ANALYSIERENDE ENERGIE BETRAEGT BEI DORIS 5 GEV BEI PETRA [7] BIS ZU 15 GEV. DIE ZAEHLER SOLLEN IN DIESEM BEREICH MOEGLICHSIT GUTE LINEARITAET UND ENERGIEAUFLUESUNG ZEIGEN.
2. DURCH DIE AUSFRAESUNG AM PLUTOJOCH WAR EINE MAXIMALE EINBAUTIEFE VON 19 CM VORGEGEBEN
3. ES MUSSTE PLATZ FUER DIE LICHTLEITERDURCHFUEHRUNGEN DES BARRELSCHAUERZAEHLERS GESCHAFFEN WERDEN. DIE AUSSPARUNGEN IM ENDCAP SIND SO KLEIN WIE MOEGLICHSIT GEMACHT WORDEN, UM DIE STOERUNGEN GERING ZU HALTEN.
4. DARAUS FOLGTE EINE GEFORDERTE GENAUEIGKEIT IN DER POSITIONIERUNG VON 0,1 MM IN DEN MITTELPUNKTEN DER BARRELDURCHFUEHRUNGEN DES GEFAESSES. DIE UEBRIGEN TOLERANZEN MUSSTEN BESSER  $\pm 0,25$  MM SEIN [8].
5. DIE ZAEHLER SOLLTEN INNERHALB EINES JAHRES ENTWORFEN UND GEBAUT WERDEN UND NOCH UNTER DEN GEOMETRISCHEN BEDINGUNGEN VON PLUTO BEI DORIS GETESTET WERDEN.

ES GAB INSGESAMT 4 MITEINANDER KONKURRIERENDE VORSCHLAEGE FUER DEN BAU DER ENDCAP-ZAEHLER.

1. FLUESSIG ARGON ANSTELLE DES SZINTILLATORS
2. BLEIGLAS BLOECKE
3. RINGSEGMENTE (BLEI-SZINTILLATOR)
4. TORTENSTUECKE (BLEI-SZINTILLATOR)

DIE FLUESSIG ARGON-LOESUNG HAETTE BEDEUTET EINE VERHAELTNISMAESSIG NEUE TECHNOLOGIE IN SEHR KURZER ZEIT ZU IMPLEMENTIEREN. DABEI WAR DIE GEFAHR, NICHT TERMINGERECHT FERTIG ZU WERDEN, SO GROSS, DASS DIESER WEG NICHT BESCHRITTEN WURDE. DIE BLEIGLAS LOESUNG BOT WIE AUCH DER FLUESSIG-ARGON-BAU VON DER PHYSIKALISCHEN SEITE DEN VORTEIL DER BESSEREN ENERGIEAUFLUESUNG.

ES HAETTEN ABER DREI UNTERSCHIEDLICHE MODUL-TYPEN GEBAUT UND GETESTET WERDEN MUESSEN, HINZU KAM, DASS INSGESAMT FUER 144 BLOECKE DURCHBOHRUNGEN DES JOCHS HAETTEN GEMACHT WERDEN MUESSEN, WAS DAS STREUFELD DES MAGNETEN STARK ERHOEHT HAETTE. INSGESAMT HAETTEN AUCH NUR CA.8 STRALUNGSLAENGEN MATERIAL IN DER JOCHAUSFRAESUNG PLATZ GEHABT, WAS DIE LINEARITAET BEI HOHEN SCHAUERENERGIEN STARK IN MITLEIDENSCHAFT GEZOGEN HAETTE. HINZU KOMMT, DASS DIESE LOESUNG UM EINEN FAKTOR 1,5 TEURER GEWESEN WAERE ALS EIN BLEI-SZINTILLATOR AUFBAU. AUS DIESEN GRUENDEN WURDE DEM KONZEPT DES BLEI-SZINTILLATOR-SANDWICHS DER VORZUG GEBEBEN. HIERZU GAB ES ZWEI VORSCHLAEGE, EINMAL DIE RINGSEGMENT KONFIGURATION UND ZUM ANDEREN DER TORTENAUFBAU (SIEHE ABB.3).

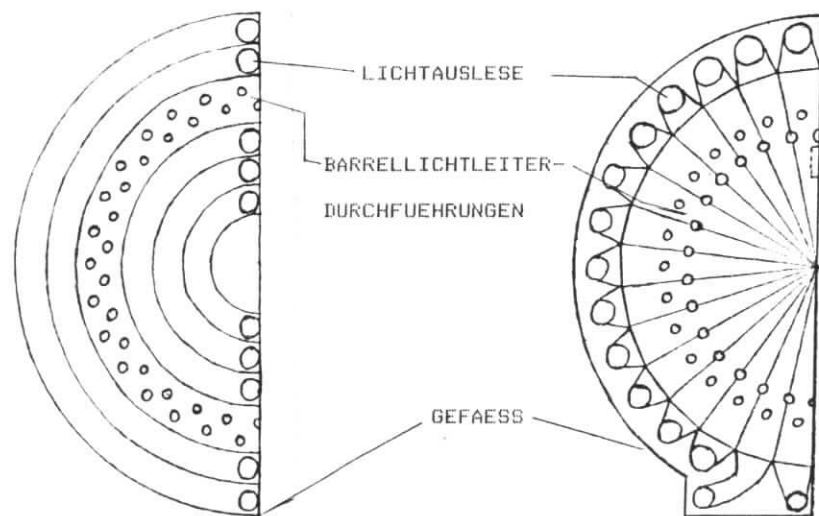


ABB.3: RINGSEGMENTE TORTENSTUECKE

BEI DEN RINGSEGMENTEN WAERE MAN MIT WENIGEN GROESSEREN TEILEN AUSGEKOMMEN. ES WAEREN 40 LOECHER IM PLUTOJOCH NOETIG GEWESEN, MAN HAETTE DANN DREI SEGMENTE INNERHALB DES BARRELLICHTLEITERDURCHFUEHRUNGEN WIRD JEDES SEGMENT GROB IN ZWEI GEBIETE UNTERSCHIEDLICHER LICHTAUSBEUTE GETEILT (FAKTOR 2).

GEWICHT DER EINZELSEGMENTE BIS UEBER 200 KG, DIE SCHLECHTE GEOMETRISCHE  $\phi$ AUFLUESUNG. MAN HAETTE DURCH LAUFZEITMESSUNGEN AUF DEN ORT SCHLIESSEN MUESSEN. AN DER JOCHNAHT WAERE DURCH DIE LICHTLEITER EIN BEREICH SCHLECHTER UEBERDECKUNG ENTSTANDEN (10 CM SPALT). DIE MODULE HAETTEN WEGEN GEOMETRISCHER HINDERNISSE NICHT MEHR IM PLUTOAUFBAU BEI PETRA AUSGELESEN WERDEN KOENNEN.

FUER DIE ZUM EINSATZ GEKOMMENE TORTENBAUWEISE SPRACH VOR ALLEM IHRE HANDLICHKEIT. ES GIBT (VON EINIGEN SONDERTYPEN ABGESEHEN) NUR EINEN FORMENTYP. DURCH DIE WAHL, JEWELNS EIN

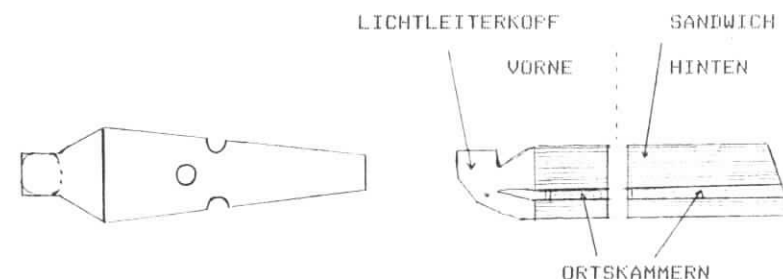


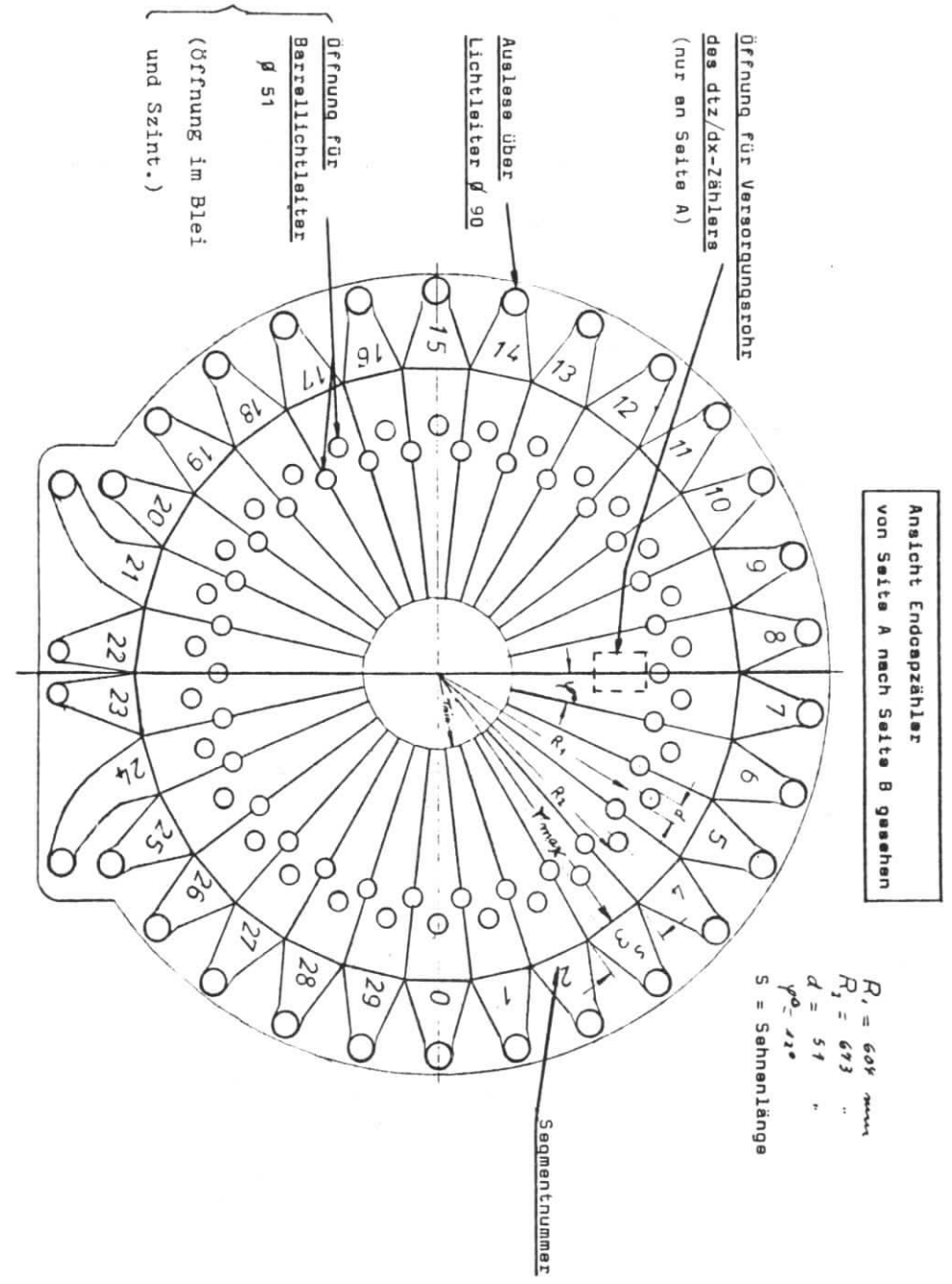
ABB.4: DRAUFSICHT SEITENANSICHT

TORTENSTUECK EINEN WINKEL VON  $12^\circ$  ABDECKEN ZU LASSEN, ERHAELT MAN EINE RECHT GUTE WINKELAUFLUESUNG IN  $\phi$ . DIE R AUFLUESUNG BETRAEGT DURCH DEN EINBAU EINER ORTSKAMMER IN EINEN SCHLITZ DES SANDWICHES OBERHALB 1 GEV EINSCHUSSENERGIE ETWA 16 MM [9]. DIE MASSE EINES EINZELSTUECKES BETRAEGT NUR NOCH CA.50 KG, WAS NOCH GUT ZU HANDHABEN WAR. INSGESAMT MUSSTEN 60 SOLCHER SANDWICHE GEFERTIGT WERDEN, SIE WURDEN ZU JE 15 IN EINER HALBSCHALE (GEFAESS) ZUSAMMENGEFASST. AUFGRUND DER BARRELLICHTLEITERDURCHFUEHRUNGEN WIRD JEDES SEGMENT GROB IN ZWEI GEBIETE UNTERSCHIEDLICHER LICHTAUSBEUTE GETEILT (FAKTOR 2).



DER ENERGIEAUFLÖSUNG DES MODELLS 1 GEGENÜBER DEM MODELL 2 DEN HOEHEREN TECHNISCHEN AUFWAND NICHT GERECHTFERTIGT ERSCHEINEN LÄSST, DIE EINE SZINTILLATORDICKE VON 5 MM MIT SICH BRINGT (PROBLEME DES HERSTELLERS BEI DER ENGTOLERIERTEN FERTIGUNG DES KOMPLIZIERTEN LICHTLEITERS), FIEL DIE WAHL AUF DIE VERSION 2 MIT  $N=11$ ,  $X_{PB}=6$  MM,  $X_{SA}=7$  MM.

ABBILDUNG 5 ZEIGT DIE VOLLSTÄNDIGE ANSICHT DES ENDCAP-SYSTEMS.



— ABB. 5 —



3.0.0 VORBEREITENDE TESTS

IN DIESEM KAPITEL WERDEN ANGABEN UEBER DIE MATERIALAUSWAHL GEMACHT, AN EINEM TESTSANDWICH WURDE DIE LICHTAUSBEUTE IN ABHAENGIGKEIT DER SZINTILLATORSCHICHT UND DER LICHTKUPPLUNG AN DEN SANDWICH GEMESSEN. AUCH WURDE DAS MAGNETISCHE ABSCHIRMVERHALTEN DES MULTIPLIERGEHAEUSES GETESTET.

3.1.0 VORVERSUCHE AN SZINTILLATORPLATTEN

ZIEL DIESER UNTERSUCHUNG WAR ES, HERAUSZUFINDEN WELCHES SZINTILLATORMATERIAL AM GEEIGNETSTEN IST, UND IN WELCHER WEISE DIE BARRELLICHTLEITERDURCHFUEHRUNGEN AM PLUTO DIE LICHTAUSBEUTE UND DAS VORNE ZU HINTEN VERHAELTNIS BEEINFLUSSEN WUERDEN. ES WURDEN DIE MATERIALIEN NE104, NE110 UND NE114 [12] VERGlichen, DIE MESSUNGEN WURDEN BEI UNTERSCHIEDLICHER BEHANDLUNG DER LOECHER GEMACHT (SIEHE TABELLE 2)

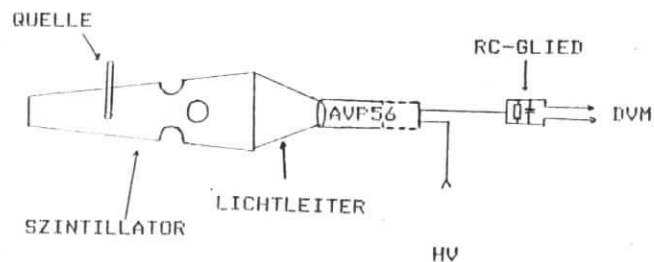


ABB.6: SZINTILLATORPLATTE (MESSANORDNUNG)

DIE PLATTEN WAREN IN SCHWARZEM KUNSTSTOFF VERPACKT, AUSGELESEN WURDE UEBER EINEN PHOTOVERVIELFACHER (AVF56), UEBER EIN RC-GLIED WURDEN DIE PULSE INTEGRIERT ( 1MΩ , 1μF ) UND DANN DIE SPANNUNG MIT HILFE EINES DIGITALVOLTMETERS GEMESSEN. ALS QUELLE DIENTE EIN SR 90 β-STRAHLER. SIE WURDE DIREKT AUF DIE PLATTEN-OBERFLAECHEN AUFGESETZT. ES WURDE AN MEHREREN STELLEN DER PLATTE GEMESSEN.

TABELLE 2: DAS LICHTAUSBEUTEVERHAELTNIS V/H ANGEGEREN IN ABHAENGIGKEIT VOM MATERIAL, DER BEARBEITUNG UND DER PLATTENDICKE

MATERIAL	LOECHER	PLATTENDICKE	VORNE/HINTEN
NE110	I POLIERT	I 10 MM	I 1,5
*)NE110/114I	I POLIERT	I 10 MM	I 1,25
NE110	I SCHWARZ	I 10 MM	I 1,7
NE104	I OHNE	I 5 MM	I 1,0
NE104	I ROH	I 5 MM	I 2,3
NE110	I ROH	I 10 MM	I 1,4

\*) NE110 IM HINTEREN BEREICH, VERKLEBT MIT EINEM STUECK NE114 IM VORDEREN BEREICH.

EINE GROESSERE PLATTENDICKE VERRINGERT DAS V/H VERHAELTNIS, ALS KONSEQUENZ AUS DIESEN VERSUCHEN WURDE NE110 ALS MATERIAL GEWAHLT, DIE LOECHER BLIEBEN UNPOLIERT. MIT DIESER ZUSAMMENSTELLUNG LIESS SICH DAS BESTE (KLEINSTE) VORNE/HINTEN VERHAELTNIS IN DER LICHTAUSBEUTE BEI VERTRETbareM ARBEITS-AUFWAND ERZIELEN, ZUM EINBAU IN DIE SANDWICHE WURDEN ALLERDINGS NUR 7 MM DICKE SZINTILLATORPLATTEN VERWENDET (SIEHE 2.3.1), WAS DAS LICHTAUSBEUTEVERHAELTNIS V/H AUF CA.2 BRACHTE.

3.2.0 UNTERSUCHUNGEN AN EINEM TESTSANDWICH

DER TESTSANDWICH BESTAND AUS 12 LAGEN SZINTILLATOR NE104, DAS 5 MM DICK WAR, UND AUS 13 LAGEN BLEI MIT EINER SCHICHT-DICKE VON 4 MM. ER STELLTE DAMIT EINE MATERIALBELEGUNG VON 8,8 STRAHLUNGSLAENGEN DAR. ANSTELLE DER ORTSKAMMERN WAR DORT EINE 2 CM DICKE HOLZPLATTE EINGEFUEGT (SIEHE ABB.7).



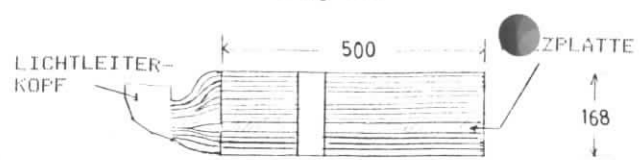


ABB.7: TESTSANDWICH

DIE BLEI- UND SZINTILLATORPLATTEN WAREN 50 CM LANG. DAMIT WAREN SIE ETWAS KUERZER UND WENIGER DICK ALS DIE ENDGUELTIG VERWENDETEN (SIEHE 4.2.0). DAS LICHT WURDE IN EINEM SPEZIELL FUER DEN TEST GEFERTIGTEN LICHTLEITERKOPF (SEHR AEHNLICHE GEOMETRIE WIE DIE BEI PLUTO EINGEBAUTEN, SIEHE 4.3.0) GESAMMELT.

AN DIESEM SANDWICH WURDEN INSBESONDERE UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE LICHTAUSBEUTE AN DEN EINZELNEN SCHICHTEN GEMACHT, WAS U. A. AUSKUNFT UEBER DIE EIGENSCHAFTEN DES LICHTLEITERKOPFES GIBT. AUSSERDEM WURDEN FRAGEN ZUR ANKOPPLUNG DES SCHAUERZAEHLERS AN DEN SPAETER DURCHS PLUTO-JOCH FUEHRENDEN ZYLINDRISCHEN LICHTLEITER GEKLAERT.

3.2.1 SCHICHTARHAENGIGKEIT DER LICHTAUSBEUTE

UM DIESE MESSUNGEN DURCHFUEHREN ZU KOENNEN, WURDEN DIE SZINTILLATORSCHICHTEN AM SCHMALEN ENDE (HINTEN) AUF 3 MM ANGEBOHRT, SO DASS SIE EINE LEUCHTDIODE (LED) AUFNEHMEN KONNTEN. ZUR REFERENZ WURDE EINE ZWEITE LED AN DER ZWEITEN SZINTILLATORSCHICHT DES SANDWICHS BETRIEBEN. ABB.8 ZEIGT DIE MESSANORDNUNG.

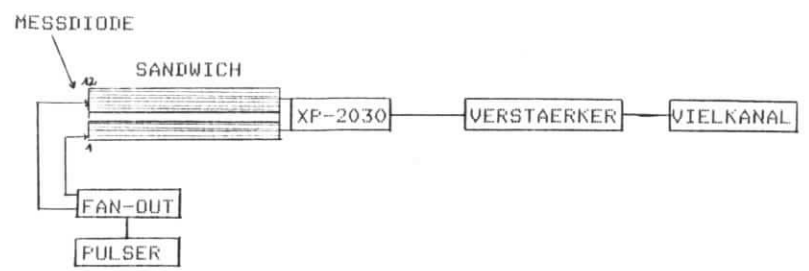


ABB.8: MESSANORDNUNG

DIESE MESSUNGEN WURDEN BEI UNVERAENDERTEM LICHTLEITERKOPF (NUR TOTALREFLEXION) UND BEI IN UNTERSCHIEDLICHER WEISE MIT ALUMINIUMFOLIE VERKLEIDETEM BZW. MIT SPIEGELN VERSEHENEN KOPF DURCHGEFUERT. ZUSAETZLICH WURDE DER KOPF AN DEN SPIEGELFLAECHEN MIT  $TiO_2$ -FARBE BESTRICHEN UND SO GEMESSEN. ES ZEIGTEN SICH STARKE INHOMOGENITAETEN BEI MIT GLATTER ALUMINIUMFOLIE ODER SPIEGELN VERSEHENEM UND BEI UNBEHANDELTEM LICHTLEITERKOPF. INSBESONDERE GABEN DIE SCHICHTEN 2 - 4 UEBERDURCHSCHNITTlich VIEL LICHT AN DEN PHOTOMULTIPLIER AB, DIE SCHICHTEN 6 - 12 VERGLEICHSWEISE WENIG LICHT. DER MIT KRAUSER FOLIE VERKLEIDETE KOPF ZEIGTE NUR UNWESENTLICH BESSERES VERHALTEN. ABB.9 ZEIGT DIE RESULTATE.

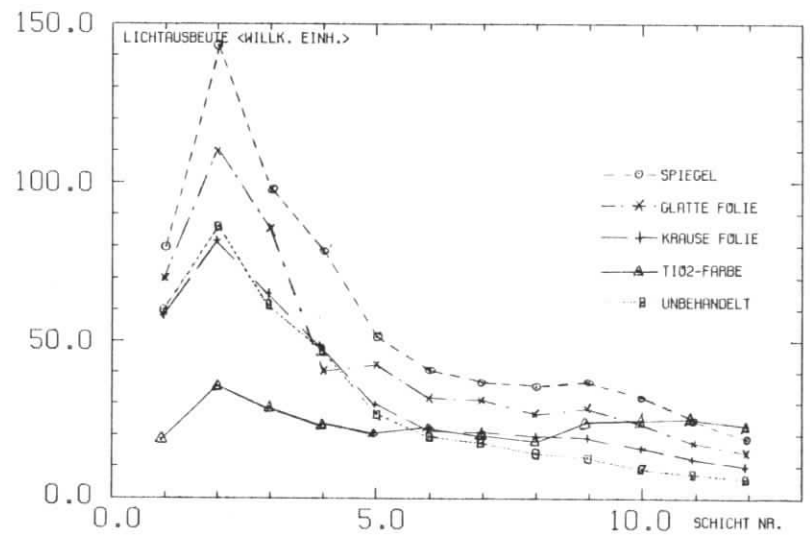


ABB.9: SCHICHTABHAENGIGKEIT DER LICHTAUSBEUTE (TESTSANDWICH)

ERST DER MIT  $TiO_2$ -FARBE (NE-560 [12]) BESTRICHENE LICHTLEITERKOPF GAB EINE GUTE HOMOGENITAET BEI EINER ETWAS VERMINDERTEN ABSOLUTEN HELLIGKEIT DER LICHTAUSBEUTE. DURCH DIE FARBE WIRD DAS LICHT DIFFUS REFLEKTIERT, WODURCH BENACHTEILIGUNGEN BZW. BEVOR-

ZUGUNGEN BEI DER DIREKTEN REFLEXION DES LICHTS KEINE GROSSE ROLLE MEHR SPIELEN.

BEI DEN ENDGUELTIG EINGEBAUTEN LICHTLEITERKOEPPEN WURDE DER GANZE PLEXIGLAS-KOPF MIT AUSNAHME DER LAMELLEN MIT FARBE BESTRICHEN. WIE ABB.9 ZEIGT WURDE DADURCH DIE LICHTAUSBEUTE NOCH ETWAS HOMOGENER.

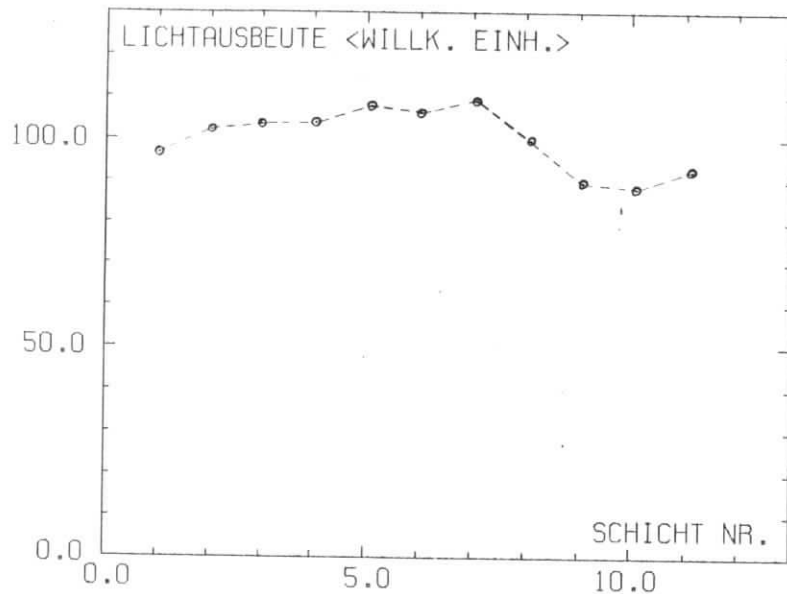


ABB.9 : SCHICHTABHAENGIKHEIT DER LICHTAUSBEUTE (ENDCAP)

DIE SCHWANKUNGEN LIEGEN INNERHALB +/-10% TOTALER STREUBREITE. DIE SONDERFERTIGUNGEN (SIEHE 4.2.0, 5.10.0) 3. VOM RAND SIND NUR UNWESENTLICH SCHLECHTER, BEI DEN SONDERFERTIGUNGEN 1. VOM RAND LIEGT DIE STREUUNG BEI +/-30% (VERGLEICHE DAZU ABB.57).

3.2.2 LICHTKUPPLUNG

UM DAS LICHT, WELCHES IM LICHTLEITERKOPF GESAMMELT WIRD, ZUR KATHODE DES PHOTOMULTIPLIERS ZU BRINGEN, MUSS ES DURCH

DAS PLUTO-JOCH GELEITET WERDEN. DIES BEDINGT EINE UNTERBRECHUNG IN DER LICHTFUEHRUNG AM GEFAESSEDECKEL (SIEHE 4.1.0) ZUR FINDUNG DER BESTEN LOESUNG WURDEN DAHER MESSUNGEN AN UNTERSCHIEDLICH GESTALTETEN UEBERGAENGEN GEMACHT.

1. ZWISCHEN LICHTLEITERKOPF UND LICHTLEITER WURDE EIN CA. 2 CM GROSSER LUFTSPALT GELASSEN.

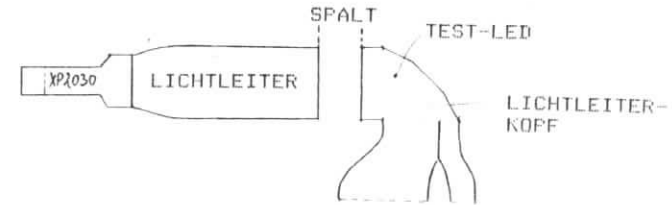


ABB. 10: LICHTKUPPLUNG (VORSCHLAG 1)

2. DER SPALT WURDE UEBERBRUECKT MIT HILFE EINES SILOPREN-PLIXIGLAS-SILOPREN UEBERGANGES.

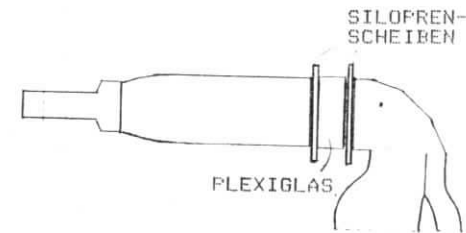


ABB.11: LICHTKUPPLUNG (VORSCHLAG 2)

3. DIE ZUM MULTIPLIERTER ZEIGENDE SILOPRENSCHEIBE WURDE WEGGELASSEN.

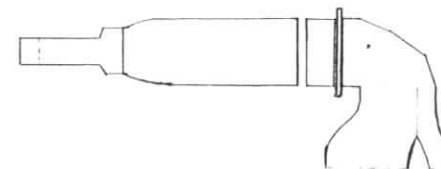


ABB.12: LICHTKUPPLUNG (VORSCHLAG 3)

ZUR AUFNAHME DER PLEXIGLAS-SCHEIBE BEFAND SICH EIN SPANNRING AUS MESSING AM UEBERGANG.

ES ERGAB SICH FOLGENDES BILD: (NORMIERT AUF FALL 1)

TABELLE 3: MESSUNG DER LICHTAUSBEUTE BEI VERSCHIEDEN GESTALTETEN LICHTKUPPLUNGEN

ZU	I 1.	I 2.	I 2.	I 3.	I
	I	I1.MESSUNG	I2.MESSUNG	I	I
PEAKLAGE	I 100	I 120	I 98	I 104	I
FWHM [Z]	I 15.4	I 14.2	I 15.3	I 15.5	I

DABEI ZEIGTE SICH, DASS SICH DIE BESTEN ERGEBNISSE ZWAR MIT MIT KONFIGURATION 2 ERREICHEN LASSEN, DIESE ABER NICHT REPRODUZIERBAR SIND, DAFUER IST VOR ALLEM DIE SCHWIERIGKEIT, LUFTBLASEN ZWISCHEN DER SILOPRENSCHEIBE UND DER PLEXIGLAS-SCHEIBE ZU VERMEIDEN, VERANTWORTLICH, DA IM PLUTO DER ZUGANG AN DIESE STELLE NICHT MOEGLICH IST, WURDE FUER VORSCHLAG 1 ENTSCIEDEN. DER SPALT IM GEAESS IST VON EINEM DURCHGEHENDEN STAHLRING UMGEHEN. DIESE ART DES AUFBAUS ERMOEGLICHT AM EHESTEN EINE GLEICHE LICHTFUEHRUNG FUER ALLE 60 SANDWICHE. DER UEBERGANG DES LICHTLEITERS ZUM PHOTOMULTIPLIER IST MIT SILIKONFETT BEWERKSTELLIGT.

3.3.0 MAGNETISCHE ABSCHIRMUNG

DA BEI BETRIEB DES PLUTO-MAGNETEN AM ORT DER PHOTOMULTIPLIER STREUFELDER BIS ZU CA. 50 GAUSS AUFTRETEN KOENNEN, WURDE DER EINFLUSS EINES AEUSSEREN MAGNETFELDES AUF DIE ABSCHIRMUNG DER PHOTOVERVIELFACHER-ROEHRN UNTERSUCHT. MIT HILFE EINES PAARES VON HELMHOLTZ-SPULEN KONNTE EIN HINREICHEND AUSGEDEHNTEES UND HOMOGENES MAGNETFELD BIS ZU EINER FELDSTAERKE VON 97 GAUSS ERZEUGT WERDEN (SIEHE ABB.13).

ALS ERSTES WURDE EIN ORIGINALWEICHEISENZYLINDER (VGL.4.3.2 DAS MULTIPLIERGEHAEUSE) MIT DEM AUFGESCHRAUBTEN WEICHEISENTEIL EINES LICHTLEITERS QUER IN DAS FELD EINGEBRACHT. MIT HILFE EINER FOERSTERSONDE [13] KONNTE DIE MAGNETISCHE FELDSTAERKE IM ZENTRUM DES ZYLINDERS GEMESSEN WERDEN.

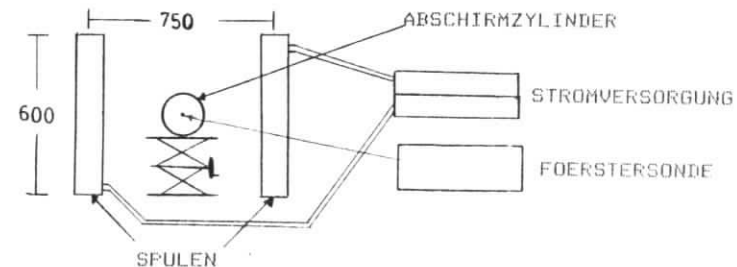


ABB.13: MESSANORDNUNG MAGNETISCHE ABSCHIRMUNG

ZUM ZWEITEN WURDEN DIESE MESSUNGEN AN EINEM KOMPLETTEN ABSCHIRMZYLINDER MIT MU-METALL-EINSATZ IM QUERFELD UND LAENGSFELD DES SPULENPAARES DURCHGEFUEHRT. DER WEICHEISENZYLINDER IST 225 MM LANG UND HAT EINEN DURCHMESSER VON 120 MM. ER IST 7 MM DICK. DAS MU-METALL IST 1 MM STARK, HAT EINEN INNENDURCHMESSER VON 94 MM UND EINE LAENGE VON 205 MM. IN ABB.14 IST DAS INNENFELD HI ALS FUNKTION DES AEUSSEREN FELDES HA FUER DAS WEICHEISEN DARGESTELLT.

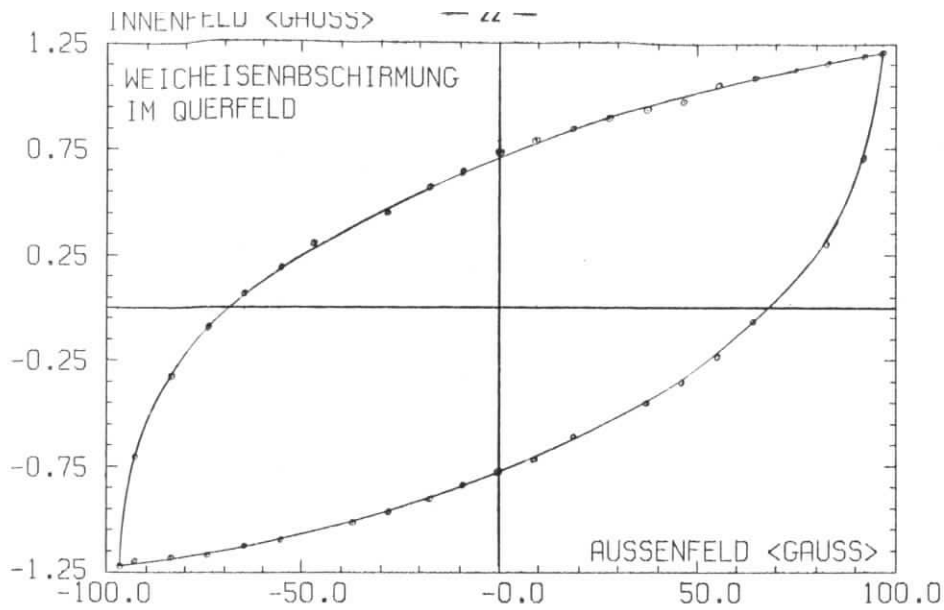


ABB.14: DAS MAGNETISCHE INNENFELD IN ABHÄNGIGKEIT DES AUSSEREN FELDDES (WEICHEISEN)

DER ABSCHIRMFAKTOR IST DEFINIERT ALS  $S = H_A/H_I$  [14]. FÜR DAS WEICHEISEN ERGAB ER SICH ZU  $S=80.5$ , FÜR DIE ABSCHIRMKOMBINATION WEICHEISEN UND MU-METALL ZYLINDER ERGAB SICH FÜR QUERFELDER EIN  $S=5390$ . LÄNGSFELDER WERDEN NATURGEMÄSS NICHT SO GUT ABGESCHIRMT (EINGREIFEN DES FELDDES DURCH DIE DEFFNUNGEN). ES GAB EINEN ABSCHIRMFAKTOR  $S=77.6$  FÜR DIE KOMBINATION. ZUSÄTZLICH ZU DEN DIREKTEN MESSUNGEN DES ABSCHIRMFAKTORS WURDE EIN PHOTOMULTIPLIERTER IN DAS KOMPLETTE MULTIPLIERTERGEHÄUSE EINGEBAUT, UND MIT HILFE VON LEUCHTDIODENPULSEN WURDE DER EINFLUSS DES MAGNETFELDDES AUF DAS ANODENSIGNAL UNTERSUCHT.

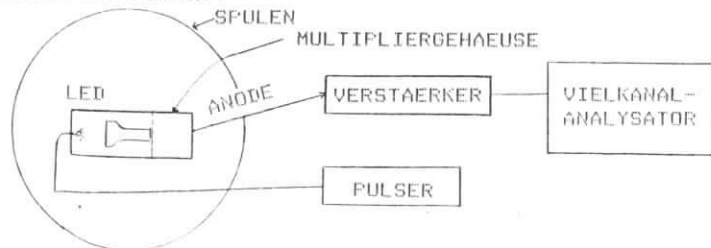


ABB.15: ANORDNUNG ZUR MESSUNG DES EINFLUSSES DES MAGNETFELDDES AUF DAS ANODENSIGNAL EINER XP-20

AUSGELESEN WURDE DAS ANODENSIGNAL ÜBER EINEN VORVERSTÄRKER AN EINEN VIELKANALANALYSATOR (BEI EINER HOCHSPANNUNG VON 1600 VOLT). ES WURDE DAS WANDERN DES MAXIMUMS DES LED-SPEKTRUMS IN ABHÄNGIGKEIT VOM AUSSEREN MAGNETFELD QUER UND LÄNGS ZU DEN FELDLINIEN DER HELMHOLTZSPULEN GEMESSEN.

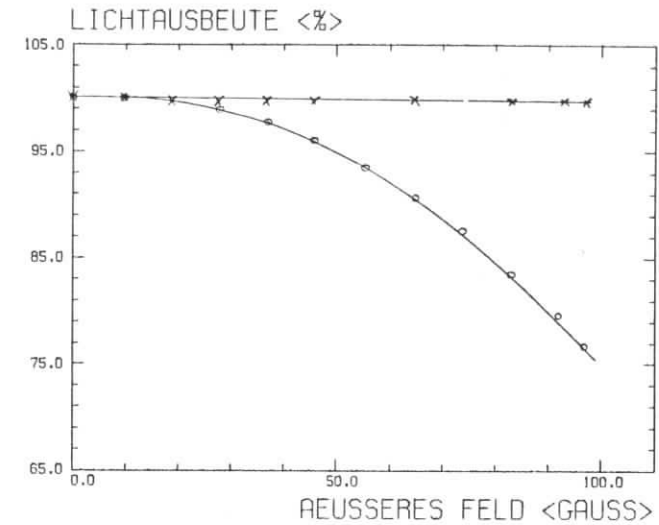


ABB.16: LICHTAUSBEUTE ALS FKT. DES MAGNETISCHEN STÖRFELDDES  
x=QUERFELD, o=LÄNGSFELD

ABB.16 ZEIGT, DASS QUERFELDER SEHR WIRKSAM BIS CA.100 GAUSS ABGESCHIRMT WERDEN (ÄNDERUNGEN SIND KLEINER ALS 0.5%). LÄNGSFELDER VERURSACHEN EIN ABSINKEN DER LICHTAUSBEUTE UM CA. 5% BEI 50 GAUSS UND UM 23% BEI 97 GAUSS MAGNETISCHER FELDSTÄRKE. MESSUNGEN, DIE AM JOCHENDE DES PLUTO-MAGNETEN DURCHFUEHRT WURDEN, ERGABEN LÄNGSFELDER VON 24 GAUSS FÜR TYPISCHE LOECHER UND 30 -77 GAUSS FÜR DIE VIER UNTERSTEN JOCH DURCHBOHRUNGEN [15]. DAS MULTIPLIERTERGEHÄUSE LIEFERT GEGEN DIESE MAGNETISCHEN STREUFELDER EINEN AUSREICHENDEN SCHUTZ.

4.0.0 DER ENDCAP-DETEKTOR  
=====

4.1.0 DAS ENDCAP-GEFAESS

DAS GEFAESS HAT DIE AUFGABE, 15 EINZELKOMPONENTEN (SCHAUER-  
ZAEHLER) AUFZUNEHMEN UND IN IHRER POSITION ZUEINANDER UND  
ZUM PLUTO-JOCH FESTZUHALTEN. ES GIBT INSGESAMT 4 SOLCHER  
GEFAESSE. SIE SIND HALBKREISFOERMIG ZU JE ZWEIEN IN EINER  
JOCH-HAELFTE ANGEBRACHT. IM GESCHLOSSENEN ZUSTAND DES JOCHS  
BEFINDET SICH EIN CA.5 MM BREITER SPALT ZWISCHEN DEN GEFAES-  
SEN. DIE FERTIGUNG WURDE BEI DER FIRMA 'BAU UND MONTAGE',  
HAMBURG, DURCHFUEHRT. DAS MATERIAL IST NICHTMAGNETISCHER  
STAHL (V4A). ES MUSSTE MIT HOHER GENAUIGKEIT GEARBEITET WER-  
DEN, WAS DAZU FUEHRTE, DASS ALLE VERBINDUNGEN GESCHRAUBT  
SIND. LEDIGLICH DIE BARRELLICHTLEITERDURCHFUEHRUNGEN SIND  
IN DEN BODEN EINGEKLEBT WORDEN.

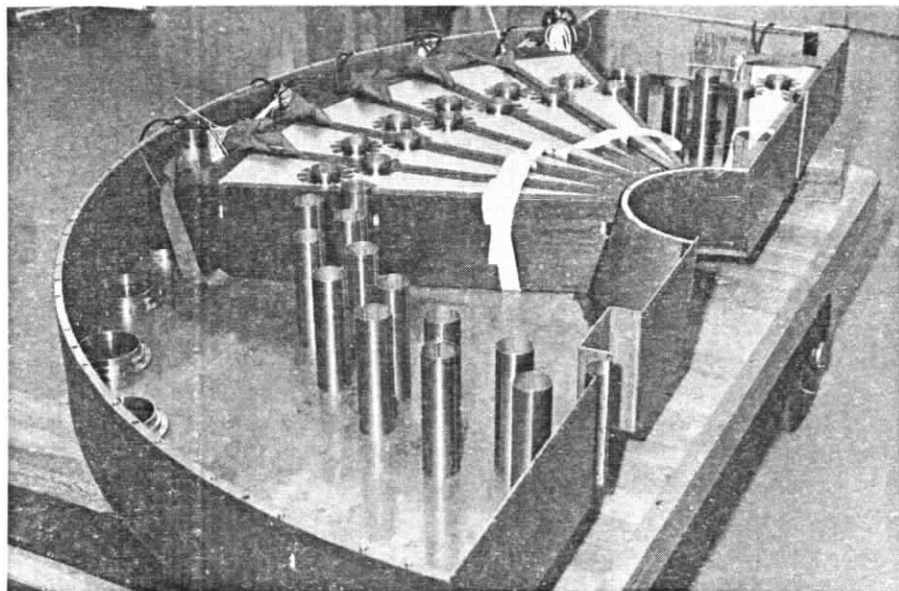


ABB.17: ENDCAP-GEFAESS NR.IV (MIT AUSSPARUNG FUER DIE VER-  
SORGUNGSLIENUNG DES FLUESSIG-ARGON-DE/IX -ZAEHLERS)

GESCHLOSSEN WERDEN DIE GEFAESSE MIT 10 MM DICKEN ALUMINIUM-  
DECKELN (ENTSPRICHT CA.0.1 STRAHLUNGSLAENGEN). DIE DICKE DES  
ENDCAP-GEFAESSES BETRAEGT 190±1 MM.

DIE LAGE DES GEFAESSES [8] IM EINGEBAUTEN ZUSTAND ZUM WWP:  
ABSTAND VOM WWP (Z-RICHTUNG):

AL-DECKEL(AUSSENWAND);	584	MM
1.SZINTILLATOR	:	595 MM
DRAHTEBENE (PROP-K.)	:	645.3 MM
STAHLBODEN (INNEN)	:	764 MM
ABSTAND VON DER STRAHLACHSE (RADIEN):		
AL-DECKEL (INNEN)	:	159 MM
AL-DECKEL (AUSSEN)	:	1087 MM
STAHLBODEN (INNEN)	:	206.7 MM
STAHLBODEN (AUSSEN)	:	1055 MM

SYSTEMATISCHE POSITIONIERUNGSUNSIICHERHEITEN:

ABSTAND VON DER STRAHLACHSE	:	$\Delta R = \pm 0.2$ MM
GEFAESSBODEN UND DECKEL	:	$\Delta Z = \pm 1.0$ MM
SZINTILLATOR-BLEISCHICHTEN	:	$\Delta Z = \pm 1.0$ MM

DIE LAGE DER EINGEBAUTEN SANDWICHE WIRD DURCH DIE STAHLROHRE  
FUER DIE BARRELDURCHFUEHRUNGEN BESTIMMT. SIE HABEN EINEN  
AUSSENDURCHMESSER VON 50 MM. DIE SANDWICHE SIND SO ENG  
GEPACKT, DASS SIE SICH GEGENSEITIG HALTEN, ZWISCHENRAEUME SIND  
MIT PAPPSCHIEBEN AUSGEGLICHEN WORDEN. JEDER SANDWICH WURDE  
FUER SICH LICHTDICHT AN DIE LICHTLEITERKUPPLUNG (20 MM STAHL-  
RING) ANGEFASST, UM EIN UEBERSPRECHEN DURCH LICHTLECKAGEN  
ZU VERMEIDEN. DIE LICHTLEITER KOENNEN VON AUSSEN (DURCHS JOCH)  
LICHTDICHT IN DIE KUPPLUNG EINGEFUEHRT WERDEN, ZU DIESEM  
ZWECK BEFINDEN SICH DORT JE ZWEI O-RINGE.

4.2.0 DER SCHAUERZAEHLER (SANDWICH)

DER ENDCAP-SCHAUERZAEHLER BESTEHT AUS 11 LAGEN SZINTILLATOR (NE-110), 6.9 MM DICK UND 10 LAGEN BLEI, 6 MM DICK, DAS MIT 6% ANTIMON VERSETZT IST, UM DEN BLEI-PLATTEN EINE ETWAS GROESERE FESTIGKEIT ZU GEBEN. DIE STRAHLUNGSLAENGE DES VERWENDETEN BLEIS BETRAEGT 5.92 MM.

AUFGRUND DER BARRELLICHTLEITER MUSSTEN DIE PLATTEN MIT LOECHERN VON 51 MM VERSEHEN WERDEN. BEI VORTESTS HATTE SICH GEZEIGT, DASS ES GUENSTIG IST, DIE KANTEN DER SZINTILLATOR-PLATTEN ZU POLIEREN, NICHT ABER DIE LOECHERINNENRAENDER. ALS MATERIAL HAT SICH NE-110 WEGEN DER GERINGEREN LICHTABSORPTION ALS GEEIGNET ERWIESEN (SIEHE 3.1.0). DA DER SANDWICH AM SCHMALEN ENDE EINE 15° NEIGUNG BEKOMMEN SOLLTE, SIND DIE EINZELNEN BLEI-, SZINTILLATORPLATTEN NICHT GLEICH LANG [8].

AN DER JOCHNAHT WAR ES NOTWENDIG, SONDERFERTIGUNGEN ZU MACHEN. SIE SIND ETWAS SCHMALER (EINSEITIG) UND ERHIELTEN TEILWEISE EINEN RECHTECKIGEN AUSSCHNITT FUER DIE VERSORGNUNGSLIETUNGEN DER GEPLANTEN DE/DX -FLUESSIG-ARGON ZAEHLER IM DETEKTORINNEREN.

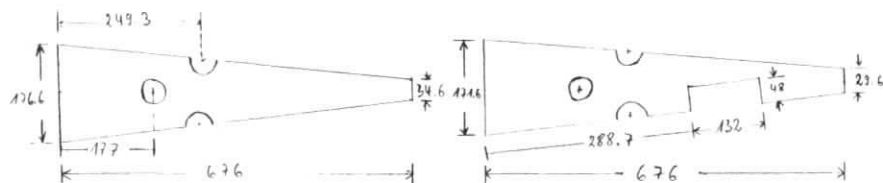


ABB.18: SZINTILLATOR (NORMAL) (MIT DE/DX -AUSSCHNITT)

GROESSENANGABEN BEZIEHEN SICH AUF DEN 1. SZINTILLATOR.

4.2.1 AUFBAU UND VERPACKUNG

DIE EINZELNEN SCHAUERZAEHLER SIND AUF EINER SFEZIELLEN MONTAGE-VORRICHTUNG GESTAFELT WORDEN.

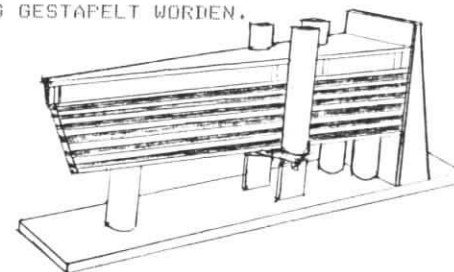


ABB.19: STAFELVORRICHTUNG

DIE SZINTILLATOR-SCHICHTEN SIND ALLSEITIG MIT ALUMINIUM-FOLIE BELEGT WORDEN (UM EINE BESSERE LICHTAUSBEUTE ZU ERREICHEN), DIE AN DREI PUNKTEN MIT DOPPELSEITIG KLEBENDEM TESA-FILM IN POSITION GEHALTEN WIRD. HOEHENTOLERANZEN WURDEN MIT ZURECHTGESCHNITTENEN PAPPSCHEIBEN AUSGEGLICHEN. DIE UEBERSTEHENDE AL-FOLIE IST GEGEN DIE KANTEN DES SZINTILLATORS GESTRICHEN WORDEN. UM DEN UNTERSCHIEDLICHEN WAERMEAUSDEHNUNGSKOEFFIZIENTEN RECHNUNG ZU TRAGEN SPRINGEN DIE BLEI-PLATTEN AN DER ZUM LICHTLEITERKOPF ZEIGENDEN SEITE UM 3 MM HINTER DIE SZINTILLATOR-PLATTEN ZURUECK.

DER SANDWICH GLIEDERT SICH IN DREI ABSCHNITTE:

1. DREI SZINTILLATOR- UND ZWEI BLEISCHICHTEN UEBER DEM SPALT FUER DIE ORTSKAMMERN
2. EIN CA.20 MM GROSSER SPALT ZUR AUFNAHME DER PROPORTIONAL-KAMMERN
3. DIE RESTLICHEN ACHT SZINTILLATOR-, BLEISCHICHTEN

INSGESAMT ENTSPRICHT DER SCHAUERZAEHLER 10,2 STRAHLUNGSLAENGEN MATERIE. IN DEN SPALT WURDE EINE AL-BRUECKE ALS ABSTANDS-

STUECK EINGESETZT.

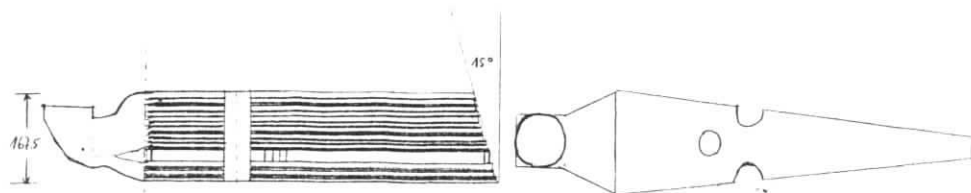


ABB.20: SANDWICH: SEITENANSICHT

DRAUFSICHT

NACH DEM STAPELN WURDE DER SCHAUERZAehler MIT BREITEN KLEBEFOLIEN (SCOTCH) AN DEN SEITEN BELEGT, DIE LOECHER WURDEN MIT SCHMALEN KLEBESTREIFEN SCHWARZ BEKLEBT. ZUSAMMEN MIT DEM ZWISCHEN DIE EINZELNEN SCHICHTEN GELEGTEM DOPPELSEITIGEM TESA-FILM, GIBT DAS DEM SANDWICH EINE GUTE INNERE UND AUSSERE STABILITAET.

ANSCHLIESSEND WURDEN AUF EINER KLEBEVORRICHTUNG DIE LICHT-

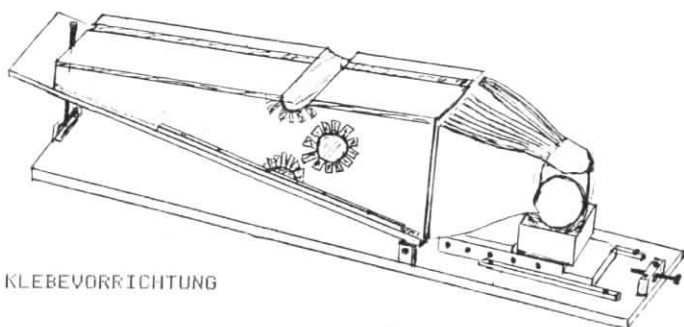


ABB.21: KLEBEVORRICHTUNG

LEITERKOEPE MIT EINEM SPEZIALKLEBER\*) ANGEKLEBT. NACH 48-STUENDIGER TROCKENZEIT KONNTE DER SANDWICH ENDGUELTIG FERTIG GESTELLT WERDEN. DAS EINFACKEN DES KOPFES GESCHAH MIT ALUMINIUMFOLIE UND SCHWARZEM KLEBEBAND. INSBESONDERE WURDEN DIE LAMELLEN ENTSPRECHEND DEM AUFBAU IN EINE DREIER - UND EINE ACHTERGRUPPE AUFGETEILT. DAZWISCHEN WURDEN SPAETER DIE ANSCHLUESSE FUER DIE ORTSKAMMER HERAUSGEFUEHRT.

\*) STYCAST 1264 FA. EMERSON UND CUMING

4.3.0 DER LICHTLEITERKOPF

DER LICHTLEITERKOPF DIENT DAZU, DAS LICHT DER EINZELNEN SZINTILLATORSCHICHTEN ZU SAMMELN UND MIT EINER RICHTUNGS- AENDERUNG VON 90° AUF EINEN ZYLINDRISCHEN LICHTLEITER VON 90 MM Ø ZU SCHICKEN.

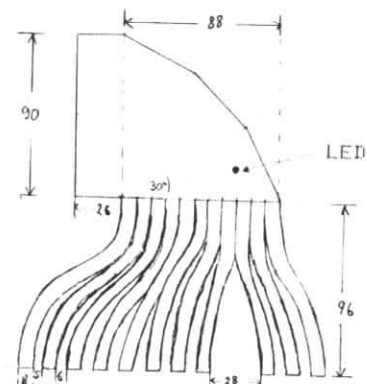


ABB.22: DER LICHTLEITERKOPF

DER LICHTLEITERKOPF BESTEHT AUS ZWEI TEILEN, DEM UMLENKBLOCK UND DEN DARAN ANGEKLEBTEN LAMELLEN, DIE DAS LICHT AUS DEN SZINTILLATORPLATTEN HERANFUEHREN. DAS MATERIAL IST PLEXIGLAS. ZUR TECHNISCHEM ERLEICHTERUNG WURDE DIE OBERFLAECHE DES UMLENKBLOCKS NICHT PARABOLISCH GESTALTET, SONDERN DURCH DREI EBENE FLAECHEM ANGENAEHERT. AUFGRUND VORANGEGANGENER TESTS (SIEHE 3.2.1) WURDE DER GESAMTE UMLENKBLOCK MIT AUSNAHME DER LICHTDURCHLASSENDEN FLAECHEM UND DER LAMELLEN MIT REFLEKTORFARBE (NE-560) EINGESTRICHEN. EINE LEUCHTDIODE, DIE SPAETER TESTS UND EICHZWECKEN DIENST, IST SEITLICH IM KOPF IN EINER 3 MM Ø BOHRUNG EINGEKLEBT. AUFGRUND EINIGER HINDERNISSE AM PLUTO-MAGNETEN IST ES NOTWENDIG GEWORDEN,

BESONDERE KONSTRUKTIONEN BEI EINIGEN LICHTLEITERKOEFFEN IN KAUF ZU NEHMEN (ZEICHNUNGEN SIEHE ANHANG). DIESE AEN- DERUNGEN BEDINGEN EINE VERSCHLECHTERUNG IN DER LICHTAUSBEUTE UND DER UNIFORMITAET (SIEHE 3.2.1, 5.9.0).

4.3.1 DER LICHTLEITER

DER ZYLINDRISCHE LICHTLEITER HAT DIE AUFGABE, DAS IM LICHT- LEITERKOPF GESAMMELTE LICHT DES SANDWICHES, DURCH EIN LOCH IM PLUTO-JOCH DEM PHOTOMULTIPLIER ZUZUFUEHREN. ER IST 625 MM LANG UND HAT EINEN DURCHMESSER VON 90 MM. ER BESTEHT AUS PLEXIGLAS. NACH EINER VON HINTERBERGER UND WINSTON [25] VORGESCHLAGENEN KONSTRUKTION IST DER LICHTLEITER AN EINEM ENDE AUF DEN DURCHMESSER DER MULTIPLIERKATHODE VON 66 MM VERJUENGT. DIESE PARABELARTIGE VERFORMUNG IST SO DIMEN- SIONIERT, DASS PHOTONEN, DIE SICH UNTER EINEM WINKEL  $\theta < 47^\circ$  GEGEN DIE LAENGSACHSE BEWEGEN, DIE KATHODE ERREICHEN.

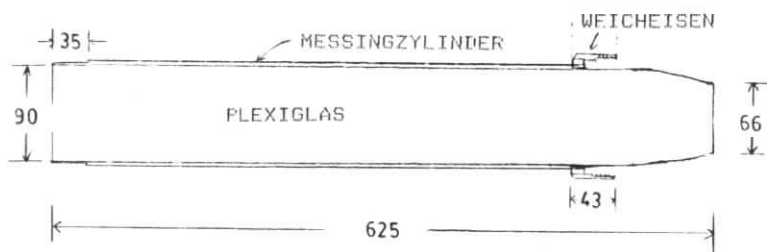


ABB.23: DER LICHTLEITER

ZUM SCHUTZ VOR BESCHAEDIGUNGEN UND AUS GRUENDEN DER LICHT- DICHTIGKEIT WURDE DER LICHTLEITER IN EINE MESSINGROEHRE EIN- GESCHRAUBT. AN DEM ZUM MULTIPLIERGEHAEUSE ZEIGENDEN ENDE BE- FINDET SICH EIN SCHRAUBGEWINDE AUS WEICHEISEN. DIE LICHTDICHTIGKEIT IN RICHTUNG LICHTLEITERKOPF WIRD MITTELS DER IM GEFASS EINGEBAUTEN UND MIT ZWEI O-RINGEN BESTUECKTEN STAHL-KUPPLUNG HERGESTELLT. ZWISCHEN LICHTLEITER UND LICHTLEITERKOPF BEFINDET SICH EINE 20 MM GROSSE LUFTBRUECKE

(SIEHE 3.2.2). DER KONTAKT ZUR PHOTOMULTIPLIERKATHODE WIRD MIT SILIKON-FETT HERGESTELLT.

4.4.0 DER PHOTOMULTIPLIER

ALS PHOTOVERVIELFACHER FINDEN ROEHREN VOM TYP XP-2030 VERWENDUNG. ES HANDELT SICH DABEI UM EINE 10-DYNOIDIGE ROEHRE MIT JALOUSIEARTIGER AUSFUEHRUNG DER DYNODEN (MATE- RIAL: CU-BE) [16].

Fotokatodes:		Energieaufloesung bei 602 keV von <sup>137</sup> Cs	7,5 %
Material	K-Cs-Sb (Bialkali)	Stabilitaet	
Spektraltyp	D-Typ	1000 Imp/s, 24 h	1 %
Durchmesser	min. 88 mm	10 000/1000 Imp/s	1 %
Empfindlichkeit ( $\lambda = 401 \text{ nm}$ )			
monochromatisch	115 mA/W		
Quantenausbeute	35,6 %		
Vervielfachersystem:			
Dynodenzahl	10		
Dynodenmaterial	Cu-Be		
Dynodenausfuhrung	jalousieartig		
Anodenempfindl. $I_a$ bei $U_B = 1500 \text{ V}$	20 kA/W		
Anodendunkelstrom bei $U_B = 1500 \text{ V}$	1 nA		

TABELLE 4: DATENLISTE XP-2030

AUSGEWAHLT WURDE DIESE ROEHRE AUFGRUND DER HOHEN KATHO- DENEMPFINDLICHKEIT UND DER IHR ZUGESCHRIEBENEN LANGZEIT- STABILITAET. DIE ZUM EINBAU GELANGTEN MULTIPLIER HABEN AL- LE EINE ANODENEMPFINDLICHKEIT VON 60+-20 KA/W BEI 1500 V BETRIEBSSPANNUNG (NACH DEN ANGABEN DES HERSTELLERS SORTIERT). TAB.4 GIBT DIE WICHTIGSTEN EIGENSCHAFTEN DER ROEHRE WIEDER. DIE VERSORGUNG DES MULTIPLIERS ERFOLGTT UEBER EINEN DYNA- MISCHEM SPANNUNGSTEILER. DURCH DIE GESTEIGERTE SPANNUNG AN DEN LETZTEN DYNODEN WERDEN RAUMLADUNGSEFFEKTE MOEGLICHT KLEIN GEHALTEN.





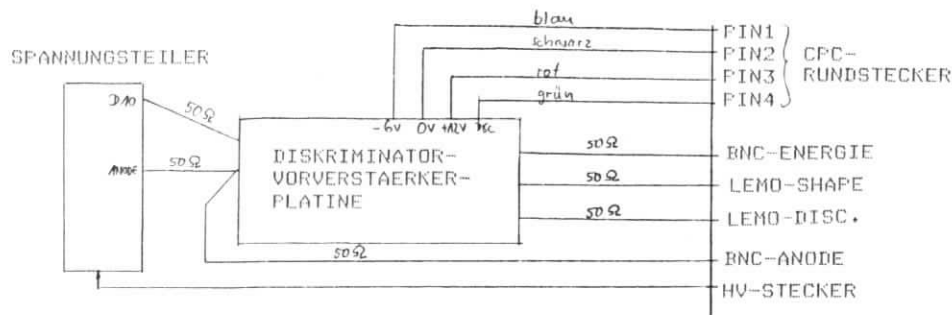


ABB.26: VERDRÄHTUNGSPLAN FÜR DAS MULTIPLIERERGEHÄUSE IM ENDCAP

#### 4.5.0 DAS LEUCHTDIODEN-SYSTEM

ZUR FUNKTIONSUEBERWACHUNG DER EINZELNEN SANDWICHE UND ZUM EICHEN DES SYSTEMS (SIEHE 6.0.0) IST IN JEDEN SANDWICH EINE LEUCHTDIODE IN DEN LICHTLEITERKOPF EINGEBAUT WORDEN.

ES WURDEN FÜR VERSCHIEDENE GRÜNE LED'S DIE LICHTAUSBEUTE UND DAS AUFLÖSUNGSVERMÖGEN IN VERBINDUNG MIT EINEM MULTIPLIPLIER XP-2030 BESTIMMT. DIE ENTSCHEIDUNG FIEL AUF DIE MECHANISCH SEHR STABILE MV 5277 B. SIE IST DIFFUS ABSTRAHLEND UND LIEFERTE BEI GUTER AUFLÖSUNG DIE HÖCHSTE LICHTAUSBEUTE (GEMESSEN UEBER EINE XP-2030 ROEHRE). SIE HAT EINEN DURCHMESSER VON 3 MM.

DIE LEUCHTDIODEN WERDEN UEBER EINEN IMPULSVERTEILER VON EINEM IMPULSGENERATOR (ENTWICKLUNG DES II.INSTITUTS) ANGESTEUERT. ER ERZEUGT IMPULSE MIT EINER AMPLITUDE VON -10 V, EINER BREITE VON 20 NS UND EINER ANSTIEGSZEIT VON 10 NS. DIE THERMISCHE STABILITAET DES LED-GENERATORS IM BEREICH 20° - 30° C IST BESSER ALS 1%.

DER PULSGENERATOR IST FÜR EINZELTESTS SELBSTSCHWINGEND, IM RAHMEN DER DATENNAHME BEI PLUTO WIRD ER VON DER PDP 11 DES EXPERIMENTS VON AUSSEN ANGESTEUERT.

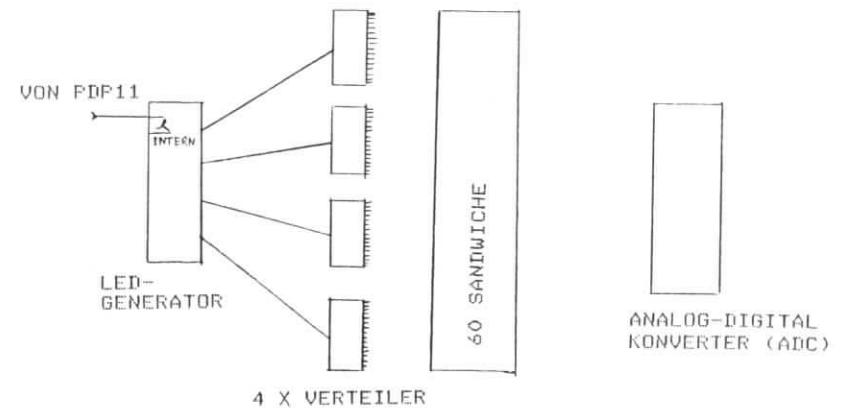


ABB.27: LED-SYSTEM (FUNKTIONSUEBERWACHUNG)

IN DEN VERTEILERN WERDEN DIE PULSHOEHEN SO EINGESTELLT, DASS ALLE ADC'S DEN LED-PEAK AN DER GLEICHEN STELLE ANZEIGEN. VOR JEDER DATENNAHME BEI PLUTO (PLUTO-RUN) WIRD DANN AUTOMATISCH ABGEFRAGT, OB SICH DIE LAGE DIESER PEAKS VERÄNDERT HAT. DAMIT FINDET EINE LAUFENDE UEBERWACHUNG DES ENDCAP-SYSTEMS STATT.

5.0.0 EIGENSCHAFTEN DES ENDCAP-DETEKTORS

DIE EIGENSCHAFTEN DES ZAEHLERS WIE ENERGIEAUFLÖSUNG, LINEARITÄT, EFFICIENCY UND LICHTAUSBEUTETOPOLOGIE WURDEN IN AUSFÜHRLICHEN TESTMESSUNGEN AN EINEM ELEKTRONEN-TESTSTRAHL BEI DESY ERMITTELT. FÜR DIE MESSUNGEN WURDE EIN SANDWICH WILLKÜRLICH AUS DER SERIE HERAUSGEGRIFFEN. ES IST EINE PROP-KAMMER EINGEBAUT WORDEN, SO DASS ER SICH IN KEINER WEISE VON DENEN, DIE IM PLUTO EINGEBAUT SIND, UNTERSCHIEDET. AN IHM WURDEN DIE FOLGENDEN ERGEBNISSE GEWONNEN.

5.1.0 VERSUCHSAUFBAU (MECHANISCH):

FÜR DEN TEST WURDE DER SANDWICH IN EINE MESSINGBOX MIT ALUMINIUM DECKEL (10 MM) EINGEBAUT. DAS LICHT WURDE DURCH EINEN ZYLINDRISCHEN LICHTLEITER (KÜRZER ALS BEI PLUTO) ZUR KATHODE ÜBERTRAGEN. DAS MULTIPLIERGEHÄUSE ENTSpricht DEM BEI PLUTO VERWENDETEN. ALS MULTIPLIPLIER WURDE EINE ROEHRE VOM TYP XP-2030 EINGESETZT.

AUFBAU AM STRAHL 14:

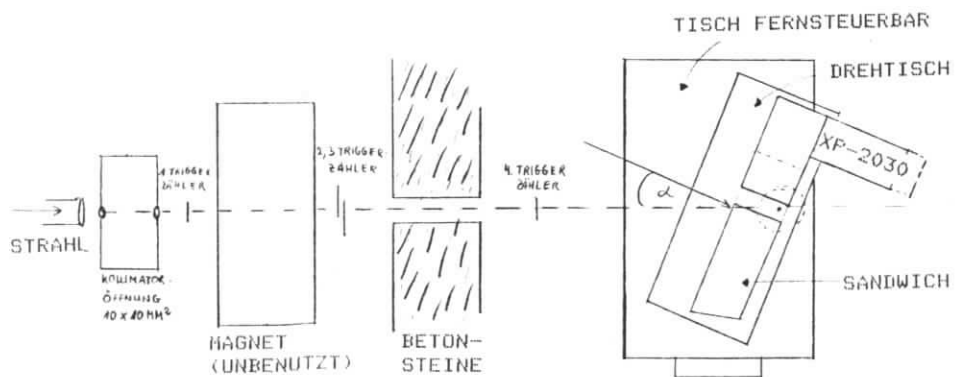


ABB.28: MECHANISCHE ANORDNUNG IM TESTGEBIET

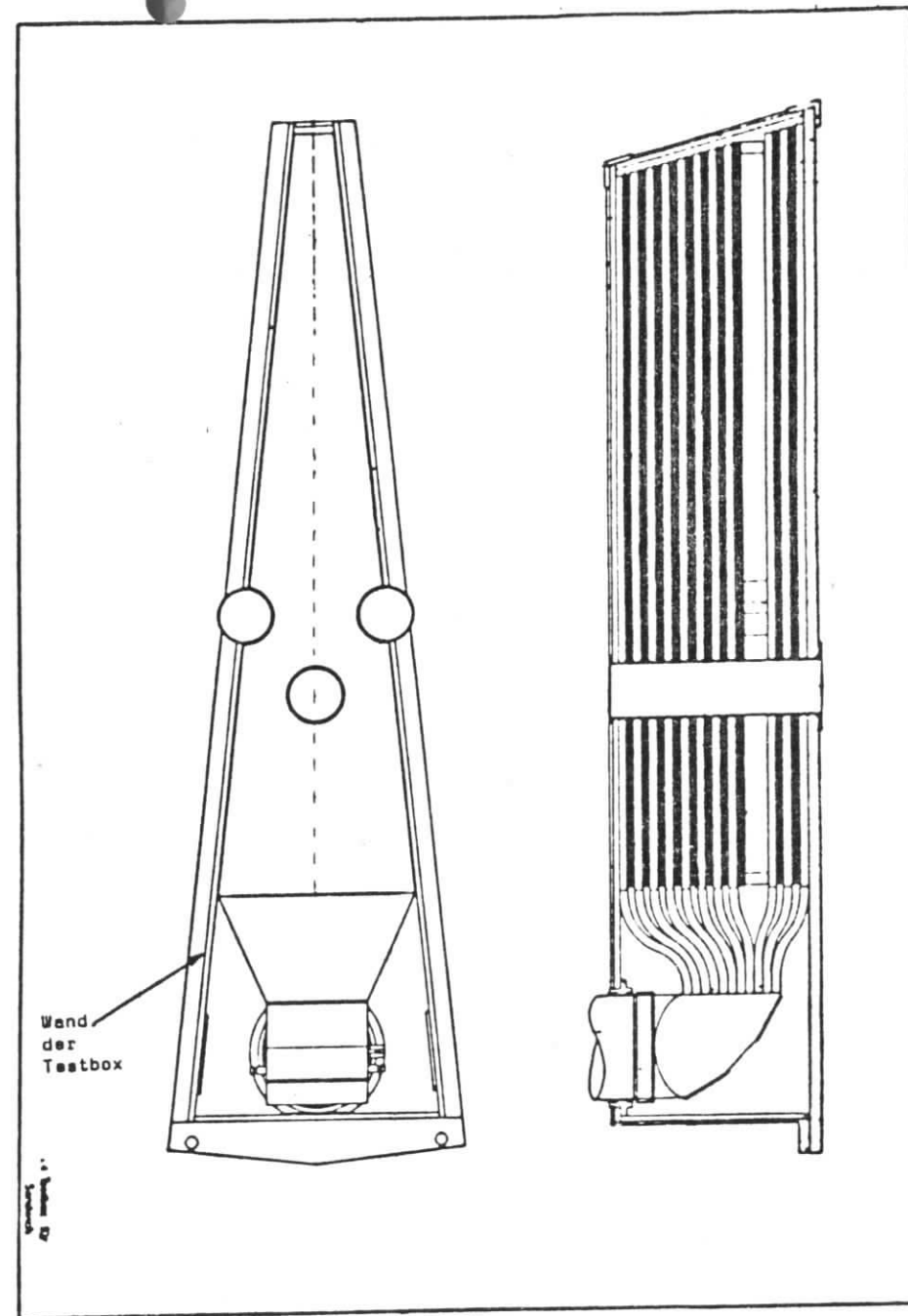


ABB.29: DER ENDCAP-SANDWICH IN EINER TESTBOX

DIE ENERGIEAUFLÖSUNG DES TESTSTRAHLS IST BESSER ALS 1% [18]. MIT HILFE DES DREHTISCHES LIESS SICH JEDER EINSCHUSSWINKEL BESSER ALS 1 GRAD GENAU EINSTELLEN. DER WINKEL IST IMMER DERJENIGE, UNTER DEM DER SANDWICH VON WWP AUS (IN BEZUG AUF DIE STRAHLACHSE BEI PLUTO) GEGEHEN WIRD. DIE ORTE, AN DENEN DER STRAHL AUF DEN SANDWICH TRIFFT, SIND AUF DER OBERFLÄCHE DES 1. SZINTILLATORS DEFINIERT.

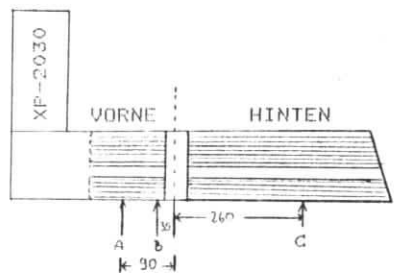


ABB.30: DER SCHAUERZÄHLER (LAGE DER EINSCHUSSORTE)

5.2.0 DIE MATERIESIMULATION:

UNSER ZIEL IST ES, DIE MATERIE IM KAMMERENDBEREICH UND IM BARRELZÄHLER (NICHT JEDOCH IM INNENDETEKTOR) MÖGLICHSST GENAU ZU SIMULIEREN. DIE KAMMERENDBEWÄNDE (VOM INNENDETEKTOR) UND DER BEREICH DER BARRELFLEXIGLASKÖPFE WERDEN DURCH EINE DURCHGEHENDE ALUMINIUMWAND VON 33 MM WANDSTÄRKE ANGENÄHERT (S. ABB.31). DIE BARRELZÄHLER WERDEN DURCH MASSIVE EISENSTEINE SIMULIERT. FÜR DIE BARRELLICHTLEITERKUPPLUNGEN WURDEN ORIGINALTEILE VERWENDET. FÜR WINKEL GRÖßER ALS 53° WURDE DER KRYOSTAT DURCH EINEN WEITEREN FE-STEIN SIMULIERT. DER GESCHÄTZTE FEHLER DER SIMULATION BETRÄGT ±25% (BEZOGEN AUF DIE WIRKLICHE MATERIEVERTEILUNG BEI PLUTO).

WENN IM TEXT VON VORNE, HINTEN DIE REDE IST, IST IMMER VOM LICHTLEITERKOPF AUS VOR BZW. HINTER DEM MITTELLOCH ZU RECHNEN!

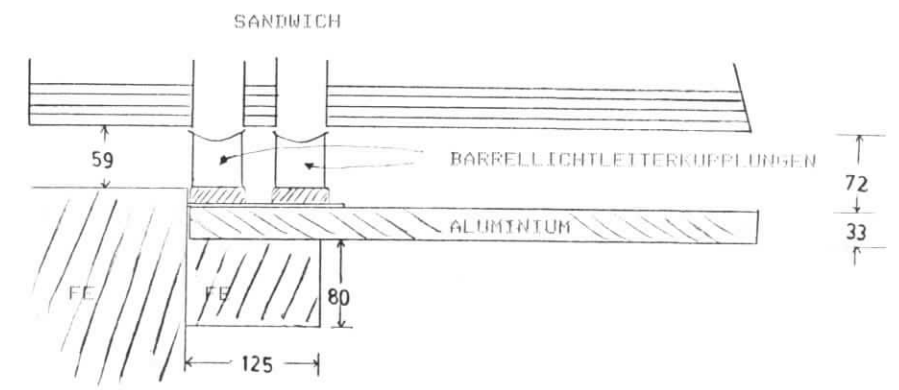


ABB.31: DIE MATERIESIMULATION [19]

5.3.0 DATENNÄHME

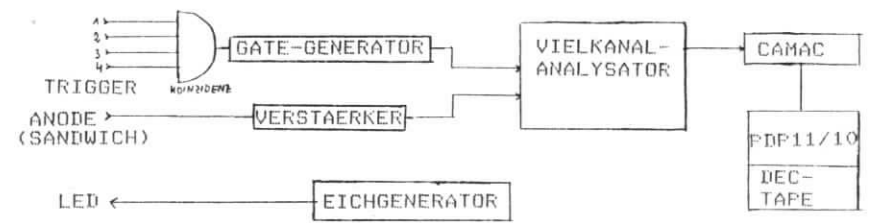


ABB.32: MESSANORDNUNG

DER PHOTOVERVIELFACHER WURDE BEI HOCHSPANNUNGEN VON 1,6 BZW. 1,7 KV BETRIEBEN. DIE ANODENPULSE WURDEN ALTERNATIV IN EINEM KOMMERZIELLEN VERSTÄRKER (ELSCINT) UND IN DEN IN DAS MULTIPLIERGEHÄUSE EINGEBAUTEN VORVERSTÄRKER INTEGRIERT UND ANSCHLIEßEND IN EINEM VIELKANALANALYSATOR (LABEN) ANALYSIERT. DIE EFFICIENCYMESSUNGEN WURDEN IM ALLGEMEINEN BEI EINER MULTIPLIERSPANNUNG VON 1,5 KV DURCHFÜHRT. ABB.32 ZEIGT DIE MESSANORDNUNG. IMMER WENN ALLE TRIGGERZÄHLER GLEICHZEITIG ANGESPROCHEN

HABEN, WIRD ANGENOMMEN, DASS EIN ELEKTRON SPASSIERT HAT. DAS FUEHRT DAZU, DASS DER GATE-GENERATOR EINEN PULS AN DEN VIELKANALANALYSATOR HERAUSGIBT, DER DANN DAS GLEICHZEITIG ANLIEGENDE SIGNAL DES VERSTAERKERS ANALYSIERT. MIT HILFE DIESER 4-KOINZIDENZ WIRD EIN VERGLEICHSGEWEISE KLEINER STRAHLQUERSCHNITT ( $\varnothing < 10$  MM) DEFINIERT.

ES WURDEN DANN EREIGNISSE GESAMMELT UND DIE SO GEWONNENEN SPEKTREN KONNTEN UEBER EIN CAMAC-INTERFACE MIT HILFE EINER PDP 11/10 AUF DEC-TAPE GESCHRIEBEN WERDEN. DER LED-EICHTGENERATOR UND DIE EINGEBAUTE LEUCHTDIODE DIENTEN ZUR UEBERWACHUNG DER STABILITAET DES SYSTEMS.

5.4.0 AUSWERTUNGSBESCHREIBUNG

DIE AUSWERTUNG WURDE AUF ZWEI WEGEN GEMACHT. ZUM ERSTEN WURDEN ALLE SPEKTREN, DIE AM TESTSTRAHL 14 GEWONNEN WURDEN AUF DEM DISPLAY DES VIELKANALS HINSICHTLICH PEAKLAGEN UND BREITE AUSGEWERTET. MIT DIESEN WERTEN WURDE DANN SPAETER DIE ENERGIEAUFLUESUNG GEFITTET.

ZUM ZWEITEN SIND DIE AUF DEC-TAPE GESCHRIEBENEN SPEKTREN AN EINER PDP 9 DES II.INSTITUTS AUSGEWERTET WORDEN. ES WURDE FUER JEDES SPEKTRUM DER SCHWERPUNKT  $SP = \frac{\sum N_i \cdot K_i}{\sum N_i}$  BESTIMMT. DABEI IST  $N_i$  DER INHALT DES  $i$ -TEN KANALS  $K_i$ . ZUM TEST DER LINEARITAET DER LICHTAUSBEUTE WURDE DANN DIESEM SCHWERPUNKT DIE JEWEILIGE EINSCHUSSENERGIE DER ELEKTONEN ZUGEORDNET.

DA DIE VERTEILUNGEN NICHT REIN GAUSSISCH SIND (UNSYMMETRIEN BEI NIEDRIGEN UND HOHEN ENERGIEN) WURDE EINE FUNKTION  $F = A1 * \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{X - A2}{A3}\right)^2\right] + A4 + A5 * X + A6 * X * X$  MIT DEN PARAMETERN  $A1-A6$  AN DIE VERTEILUNGEN ANGEFASST. EIN VERGLEICH DES SPEKTRUMS MIT DER GEFITTETEN FUNKTION ERGIBT GUTE UEBEREINSTIMMUNG

(ABB.33). DIE HALBWERTSBREITE DER SO BESTIMMTEN FUNKTION WURDE FUR DIE BESTIMMUNG DES ENERGIEAUFLUESUNGSVERMOEGENS VERWENDET. DIE AUFLUESUNG IST DEFINIERT ALS DIE VOLLE BREITE AUF HALBER HOEHE (FWHM) DIVIDIERT DURCH DAS MAXIMUM DES SPEKTRUMS (PEAKLAGE).

5.5.0 LICHTAUSBEUTE

5.5.1 LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (OHNE MATERIESIMULATION)

ABB.34-ABB.37 GEBEN EINEN UEBERBLICK UEBER DIE LICHTAUSBEUTE (PEAKLAGE) BEI FESTER EINSCHUSSENERGIE (3 GEV) AN UNTERSCHIEDLICHEN ORTEN BEI VERSCHIEDENEN EINSCHUSSWINKELN (OHNE MATERIESIMULATION). MIT ZUNEHMENDEM WINKEL  $\alpha$  STEIGT DIE LICHTAUSBEUTE ETWAS (CA. 10%) AN. DAS LIEGT AN DEN UM  $1/\cos\alpha$  VERGROESSERTEN SZINTILLATORSCHICHTDICKEN. DAS UNGUENSTIGERE SAMPLING WIRKT DEM ALLERDINGS ENTGEGEN, SO DASS DER AUSBEUTEZUWACHS ETWAS GERINGER AUSFAELLT. DAS ABBILD DES MITTELLOCHES WANDERT MIT ANSTIEGENDEM WINKEL IN DEN HINTEREN SANDWICHBEREICH, BEI GLEICHZEITIG STAERKER WERDENDER VERSCHMIERUNG DES LOCHEINFLUSSES. INSGESAMT ZEICHNEN SICH ZWEI GEBIETE VONEINANDER AB, DIE SICH UM EINEN FAKTOR 2.1 IN DER PULSHOEHE UNTERSCHIEDEN (VOR UND HINTER DEN LOECHERN). ABB.38a -38d ZEIGEN DIE LICHTAUSBEUTE ENTLANG DER MITTELACHSE. MAN ERKENNT, DASS DER SCHAUER BEI GROESSEREN WINKELN IM VORDEREN BEREICH HERAUSLECKT (BEI 3 GEV).

5.5.2 LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (MIT MATERIESIMULATION, ABB.39 - 42)

DIESE MESSUNGEN WURDEN FUER JEDEN ORT UNTER DEM DAZUGEHORIGEN WINKEL GEMACHT. DIE ORTSANGABEN BEI SCHRAEGEM EINSCHUSS SIND FOLGENDERMASSEN DEFINIERT: WENN DER STRAHL DIE OBERFLAECHE DER ERSTEN SZINTILLATORLAGE AN DEN MIT + BEZEICHNETEN STELLEN TRIFFT, GIBT DIE NEBENSTEHENDE ZAHL DIE PULSHOEHE DES ZUGEHORIGEN SCHAUERS AN. DURCH HEREINRAGEN DER BARRELSIMULATION UND HERAUSLECKEN DER TEILCHEN GEHT IM VORDEREN BEREICH (BIS AN DIE 50° LINIE) EIN GROSSER TEIL DER SCHAUERINFORMA-

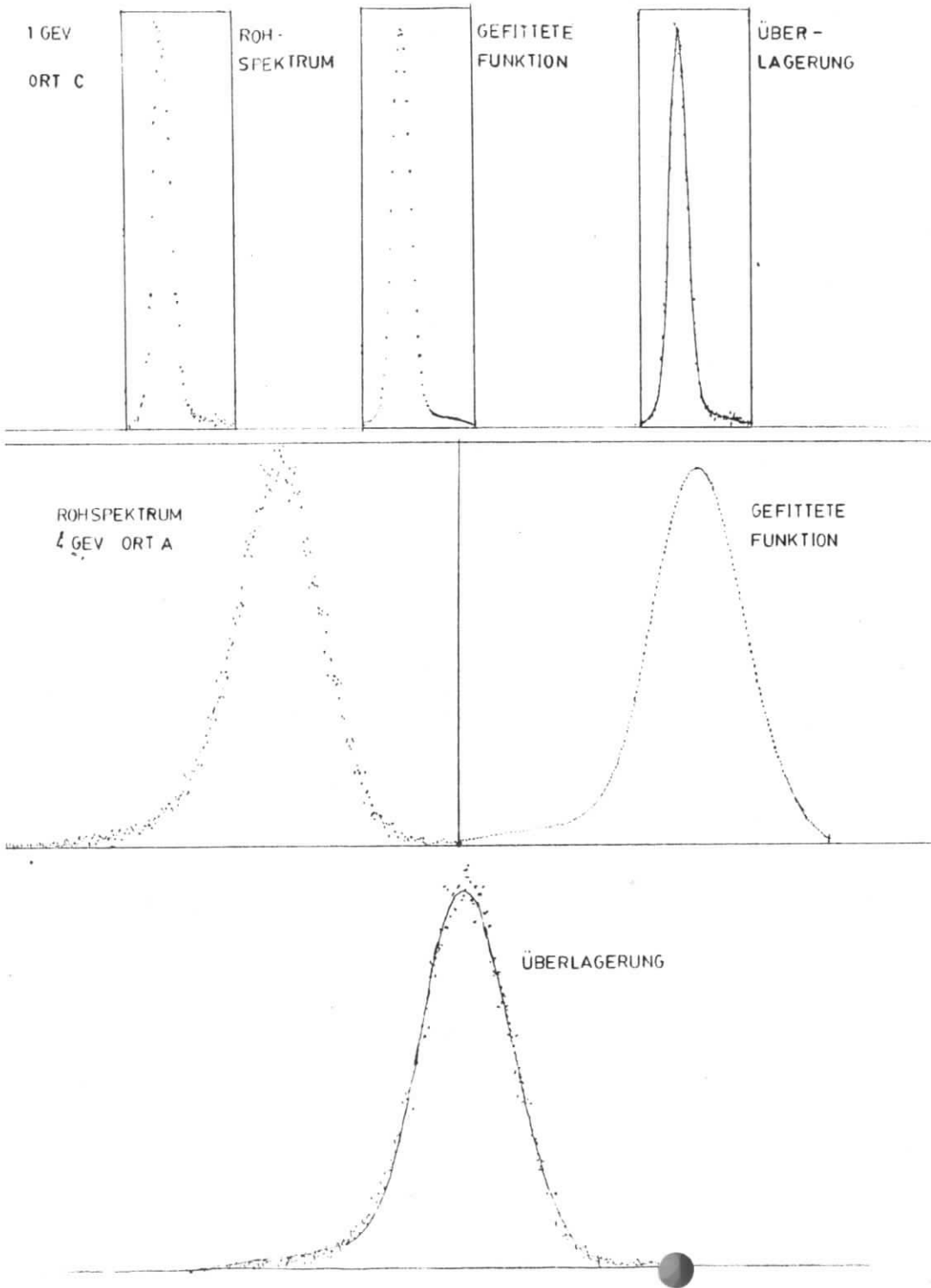


ABB 33 : ENERGIESPEKTREN

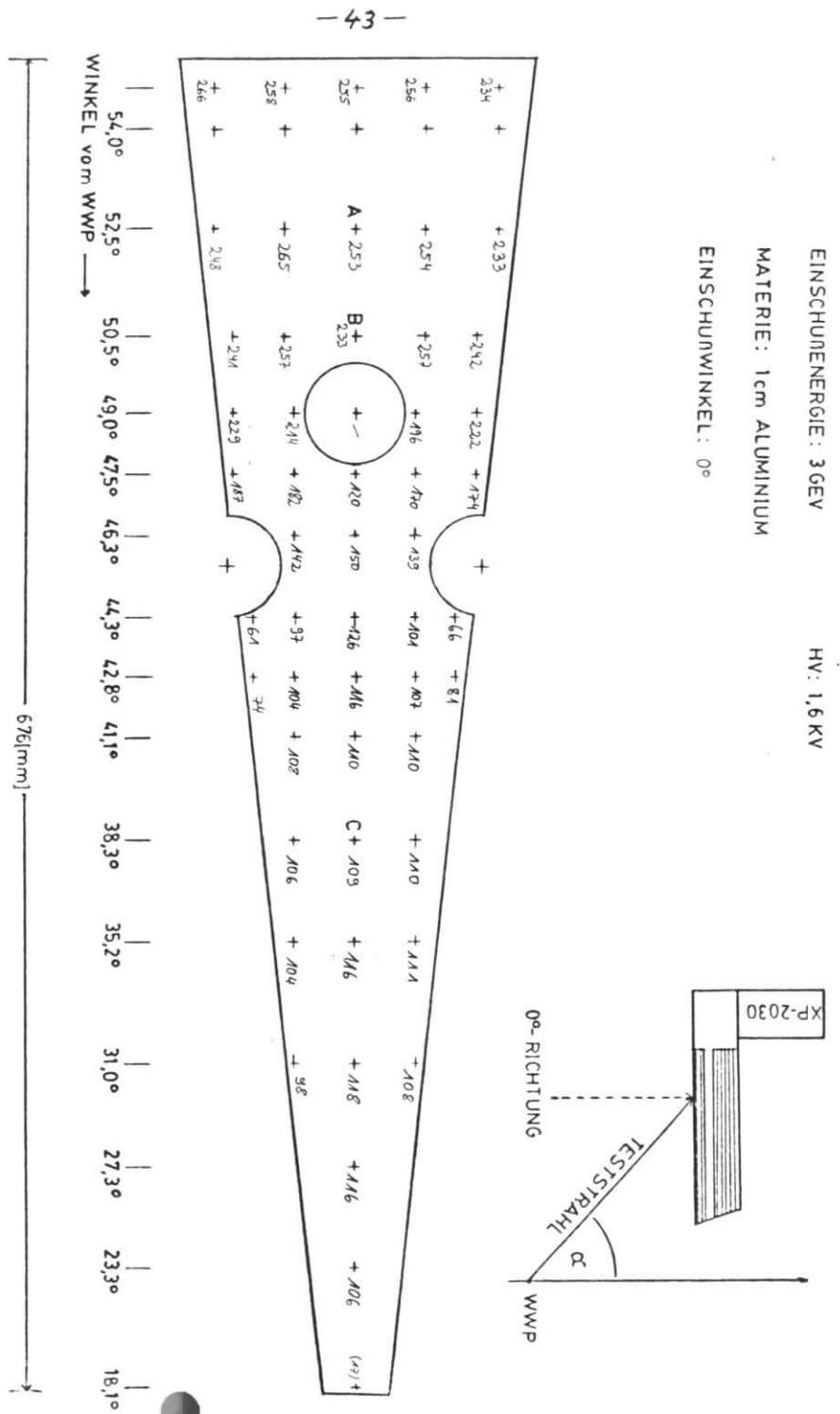


ABB. 34 : LICHTAUSREUTE-TOPOLOGIE (OHNE MATERIESIMULATION)



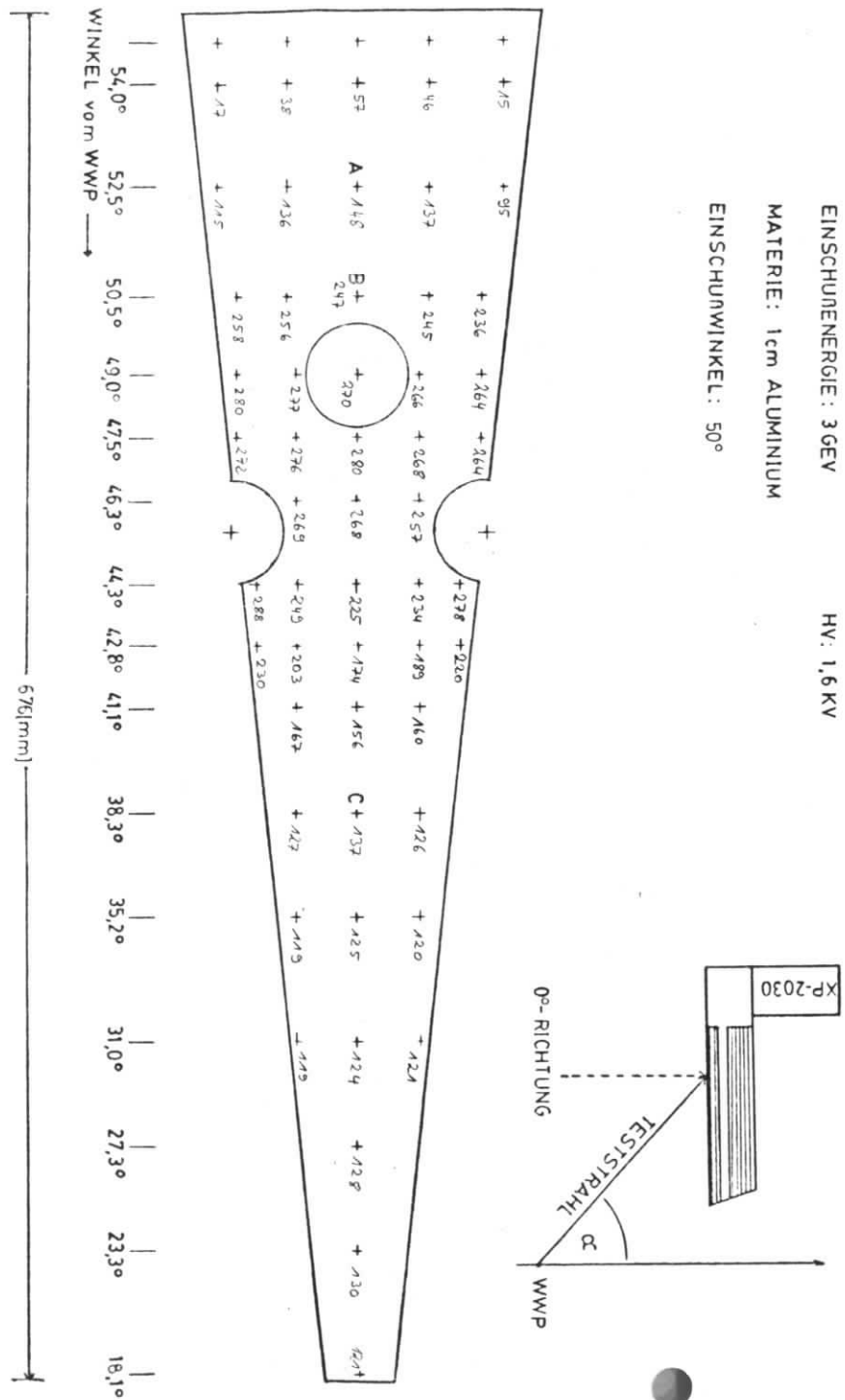


ABB. 37: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (OHNE MATERIESIMULATION)

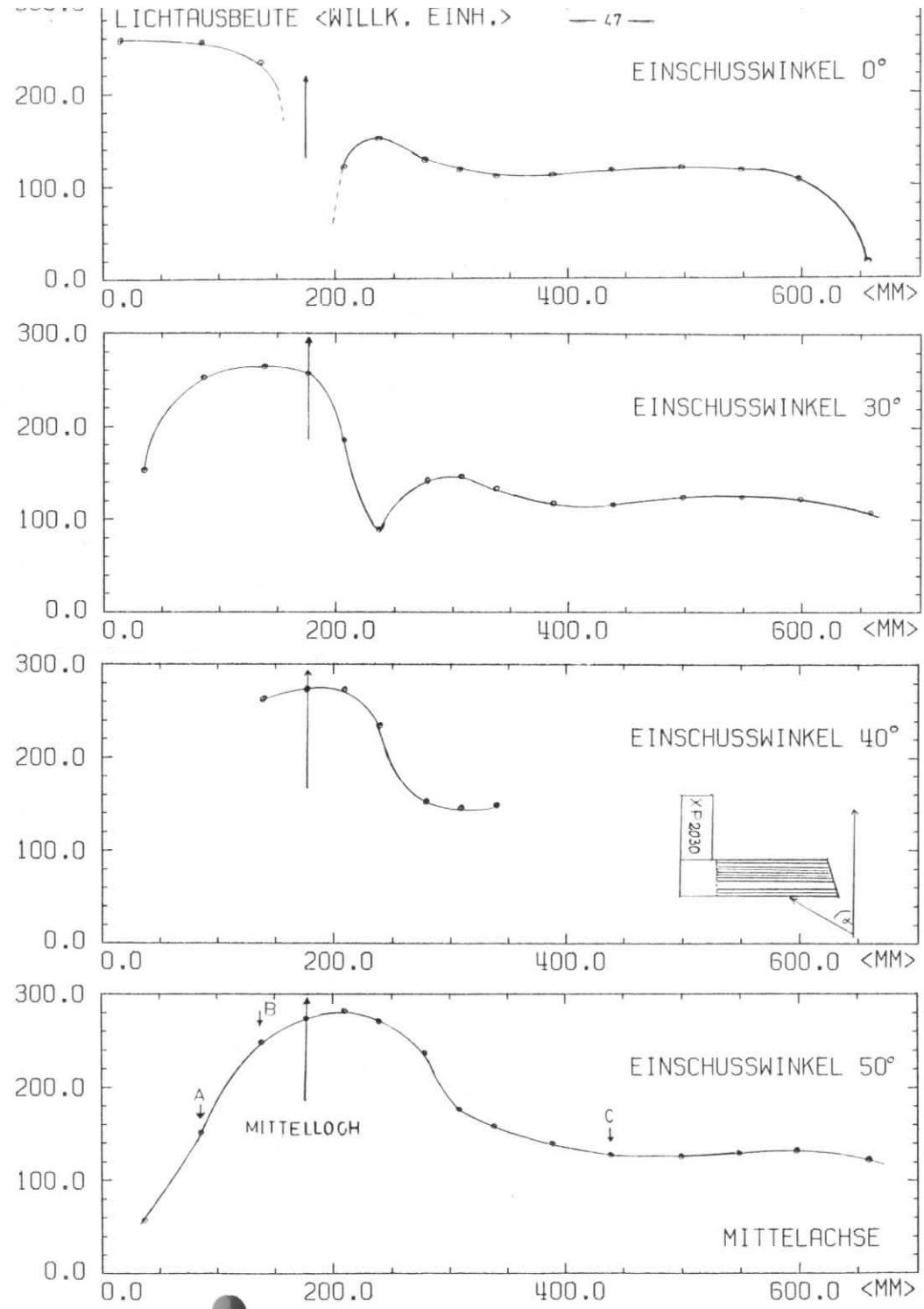


ABB. 38: LICHTAUSBEUTE ENTLANG DER MITTELACHSE, 3 GEV EINSCHUSSENERGIE, (OHNE MATERIESIMULATION)



EINSCHUENERGIE: 3GEV HV: 1,6KV  
 MATERIE: 1cm ALUMINIUM · MATERIESIMULATION  
 EINSCHUWINKEL: DEM ORT ENTSPRECHEND  
 (siehe unten)

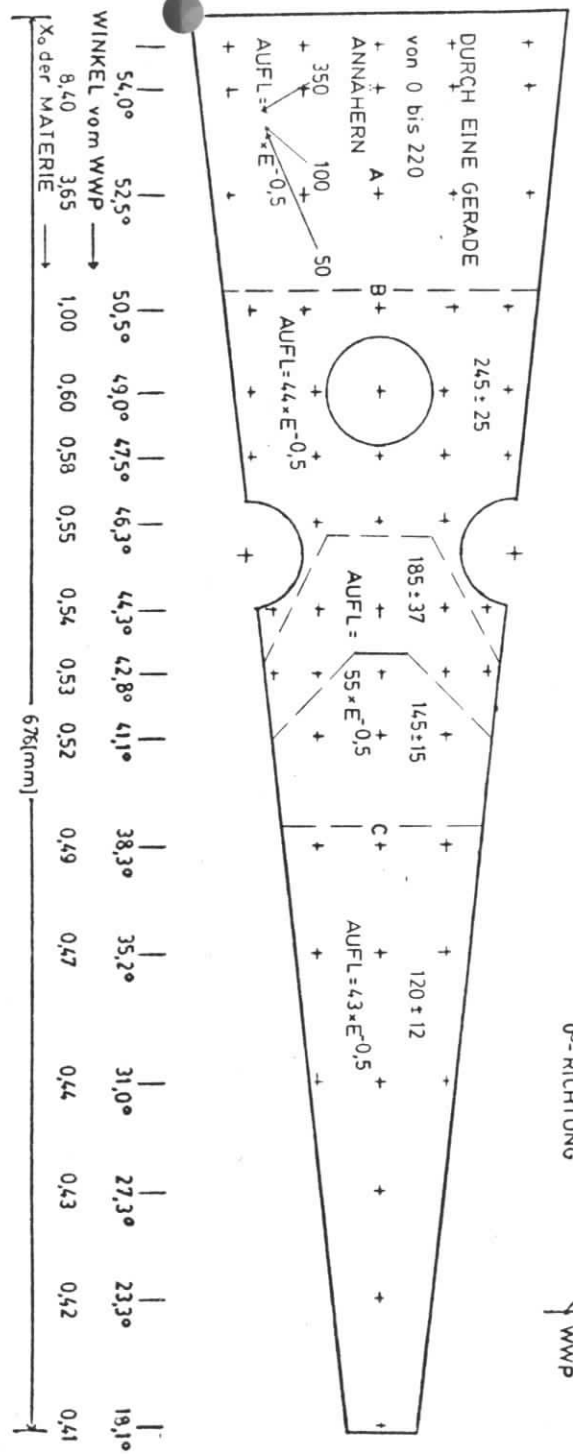


ABB. 40: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE, VORSCHLAG FUER KORREKTUR-TABELLE (NAEHERUNG)

EINSCHUENERGIE: 3GEV HV: 1,6KV  
 MATERIE: 1cm ALUMINIUM · MATERIESIMULATION  
 EINSCHUWINKEL: DEM ORT ENTSPRECHEND  
 (siehe unten)

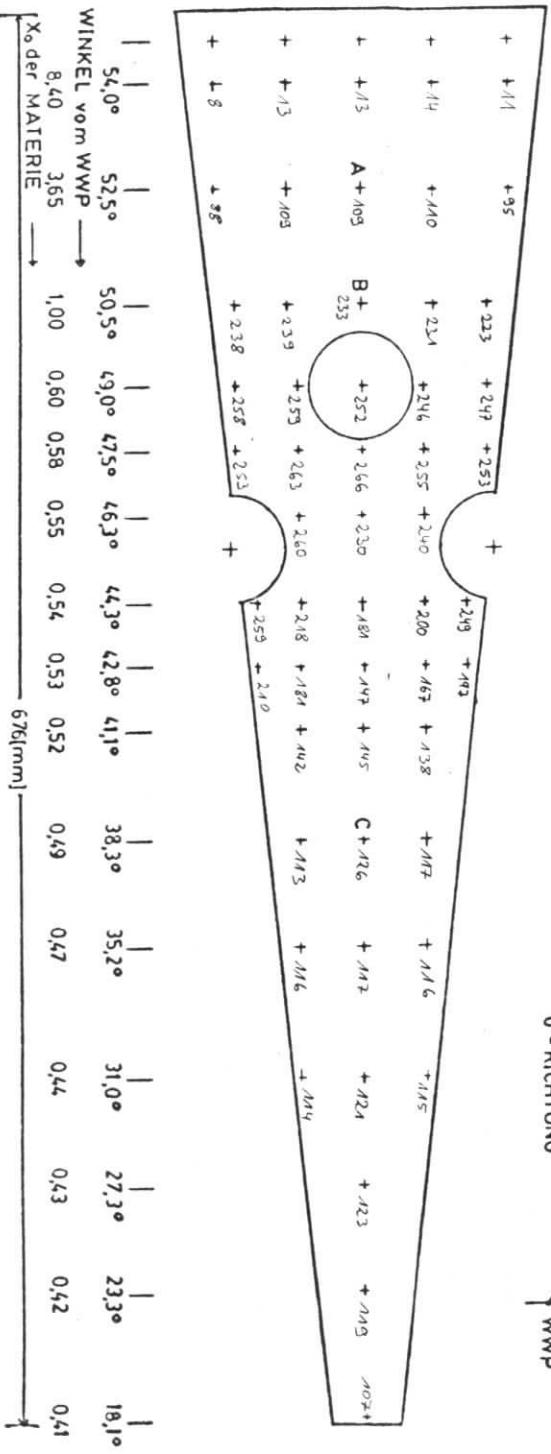
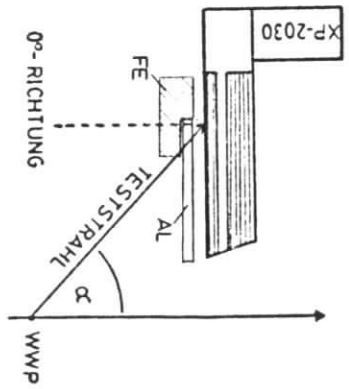


ABB. 39: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE (MIT MATERIESIMULATION)



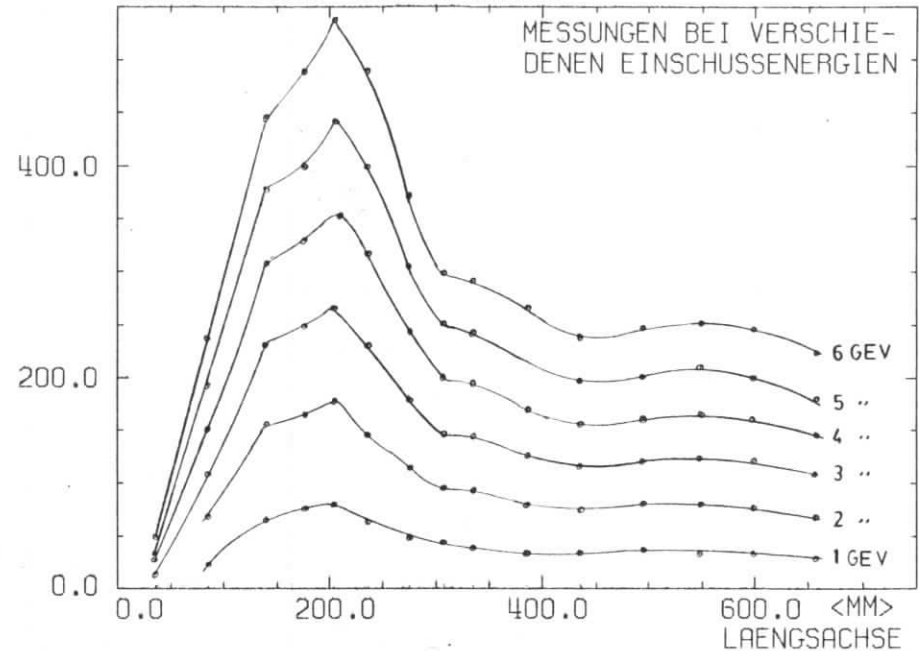
TION VERLOREN. INNERHALB DER AUSWERTUNG BEI PLUTO MUSS DIESER TEIL ZUSAMMEN MIT DEM BARREL BETRACHTET WERDEN. DIE AUFLÖSUNG IN DIESEM BEREICH WIRD ZUM RAND HIN SEHR SCHLECHT. ANSCHLIESSEND KOMMT EIN RECHT HOMOGENER BEREICH 'HOHER' LICHTAUSBEUTE. DAS MITTELLOCH WIRD WEITGEHEND VERSCHMIERT. ES FOLGT EIN UEBERGANGSGEBIET (AB  $46^\circ$ ), IN DEM SICH DIE LOECHER REMERKBAR MACHEN. AUFFAELLIG IST DORT, DASS DIE LICHTAUSBEUTE AN DEN RAENDERN HOEHER IST ALS IN DER MITTE (CA.30%). DAS LIEGT AM ABSCHATTUNGSEFFEKT DURCH DAS MITTELLOCH. DER HINTERE TEIL DES SANDWICHES IST WIEDER RECHT HOMOGEN. ZWISCHEN VORDEREM UND HINTEREM TEIL SINKT DIE LICHTAUSBEUTE UNGEFAEHR UM EINEN FAKTOR 2 AB. DIE UNSYMMETRIE ZWISCHEN OBEREM UND UNTEREN SANDWICHRAND, DIE BEI ALLEN LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIEN AUFTRITT, LIEGT AN DEM MESSINGRING ZWISCHEN LICHTLEITERKOPF UND ZYLINDRISCHEM LICHTLEITER. ER UMSCHLIESST DEN LUFTSPALT UND HAT AUF EINER SEITE EINEN LANGEN SCHLITZ. LICHT, DAS DEN LUFTSPALT TRIFFT, WIRD STAERKER ABGESCHWAECHT ALS ANDERSWO. DIE IM PLUTO EINGEBAUTEN SANWICHE HABEN AN DIESER STELLE EINEN DURCHGEHENDEN STAHLRING.

ABB.41 ZEIGT DEN VERLAUF DER LICHTAUSBEUTE ENTLANG DER MITTELACHSE. IN ABB.42 IST EINE GENAEHERTE VEREINFACHTE LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE VORGESCHLAGEN, DIE DIE REALITAET MIT EINER UNGENAUIGKEIT VON CA. 15% WIEDERGIBT.

### 5.5.3 LICHTAUSBEUTE ALS FUNKTION DER EINSCHUSSENERGIE

DIE LICHTAUSBEUTE ALS FUNKTION DER ENERGIE WURDE AN DREI IN ABB.44 BEZEICHNETEN AUFTREFFORTEN (A,B UND C) GEMESSEN. ABB.44,45 ZEIGEN DIE ERGEBNISSE. HOCHENERGETISCHE SCHAUER ( $> 4$  GEV) LECKEN MERKLIICH AUS DEM SANDWICH HERAUS, WAS SICH

LICHTAUSBEUTE <WILLK. EINH.>



LICHTAUSBEUTE <WILLK. EINH.>

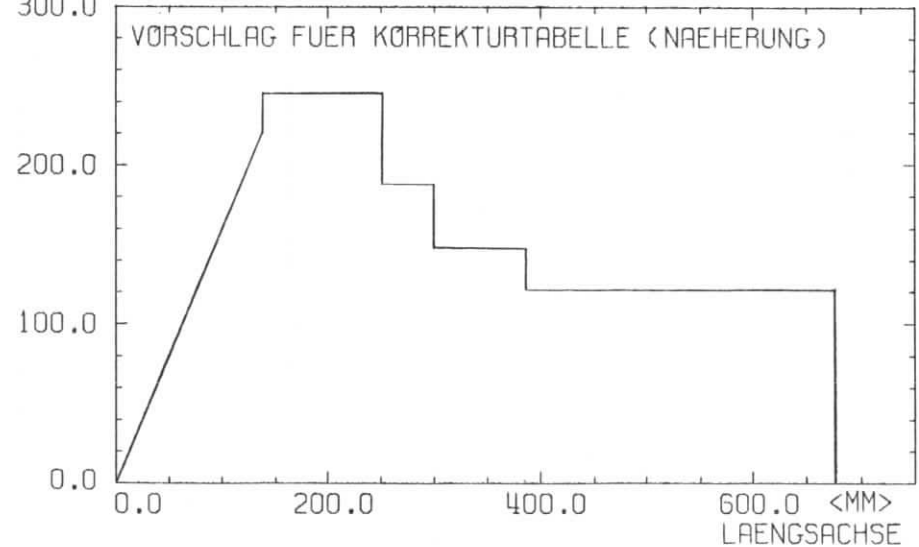


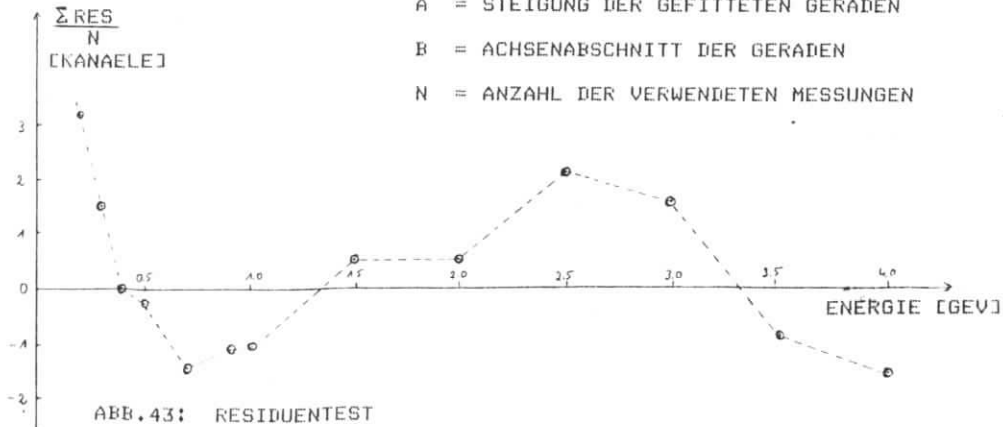
ABB.41,42: LICHTAUSBEUTE ENTLANG DER MITTELLINIE (MIT MATERIESIMULATION UND ENTSPRECHENDEN WINKELN)

DURCH EIN ABKNICKEN DER GERADEN BEMERKBAR MA... EIN BESONDERS DEUTLICHES BEISPIEL IST KURVE III IN ABB.44 , WO DURCH DEN SCHRAEGEN EINSCHUSS AM ORT A DER SCHAUER SCHON BEI NIEDRIGEN ENERGIEN HERAUSLECKT. DAHER WURDE EIN GERADENFIT AN DIE MESSPUNKTE NUR IM BEREICH  $E < 4$  GEV DURCHGEFUEHRT. BEI ENERGIEN UNTER 0.5 GEV GIBT ES GEWISSE MESSUNGSUNSIKERHEITEN. SO WURDE AUF GRUND DER GERINGEN TESTSTRAHLINTENSITAETEN AUF DIE 4-KOINZIDENZ VERZICHTET, DER STRAHL WAR DAHER NICHT GUT LOKALISIERT ( $> 10$  CM). HINZU KOMMT, DASS DIE PULSHOEHEN ABSOLUT SEHR KLEIN WAREN UND DAHER SCHWELLENEFFEKTE DES LABENVIELKANALS DAS SPEKTRUM VERZERRTEN. FUER DIE KANALANGABEN GILT NAEHERUNGSWEISE FOLGENDE BEZIEHUNG:

$$100 \text{ KANAEL} = 145 \text{ MV ANODENSPANNUNG}$$

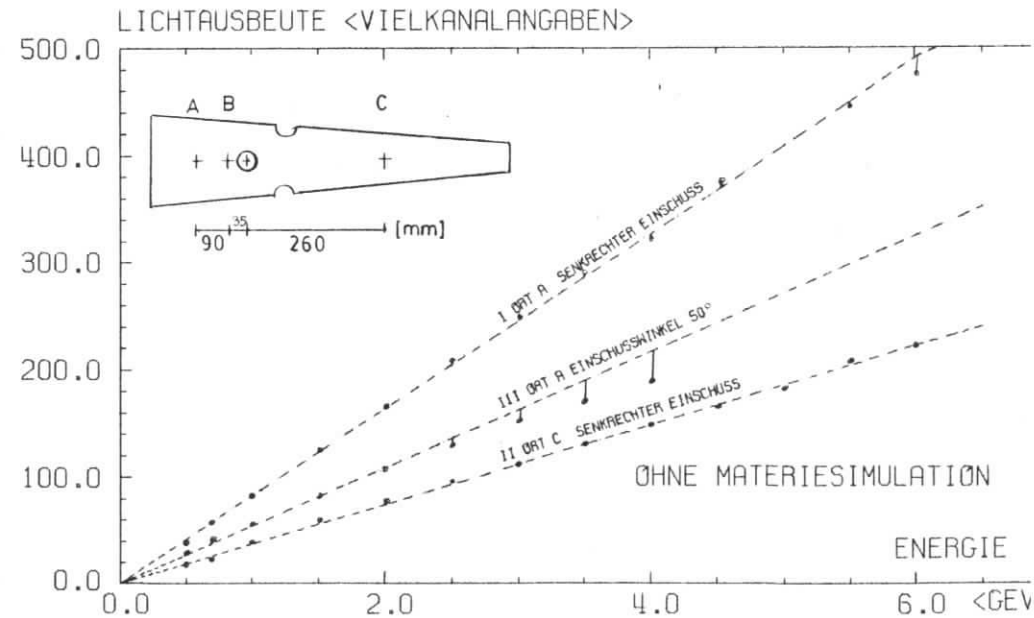
ZUR PRUEFUNG DER LINEARITAET DES SCHAUERZAEHLERS IM ENERGIEBEREICH  $0.4 \text{ GEV} < E < 4.0 \text{ GEV}$  WURDE EIN RESIDUENTEST DURCHGEFUEHRT. DAZU WURDEN DIE AN VERSCHIEDENEN DETEKTORORTEN (TEILWEISE MHRFACH DURCHGEFUEHRTEN) MESSUNGEN DER LICHTAUSBEUTE AUF EINE GERADENSTEIGUNG VON 100 KANAELN/GEV NORMIERT UND FUER JEDE ENERGIE DIE ABWEICHUNGEN (RESIDUEN) DER

- RES = SP - A \* E - B
- SP = SCHWERPUNKT DES SPEKTRUMS
- A = STEIGUNG DER GEFITTETEN GERADEN
- B = ACHSENABSCHNITT DER GERADEN
- N = ANZAHL DER VERWENDETEN MESSUNGEN



MESSWERTE VON DER GEFITTETEN GERADEN BESTIMMT, DAS MITTLERE RESIDUUM AUS ALLEN MESSUNGEN IST FUER JEDE ENERGIE IN ABB.43 AUFGETRAGEN. DIE TOTALE STREUBREITE DER RESIDUEN IST KLEINER ALS 2% , DAS SIGMA LIEGT BEI 1.3%. DER ANSTIEG BEI  $E < 0.4$  GEV IST AUF DEN EINFLUSS DER SCHWELLE DES VIELKANALANALYSATORS ZURUECKZUFUEHREN UND BEDEUTET NICHT, DASS DER DETEKTOR IN DIESEM BEREICH NICHT LINEAR IST.

OHNE MATERIE DAVOR UND BEI GERADEM EINSCHUSS ERGAB DIE AUSWERTUNG VON JE ZWEI SPEKTRENSERIEN MIT HILFE DES RECHNERS (SCHWERPUNKTSBILDUNG) AM ORT A EINEN ACHSENABSCHNITT DER KURVE VON  $0 \pm 15$  MEV, AM ORT C EINEN SOLCHEN VON  $38 \pm 25$  MEV. HIER GEHEN WEGEN DER NUR HALB SO GROSSEN PULSHOEHEN DES ORTES C VERGLICHEN MIT ORT A DIE OBEN BESCHRIEBENEN MESSUNGSUNSIKERHEITEN STAERKER EIN, SO DASS AUCH DIESES ERGEBNIS MIT EINEM GUTEN NULLDURCHGANG VERTRAEGLICH IST.



MIT MATERIESIMULATION DAVOR ERGEBEN SICH AXSENABSCHNITTE AM ORT B (EINSCHUSS UNTER 50.5°) VON 90 ± 20 MEV UND AM ORT C (EINSCHUSS UNTER 35.2°) VON 88 ± 15 MEV, WAS ZUM TEIL AUF DIE DAVORGESTELLTE MATERIESIMULATION ZURUECK ZUFUEHREN IST (ABB.31). SIEHE AUCH: ENERGIEAUFLUESUNG.

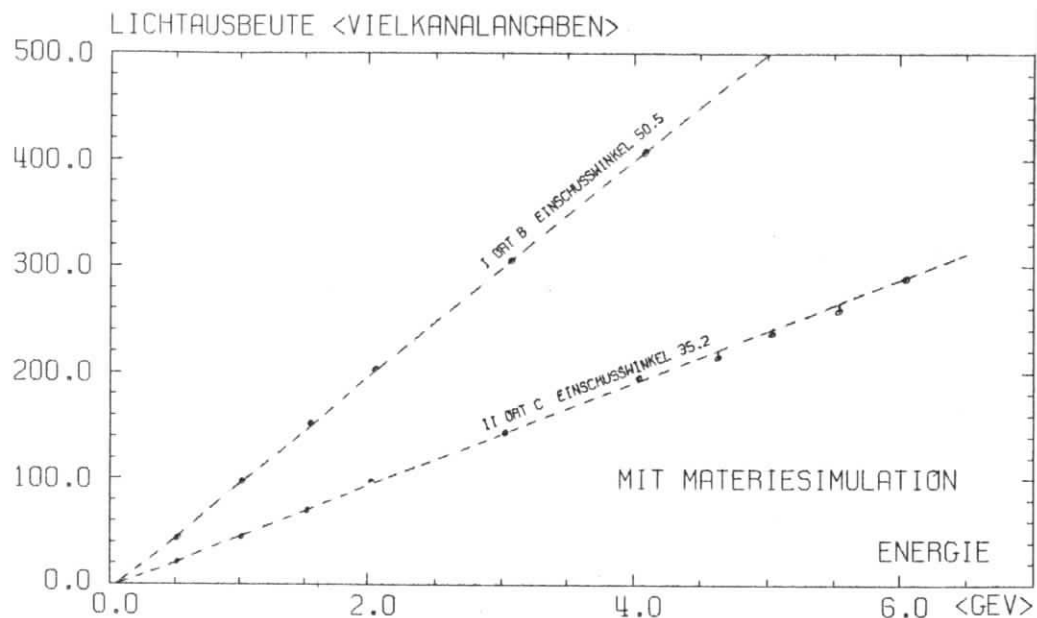


ABB.45: ENERGIEKURVE (MIT MATERIESIMULATION)

5.6.0 ENERGIEAUFLUESUNG

DIE ENERGIEAUFLUESUNG IST DEFINIERT ALS DIE HALBWERTSBREITE, DIVIDIERT DURCH DAS MAXIMUM DES SPEKTRUMS. FUER DIE AUSWERTUNG WURDEN FUER JEDEN ORT UND JEDE MATERIEBEDINGUNG DREI SPEKTRENSERIEN HERANGEZOGEN, WOBEI FUER ZWEI DIE HALBWERTSBREITE SOWOHL DURCH ABLESEN AUF DEM VIELKANALDISPLAY ALS AUCH DURCH EINEN FIT AN DIE VERTEILUNG BESTIMMT WURDE. ABB.46 - ABB.47 ZEIGEN ALLE DIESE PUNKTE NACH ORT UND MATERIESIMULATION SORTIERT.

OHNE MATERIESIMULATION

DIE AUSWERTUNG AM ORT A UND BEI SENKRECHTEM EINSCHUSS LIEFERT RECHNERAUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (40.3 \pm 0.2)\% * E^{**-(0.44 \pm 0.01)}$   
 VISUELL AUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (40.3 \pm 1.0)\% * E^{**-(0.47 \pm 0.01)}$   
 DIE GLEICHZEITIGE BERUECKSICHTIGUNG ALLER ERGEBNISSE BRINGT:

$$\Delta E/E = (40.5 \pm 0.5)\% * E^{**-(0.46 \pm 0.02)}$$

AM ORT C ERGIBT SICH

$$\text{RECHNERAUSGEWERTET: } \Delta E/E = (44.6 \pm 1.0)\% * E^{**-(0.46 \pm 0.03)}$$

$$\text{VISUELL AUSGEWERTET: } \Delta E/E = (44.7 \pm 1.7)\% * E^{**-(0.49 \pm 0.03)}$$

DARAUS RESULTIERT IN DER ZUSAMMENFASSUNG:

$$\Delta E/E = (44.7 \pm 1.0)\% * E^{**-(0.48 \pm 0.02)}$$

BEI DEN ZUSAMMENGEFASSTEN ERGEBNISSEN WURDEN ALLE PUNKTE GEMEINSAM AUSGEWERTET. E GIBT DIE ENERGIE IN GEV AN. AUFGRUND DER PHOTONENSTATISTIK (NUR HALBE PULSHOEHE IM HINTEREN SANDWICHTEIL) ERGIBT SICH EIN UNTERSCHIED VON CA.4.2% IN DER AUFLUESUNG BEI 1 GEV. DARAUS FOLGT EINE ABSCHAETZUNG DES EINFLUSSES VON SAMPLING UND PHOTONENSTATISTIK AUF DIE GESAMTAUFLUESUNG:

$G_A$  UND  $G_C$  GEBEN DIE ENERGIEAUFLUESUNG AN DEN ORTEN A BZW. C AN.  $K_A$  UND  $K_C$  GEBEN DIE AUFLUESUNG AN DIESEN ORTEN FUER EINE ENERGIE VON 1 GEV AN.  $\alpha$  ENTSPRICHT DEM EXPONENTEN DER FUNKTION FUER DIE ENERGIEAUFLUESUNG. E GIBT DIE ENERGIE AN.

LICHTAUSBEUTE VORNE/HINTEN  $V=2.1$

$$\sigma_A = K_A \cdot E^{-\alpha} \quad ; \quad \sigma_C = K_C \cdot E^{-\alpha} \quad ; \quad K_A = 40.5 \quad , \quad K_C = 44.7$$

$$\sigma_A^2 = \sigma_{SAMP}^2 + \sigma_{PHOT}^2 \quad ; \quad \sigma_C^2 = \sigma_{SAMP}^2 + V \cdot \sigma_{PHOT}^2$$

$$\sigma_C^2 - \sigma_A^2 = (V-1) \cdot \sigma_{PHOT}^2 = (K_C^2 - K_A^2) \cdot E^{-2\alpha}$$

$$\sigma_{PHOT} = \sqrt{(K_C^2 - K_A^2) / (V-1)} \cdot E^{-\alpha} \quad ; \quad \sigma_{SAMP} = \sqrt{(V \cdot K_A^2 - K_C^2) / (V-1)} \cdot E^{-\alpha}$$

DAMIT ERGIBT SICH FUER DEN ANTEIL VOM SAMPLING 36% \*  $E^{-\alpha}$ , D.H. SELBST BEI NOCH HOEHERER LICHTAUSBEUTE WUERDE SICH DIE GESAMTAUFLÖSUNG NUR UNWESENTLICH VERBESSERN. DER ANTEIL DER PHOTONENSTATISTIK LIEGT IM VORDEREN TEIL BEI  $\sigma_{PHOT}^2 = 18\% \cdot E^{-2\alpha}$ .

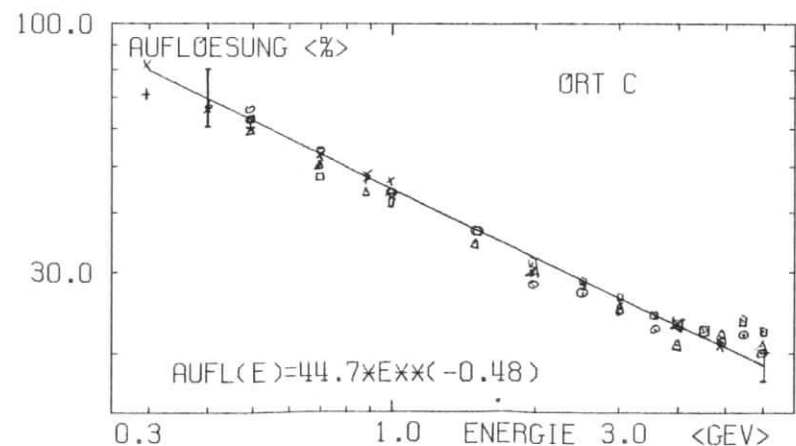
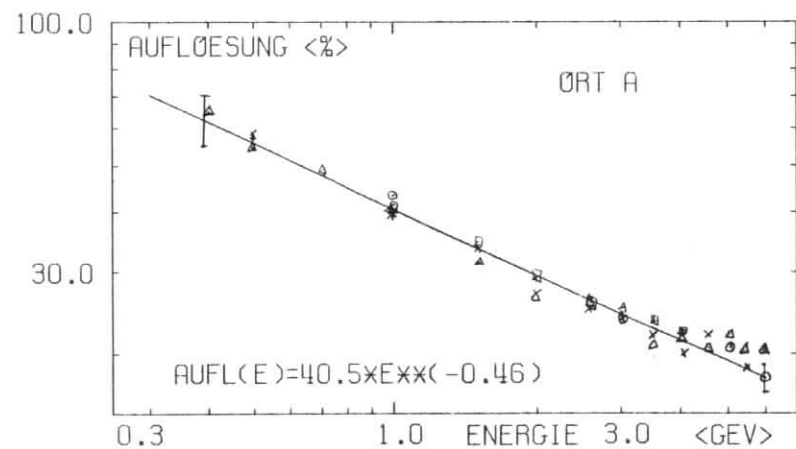


ABB. 46: ENERGIEAUFLÖSUNG (OHNE MATERIESIMULATION, SENKRECHTER EINSCHUSS)

DASS DER EXPONENT NICHT 0.5 (WIE FUER EINEN IDEALEN SCHAUER-ZAEHLER) IST, LIEGT AN DER TATSACHE, DASS DIE SCHAUER (BEI SENKRECHTEM EINSCHUSS) SCHON AB ENERGIEN VON 3.5 GEV HERAUSLECKEN UND SO DORT DIE SCHAUERFLUKTUATIONEN STAERKER INS GEWICHT FALLEN, WAS EINER ABFLACHUNG DER FUNKTION ENTSPRICHT (ABB. 46). MIT MATERIESIMULATION DAVOR

FUER DEN ORT B BEI 50.5° EINSCHUSSWINKEL ERGIBT SICH

RECHNERAUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (44.4 \pm 0.3)\% \cdot E^{**}(-0.51 \pm 0.04)$

VISUELL AUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (46.0 \pm 1.5)\% \cdot E^{**}(-0.56 \pm 0.04)$

ZUSAMMENGEFASST:  $\Delta E/E = (45.5 \pm 0.9)\% \cdot E^{**}(-0.55 \pm 0.04)$

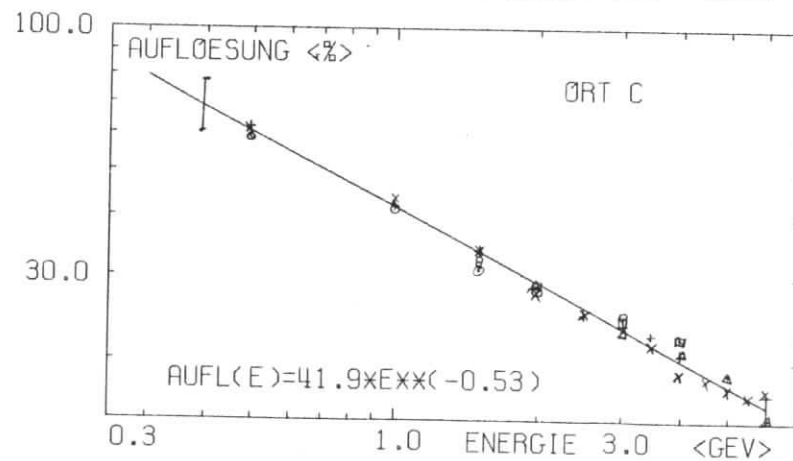
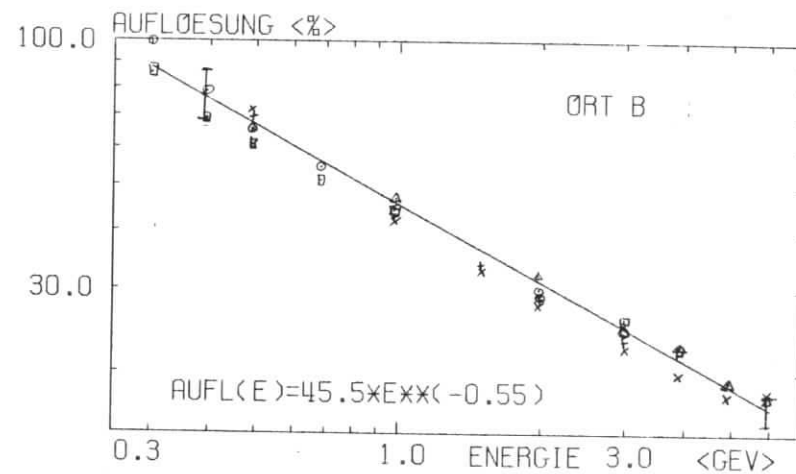


ABB. 47: ENERGIEAUFLÖSUNG (MIT MATERIESIMULATION, SCHRAEGER EINSCHUSS)

FUER DEN ORT C BEI 35,2° EINSCHUSSWINKEL ERGIBT SICH

RECHNERAUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (41,6 \pm 0,3)\% * E ** - (0,51 \pm 0,01)$

VISUELL AUSGEWERTET:  $\Delta E/E = (42,1 \pm 0,7)\% * E ** - (0,55 \pm 0,04)$

ZUSAMMENGEFASST:  $\Delta E/E = (41,9 \pm 0,5)\% * E ** - (0,53 \pm 0,02)$

BEIM VERGLEICH DER ABB.47 MIT ABB.46 FAELLT AUF, DASS SELBST BEI ENERGIEEN >4 GEV NOCH KEIN ABKNICKEN DER GERADEN ZU BEOBSACHTEN IST. BEI NIEDRIGEN ENERGIEEN SPIELT DIE MATERIE-SIMULATION AUF GRUND DES SCHLECHTEREN SAMPLINGS EINE GROES-SERE ROLLE, SO DASS DIE KURVE GERINGFUEGIG STEILER IST. DASS DIE AUFLUESUNG IM VORDEREN SANDWICHTEIL UM 3,6% SCHLECHTER IST, LIEGT AN DER TATSACHE, DASS DORT MEHR MATERIE (FE-EINSATZ) DAVOR IST UND DER EINSCHUSSWINKEL GROESSER IST (SCHLECHTERES SAMPLING). IM HINTEREN TEIL IST DIE AUFLUESUNG MIT MATERIESIMU-LATION BESSER ALS OHNE. DIESES ERGEBNIS WIRD AUCH VON DEN MONTE-CARLO RECHNUNGEN [11] BESTAETIGT. DER EFFEKT DER SCHICHTDIK-KENVERGROESSERUNG UEBERWIEGT DIE VERSCHLECHTERUNG DER AUFL-UESUNG DURCH DAS GROEBERE SAMPLING.

#### 5.6.1 ENERGIEAUFLUESUNG-TOPOLOGIE

ABB.48 UND 49 ZEIGEN DIE ENERGIEAUFLUESUNG AN VERSCHIEDENEN STELLEN DES ZAEHLERS. ANGEGBEN IST  $\Delta E/E$  BEI 3 GEV IN PROZENT. DIE ENERGIEAUFLUESUNG LAESST SICH IN 4 BEREICHE EIN-TEILEN. GANZ VORNE LECKT DER SCHAUER DURCH, SO DASS DIE AUFLUESUNG SEHR SCHLECHT WIRD. HINZU KOMMT, DASS DORT DIE BARRELZAEHLER SPUERBAREN EINFLUSS AUSUEBEN. DANN SCHLIESST SICH EIN GEBIET GUTER AUFLUESUNG ( $42\% * E^\alpha$ ) AN. DAS DURCH DIE LOECHER BEDINGTE SCHLECHTERE SAMPLING BRINGT DANN EINE ETWAS SCHLECH-TERE AUFLUESUNG ( $59\% * E^\alpha$ ). DER GANZE HINTERE TEIL DES SAND-WICHES IST GLEICHMAESSIG GUT IN DER AUFLUESUNG ( $42\% * E^\alpha$ ). EIN VERGLEICH DER MESSUNGEN OHNE (ABB.48 ) UND MIT (ABB.49 ) MATERIESIMULATION BEIM JEWEILS RICHTIGEN EINSCHUSSWINKEL ERGIBT KEINE BEDEUTENDEN UNTERSCHIEDE IN DER ENERGIEAUFLUE-SUNG, LEDIGLICH AM RAND IST DIE AUFLUESUNG MIT MATERIESIMU-LATION DAVOR ETWAS SCHLECHTER, BEDINGT DURCH DAS FRUEHERE AUFSCHAUERN.

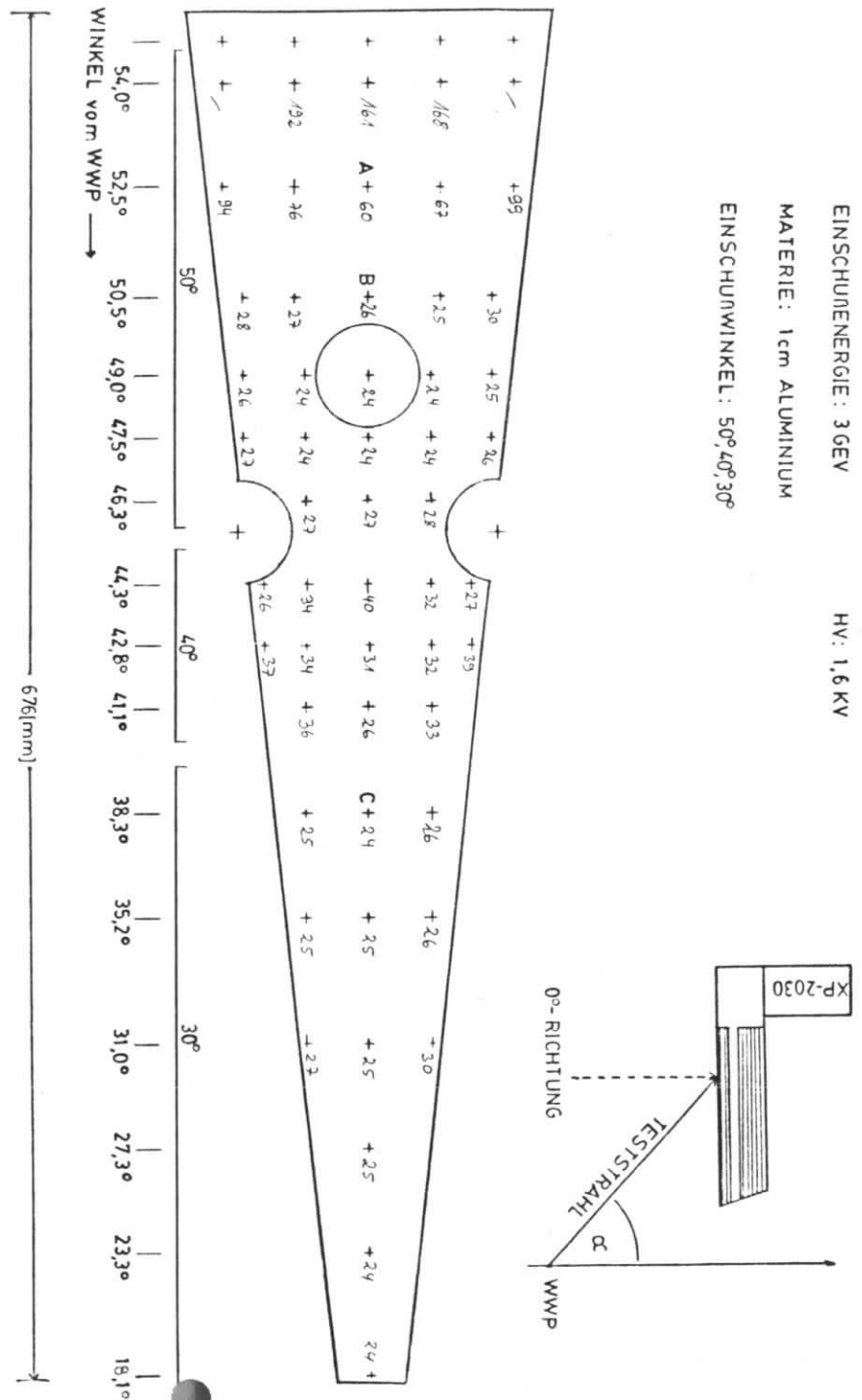
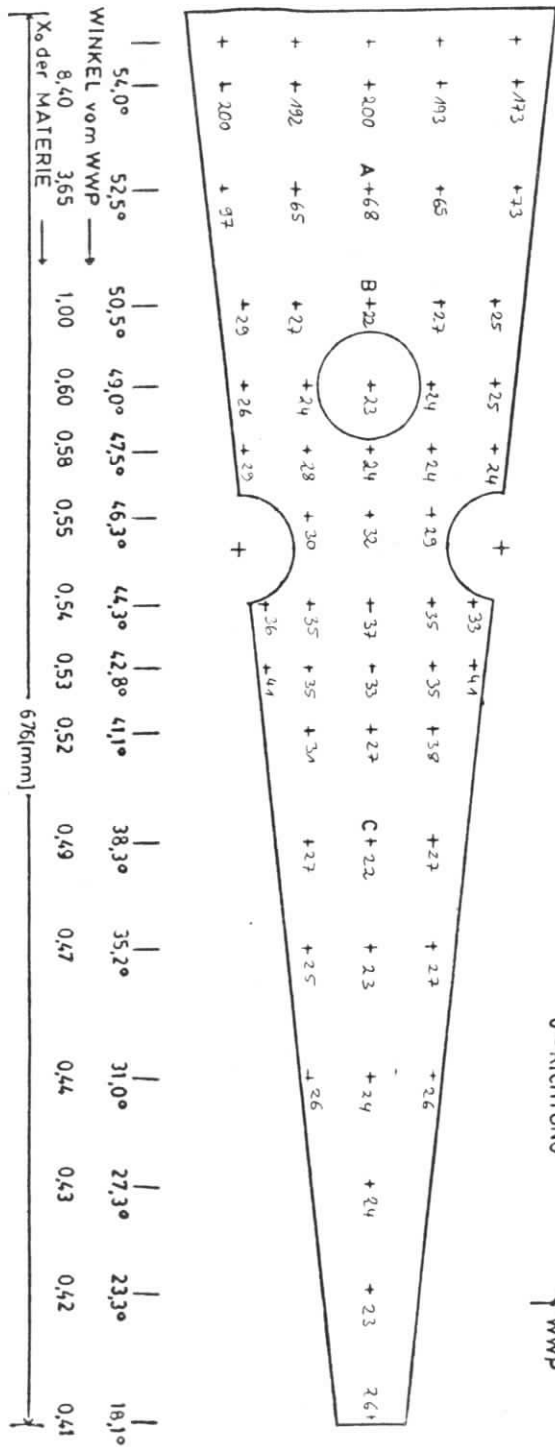
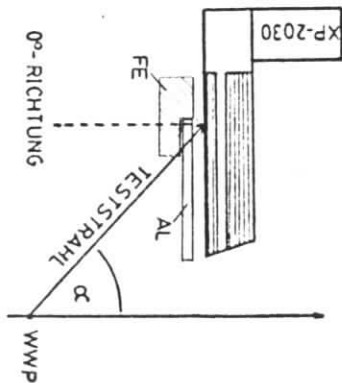


ABB.48: ENERGIEAUFLUESUNG-TOPOLOGIE (OHNE MATERIESIMULATION)



EINSCHUENERGIE: 3GEV  
 MATERIE: 1cm ALUMINIUM • MATERIESIMULATION  
 EINSCHUNWINKEL: DEM ORT ENTSPRECHEND  
 (siehe unten)  
 HV: 1,6KV



MAßSTAB 1:2,5

ABB.49: ENERGIEAUFLÖSUNG-TOPOLOGIE (MIT MATERIESIMULATION)

ALS NÄCHSTES WURDE DIE EFFICIENCY DES ZÄHLERS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HOCHSPANNUNG UND VOM AUFTREFFORT GEMESSEN.

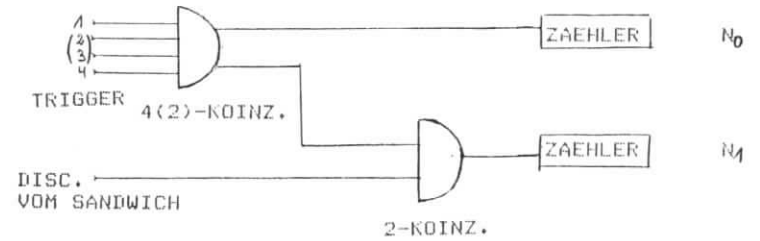


ABB.50: MESSANORDNUNG

BEI DIESEN MESSUNGEN IST DIE EFFICIENCY DEFINIERT ALS DAS VERHÄLTNIß DER VOM DISKRIMINATOR IN KOINZIDENZ MIT DEN TRIGGERZÄHLERN GEKOMMENEN PULSE ZU DER ZÄHLRATE DER TRIGGERZÄHLER. ALLE EFFICIENCY-MESSUNGEN WURDEN BEI EINER DISKRIMINATORSCHWELLE VON CA.2 MV ('MAXIMALE EMPFINDLICHKEIT') GEMACHT.

5.7.1

EFFICIENCY ALS FUNKTION DER HOCHSPANNUNG

DIE SCHWELLE WURDE BEI EINER HOCHSPANNUNG VON 1500 VOLT AUF 'MAXIMALE EMPFINDLICHKEIT' EINGESTELLT (RAUSCHRATE CA.100 HZ). ES WURDEN MESSUNGEN BEI 1300, 1400, 1500 VOLT GEMACHT. ES ZEIGT SICH, DASS DIE EFFICIENCY MIT ZUNEHMENDER HOCHSPANNUNG

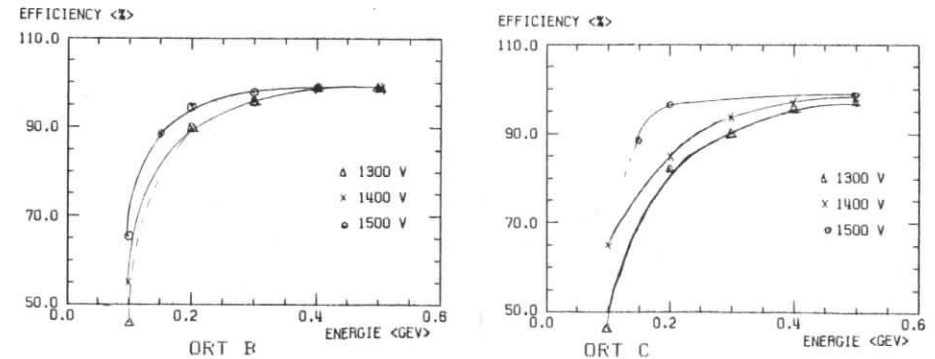


ABB.51: EFFICIENCY BEI VERSCHIEDENEN HOCHSPANNUNGEN (MIT MATERIESIMULATION)

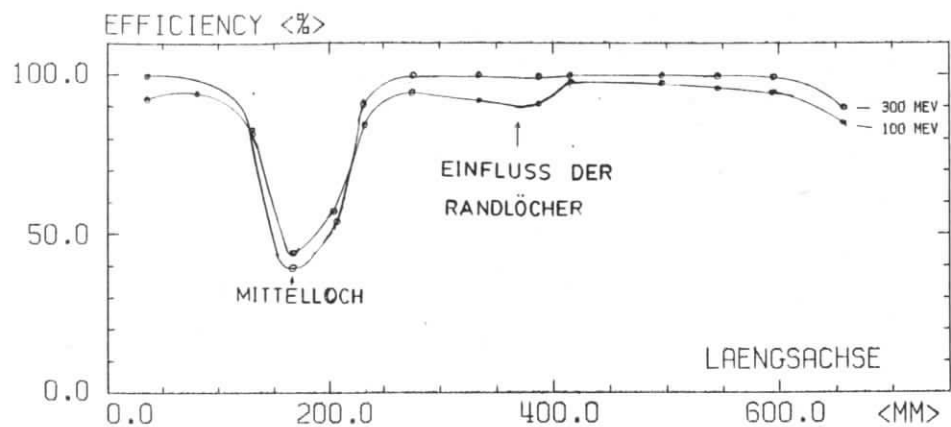


ABB.54. OHNE MATERIESIMULATION, BEI SENKRECHTEM EINSCHUSS

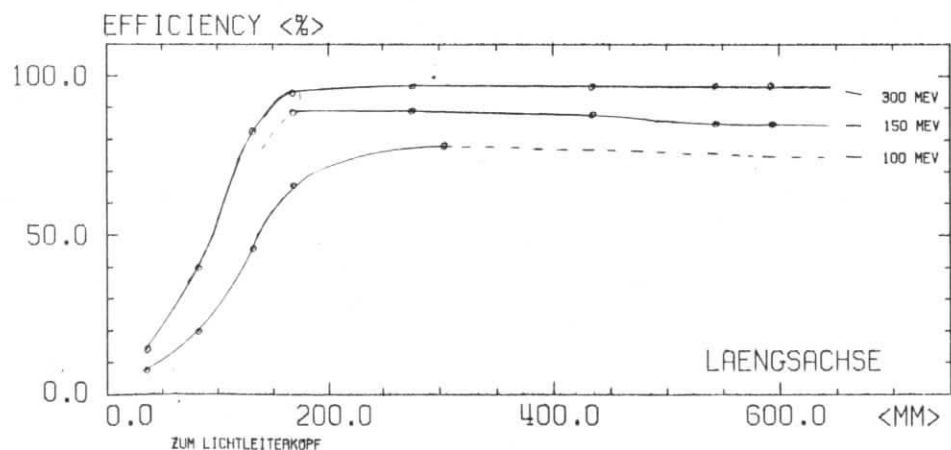


ABB.55. MIT MATERIESIMULATION UND ENTSPRECHENDEN WINKELN

ABB.52,53: EFFICIENCY ALS FKT. DES ORTES ENTLANG DER MITTELACHSE.

WAECHST (ABB.51). ANDERERSEITS KONNTE MAN DURCH GERINGFUE-  
GIGES NACHREGELN DER SCHWELLE AUCH FUER NIEDRIGE HOCHSPANN-  
NUNGEN DIE VOLLE EFFICIENCY ERREICHEN. ALS FOLGERUNG ERGIBT  
SICH, DASS DIE EINSTELLUNG DES DISKRIMINATORS ENTSPRECHEND DER  
HOCHSPANNUNG ZU ERFOLGEN HAT (DORIS - PETRA - BETRIEB).

5.7.2 EFFICIENCY ALS FUNKTION DES ORTES ENTLANG DER MITTELACHSE  
DIE SCHWELLE WAR AUF 'MAXIMALE EMPFINDLICHKEIT' EINGESTELLT.  
ES WURDE OHNE MATERIESIMULATION (SENKRECHTER EINSCHUSS) UND  
MIT MATERIESIMULATION UND DAZUGEHÖRIGEN WINKELN GEMESSEN.  
ES WURDE GEGEN DIE ZWEIERKOINZIDENZ (1,4) GEMESSEN.  
DER TRIGGERZAEHLER 4 WAR CA.25 CM VON DER SANDWICHOBERFLAECH  
ENTFERNT. DIE DURCHLASSFLAECH  
DIESES ZAEHLERS WAR 6 \* 25 MM<sup>2</sup>  
EIN VERGLEICH VON ABB.52 MIT ABB.53 ZEIGT DEUTLICH  
DEN EINFLUSS VON MATERIESIMULATION UND EINSCHUSSWINKEL. DAS  
MITTELLOCH WIRD VOLLSTAENDIG VERSCHMIERT, BEI 100 MEV SINKT  
DIE EFFICIENCY MIT MATERIE DAVOR AUF CA.75% AB. IM VORDEREN  
SANDWICHTEIL SINKT SIE DANN DURCH DEN EINFLUSS DER BARREL-  
ZAEHLER NOCH STAERKER AB (FUER WINKEL GROESSER 51°).  
AM ORT B UND DEM MITTELLOCH WURDE DANN DAS VERHALTEN DER  
EFFICIENCY ZU HOEHEREN ENERGIEN HIN UNTERSUCHT. ES ZEIGT SICH  
EIN STETIGER ANSTIEG DER EFFICIENCY AUF 99.2% BEI 500 MEV  
UND AUF 99.6% BEI 1 GEV EINSCHUSSENERGIE.

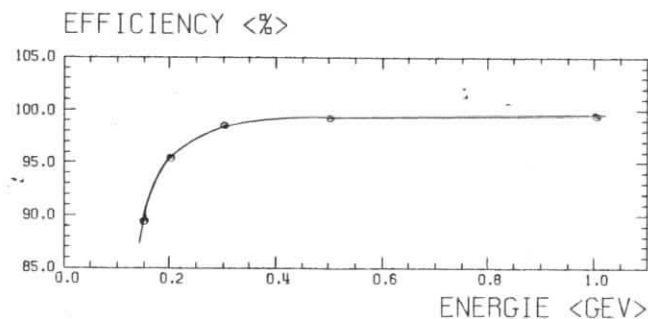


ABB.54: ENERGIEABHAENGIKHEIT DER EFFICIENCY (MIT MATERIE)



5.7.3 RANDEFFICIENCY (ZWISCHEN ZWEI SANDWICHEN)

DAZU WURDEN ZWEI SANDWICHE UEBEREINANDER IN EINE SCHWARZE HOLZKISTE BELEGT UND GLEICHZEITIG AUSGELESEN. UM ETWAS MEHR MATERIE DAVOR ZU HABEN, WURDE EINE 2 CM STARKE ALUMINIUMPLATTE VOR DIE KISTE GESTELLT. DIE TEILCHEN WURDEN SENKRECHT AUF DIE OBERFLAECHE DER SANDWICHE GESCHOSSEN. DIE ANORDNUNG DER KOINZIDENZ WAR DIESELBE WIE OBEN. DIE EFFICIENCY WURDE BEI 200 MEV ENTLANG EINER SENKRECHTEN LINIE UEBER DIE ZWEI SCHAUERZAehler BESTIMMT. GEMESSEN WURDEN DIE ZAEHLRATEN DES OBEREN UND UNTEREN SANDWICHES (UEBER DIE DISKRIMINATOREN AUSGELESEN) SOWIE DES 'ODERS' GEGEN DIE ZWEIFACH-KOINZIDENZ. DABEI ZEIGTE SICH, DASS DAS 'ODER' STETS ZU CA.99% EFFICIENT WAR. DARAUSS FOLGT: BEI DEN GEGEBENEN MESSBEDINGUNGEN GIBT ES KEINE EFFICIENCY-LUECKE ZWISCHEN ZWEI SANDWICHEN (ABB.55,56). DER MESSSTRAHLDURCHMESSER WAR IN VERTIKALER RICHTUNG CA 15 MM GROSS (90% DER TEILCHEN LAUFEN DANN IN EINEN SANDWICH). AM RAND WERDEN IN BEIDEN SANDWICHEN GLEICHVIELE ELEKTRONEN AUS DEM JEWEILS ANDEREN HINEINLECKEN UND JEDER SANDWICH WIRD IN 50% DER FAELLE DIREKT GETROFFEN. DIE SUMME ALLER DURCHLECKENDEN EREIGNISSE GIBT DIE ZAHL DER TEILCHEN, DIE IN BEIDEN DETEKTOREN GEMEINSAM GESEHEN WERDEN. DAS GILT AM RAND FUER 70%-85% DER ELEKTRONEN. BEI 100 MEV WERDEN NUR NOCH 40%-50% DER TEILCHEN IN BEIDEN SANDWICHEN GLEICHZEITIG GESEHEN. DIE GEODERTE EFFICIENCY IST ABER WEITERHIN CA.99%. DER STRAHL WIRD MIT ABNEHMENDER ENERGIE RAEUMLICH AUSGEDEHNTER. DIE SCHAUER SIND KLEINER.

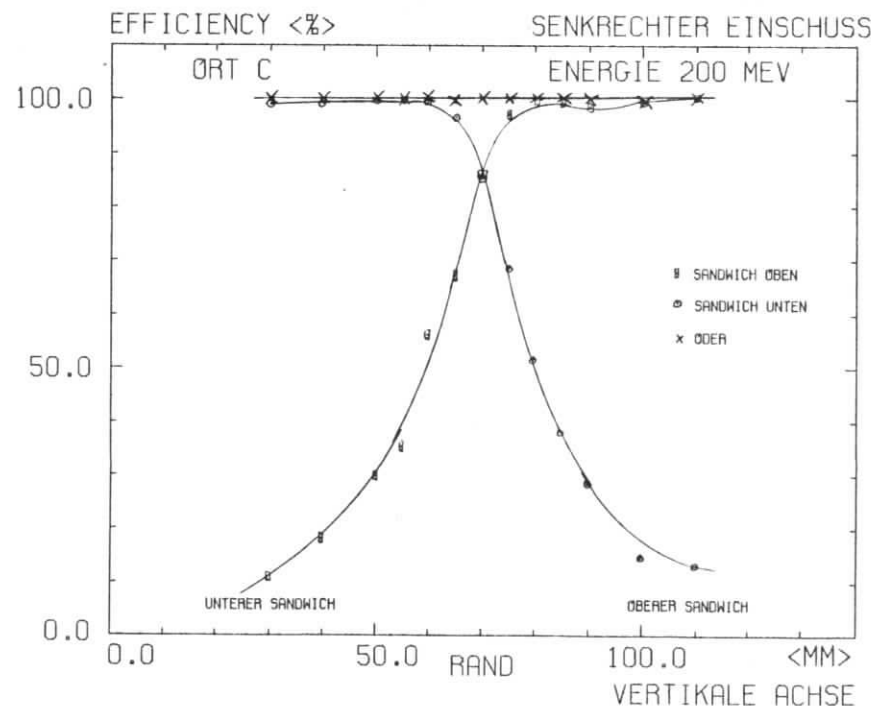
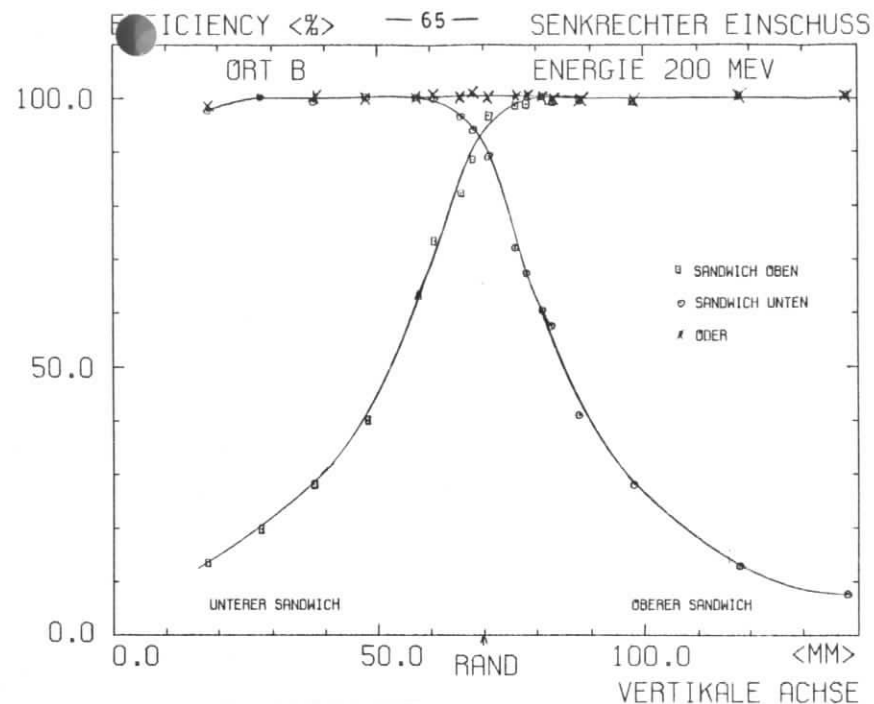


ABB.55,56: RANDEFFICIENCY ZWISCHEN ZWEI SANDWICHEN (MATERIE: 2 CM HOLZ UND 2 CM ALUMINIUM)

IN DIESEM ABSCHNITT WERDEN ABSCHAETZUNGEN FUER MOEGLICHE FEHLERQUELLEN ANGEGBEN.

## A) STATISTISCHE FEHLER

ZUR BESTIMMUNG DES STATISTISCHEN FEHLERS DER PEAKLAGE WURDE DIE ENERGIEAUFLÖSUNG DES JEWEILIGEN SPEKTRUMS DURCH DIE WURZEL DER INSGESAMT GESAMMELTEN EREIGNISSE DIVIDIERT. ER LIEGT IM BEREICH 0,05 KANAEL (KLEINE ENERGIEN) BIS 0,15 KANAELN (GROSSE ENERGIEN). DIESE FEHLER SIND GEGENUEBER ANDEREN UNGENAUIGKEITEN ZU VERNACHLAESSIGEN.

## B) ABLESEUNGENAUIGKEIT (VISUELLE AUSWERTUNG)

DIE FEHLER BEIM ABLESEN DER PEAKLAGE UND DER FWHM WURDEN GESCHAETZT. SIE SCHWANKEN ETWAS IM RAHMEN DER ABSOLUTEN GROSSE DES SPEKTRUMS. DURCH VERGLEICH EINER ANZAHL VONEINANDER UNABHAENIGER MESSERIEN, DIE UNTER DEN JEWEILS GLEICHEN BEDINGUNGEN GEMACHT WURDEN, WURDE AUS DER STREUUNG DER EINZELERGEBNISSE AUF DIE TATSAECHLICHEN FEHLER GESCHLOSSEN. DABEI WURDEN BEI DEN ENERGIEKURVEN DIE RESIDUEN HERANGEZOGEN (SIEHE 5.5.3), BEI DEN AUFLÖSUNGSRECHNUNGEN DIE STREUUNG DER ERGEBNISSE UNTER EINER MESSBEDINGUNG.

BEREICH DER MESSERIEN (KANALANGABEN):

$$25 < \text{PEAKLAGE} < 400$$

$$\pm 1 < \Delta \text{PEAK} < \pm 2$$

$$20 < \text{FWHM} < 120$$

$$\pm 2 < \Delta \text{FWHM} < \pm 4$$

AUFL = FWHM/PEAK

$$\Delta \text{AUFL} = \sqrt{\left[ \frac{\Delta \text{FWHM}}{\text{PEAK}} \right]^2 + \left[ \frac{\text{FWHM} * \Delta \text{PEAK}}{\text{PEAK} ** 2} \right]^2}$$

=> AUFL ERSTRECKT SICH VON 0,01 (1%) BEI VIEL LICHT (6 GEV)  
BIS 0,08 (8%) BEI WENIG LICHT (0,4 GEV)

DIE IN ABB.46 UND 47 EINGEZEICHNETEN FEHLERBALKEN GEBEN DIE ABLESEFEHLER DER JEWEILIGEN PUNKTE NACH DER OBIGEN ABSCHAETZUNG AN.

## C) SYSTEMATISCHE FEHLERQUELLEN

MOEGLICHE EFFEKTE SIND:

1. AENDERUNG DER KATHODENEMPFINDLICHKEIT AUF GRUND UNTERSCHIEDLICHER ZAEHLRATEN (< 2%).
  2. DIE LICHTAUSBEUTE DER EINZELNEN SZINTILLATORPLATTEN IST WEGEN INHOMOGENITAETEN DES LICHTLEITERKOPFES (SIEHE 4.3.0) ETWAS UNTERSCHIEDLICH (< 1%).
  3. ELEKTRONISCHE UNZULAENGLICHKEITEN WIE SCHWELLENEFFEKTE, HOCHSPANNUNGSDRIFT U.A. (< 1%).
- DIE SYSTEMATISCHEN FEHLER LIEGEN IN DERSELBEN GROESSENORDNUNG, WIE DIE UEBRIGEN FEHLER.

5.9.0 SONDERFERTIGUNGEN

AUFGUND MECHANISCHER EINSCHRAENKUNGEN AM PLUTO IST ES NOETIG GEWESEN, EINIGE SANDWICHE ETWAS IN IHREN ABMESSUNGEN ZU VERAENDERN. DIE DADURCH HERVORGERUFENEN AENDERUNGEN IN DER LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE SOLLEN HIER AUFGEZEIGT WERDEN. SANDWICH NR.21 UND NR.23 (VGL. ABB.5 ) KONNTEN WEGEN IHRER ABWEICHENDEN FORM DES LICHTLEITERKOPFES NICHT MIT MATERIE-SIMULATION UND ENTSPRECHENDEN WINKELN GEMESSEN WERDEN. ZUSAETZLICH ZU DEN AENDERUNGEN DER LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE GIBT ES EINE VERSCHLECHTERUNG DER UNIFORMITAET DER LICHT-AUSBEUTE ALS FUNKTION DER SZINTILLATORSCHICHT.

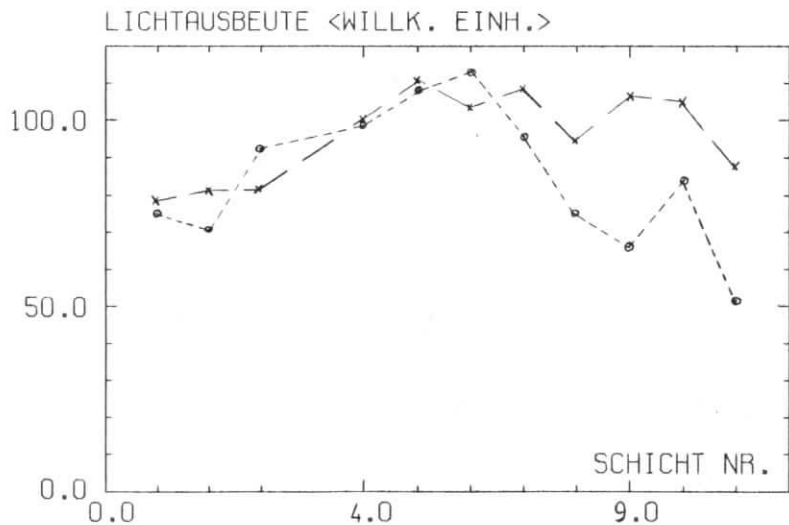


ABB.57: SCHICHTABHAENIGKEIT DER LICHTAUSBEUTE (SONDERFERTIGUNGEN)

5.9.1 2. VOM RAND (JOCHNAHT UNTEN): NR.21

ABB.58 ZEIGT EINE SANDWICH-SONDERFERTIGUNG, BEI DER ES NOTWENDIG WAR, DEN LICHTLEITERKOPF ZU MODIFIZIEREN. DAS LICHT WIRD UEBER EIN GEBOGENES, QUADRATISCHES FLEXIGLAS-STUECK AN DEN LICHTLEITERZYLINDER HERANGEFUEHRT (VGL.4.3.1).

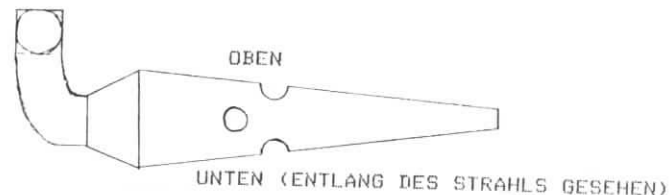


ABB.58: SONDERFERTIGUNG NR.21

DIE LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE WURDE BEI 3 GEV GEMESSEN. DER SANDWICH LAG IN EINER SCHWARZEN HOLZKISTE (SIEHE 6.2.1). DIE HOCHSPANNUNG WAR AUF 1,6 KV EINGESTELLT. ES WURDE SENKRECHT EINGESCHOSSEN. ES ZEIGT SICH IN BEZUG ZU DEN NORMAL-SANDWICHEN KEIN SIGNIFIKANTER UNTERSCHIED. AUCH HIER GIBT ES DIE ZWEI GEBIETE VOR UND HINTER DEN LOECHERN, DIE SICH UM EINEN FAKTOR 2 IN DER LICHTAUSBEUTE UNTERSCHIEDEN. ZWISCHEN 'OBEN' UND 'UNTEN' IST KEIN BESONDERER UNTERSCHIED. (SIEHE ABB.61)

5.9.2 1. VOM RAND (JOCHNAHT UNTEN): NR.23

AN DER UNTEREN JOCHNAHT MUSSTE DER LICHTLEITERKOPF ASYMMETRISCH UND MIT KLEINEREM LICHTAUSSTRITTSQUERSCHNITT GEBAUT WERDEN.

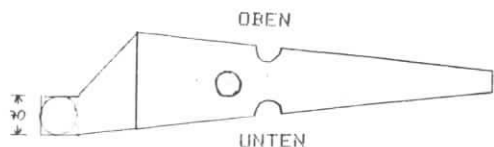


ABB.59: SONDERFERTIGUNG NR.23

DER AUFBAU WAR WIE OBEN. DIE ERGEBNISSE IN ABB.62 ZEIGEN, DASS SICH DIESER SANDWICH DEUTLICH SCHLECHTER ALS DIE ANDEREN VERHAELT. ER LIEFERT 50% MEHR LICHT IM VORDEREN TEIL VON 'OBEN' ALS VON 'UNTEN', WOBEI 'OBEN' UND 'UNTEN' DURCH ABB.59 ERKLAERT SIND. AUCH IM HINTEREN ABSCHNITT IST ER NICHT BESONDERS HOMOGEN. DORT LIEFERT DER UNTERE RAND MEHR LICHT ALS DER OBERE. DIESE UNTERSCHIEDE BERUHEN DARAUF, DASS DAS LICHT EINMAL 'RICHTIG' IN DEN KOPF REFLEKTIERT WIRD (FLACHER WINKEL) ZUM ANDEREN DIE REFLEXIONSFLAECHE ZU STEIL TRIFFT UND VERLOREN GEHT.

5.9.3 1. VOM RAND (JOCHNAHT OBEN, MIT DE/DX-DURCHGANG): NR.07

---

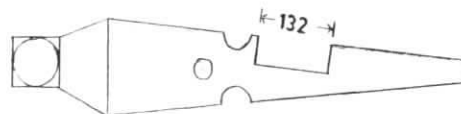


ABB.60: SONDERFERTIGUNG NR.07

DIESER SANDWICH WURDE IN DIE TESTBOX (MESSING) EINGEBAUT. DAS DE/DX-LOCH WURDE MIT EISEN BLECH (5 MM DICK) AUSGEKLEI- DET (SIMULATION DER DE/DX-ZULEITUNGEN [18]). DIE MATERIESIMU- LATION WURDE DAVOR GESTELLT. AUSGELESEN WURDE UEBER DEN EIN-

GEBAUTEN VORVERSTAERKER UND DEN LABEN-VIELKANALANALY- SATOR BEI EINER HOCHSPANNUNG VON 1500 VOLT.

ABB.63 ZEIGT, DIE BEI SCHRAEGEM EINSCHUSS GEWONNENEN ERGEBNISSE. DABEI ZEIGTE SICH DER SANWICH BIS 38° EINSCHUSSWINKEL WIE EIN NORMALER SANDWICH. EIN TEIL DES RECHTECKLOCHES WIRD VERSCHMIERT. DER ABFALL DER LICHTAUSBEUTE IM DARAUF FOLGENDEM ABSCHNITT IST STARK UNSYMMETRISCH, TEILWEISE VERSCHWINDET DIE LICHT- AUSBEUTE AM RAND DES SANDWICHES VOELLIG. UNTERHALB VON CA.27° EINSCHUSSWINKEL IST DER SCHAUERZAEHLER WIEDER HOMOGEN, ALLER- DINGS IST DIE LICHTAUSBEUTE AUF EIN FUENFTEL VON DER DES VORDEREN TEILS GESUNKEN. DIE EINSCHUSSENERGIE WAR AUCH HIER 3 GEV.

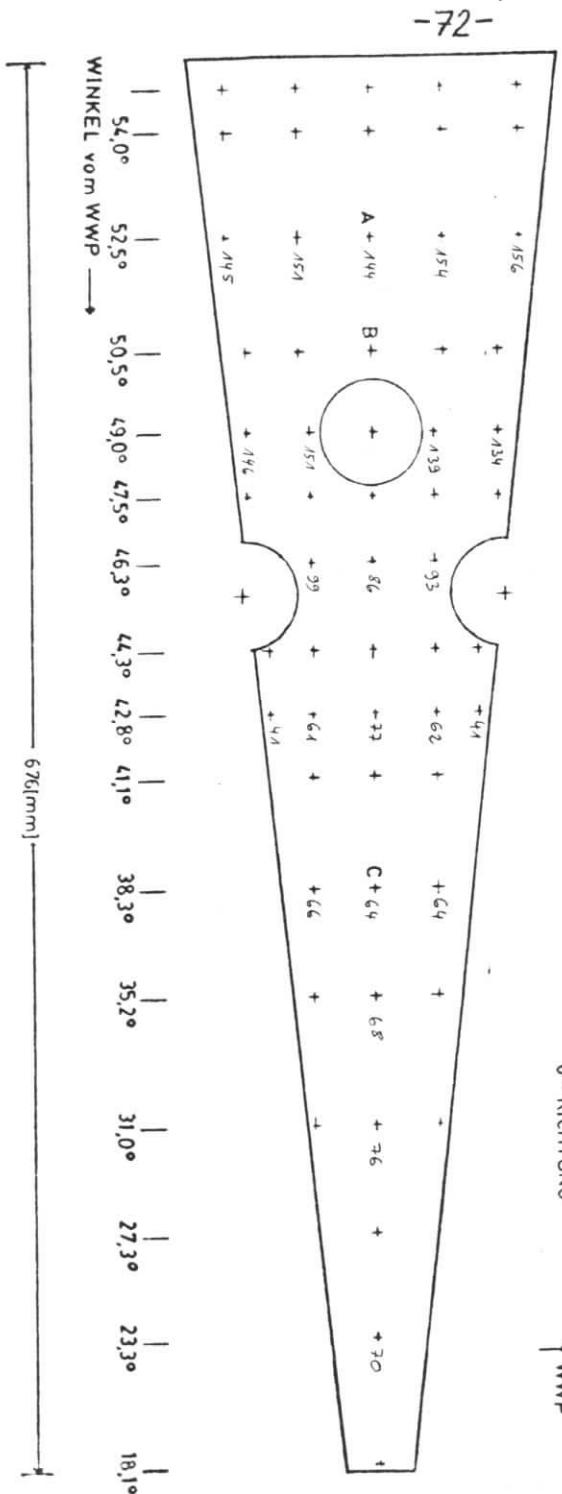


ABB.61: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE, SONDERFERTIGUNG 2.VOM

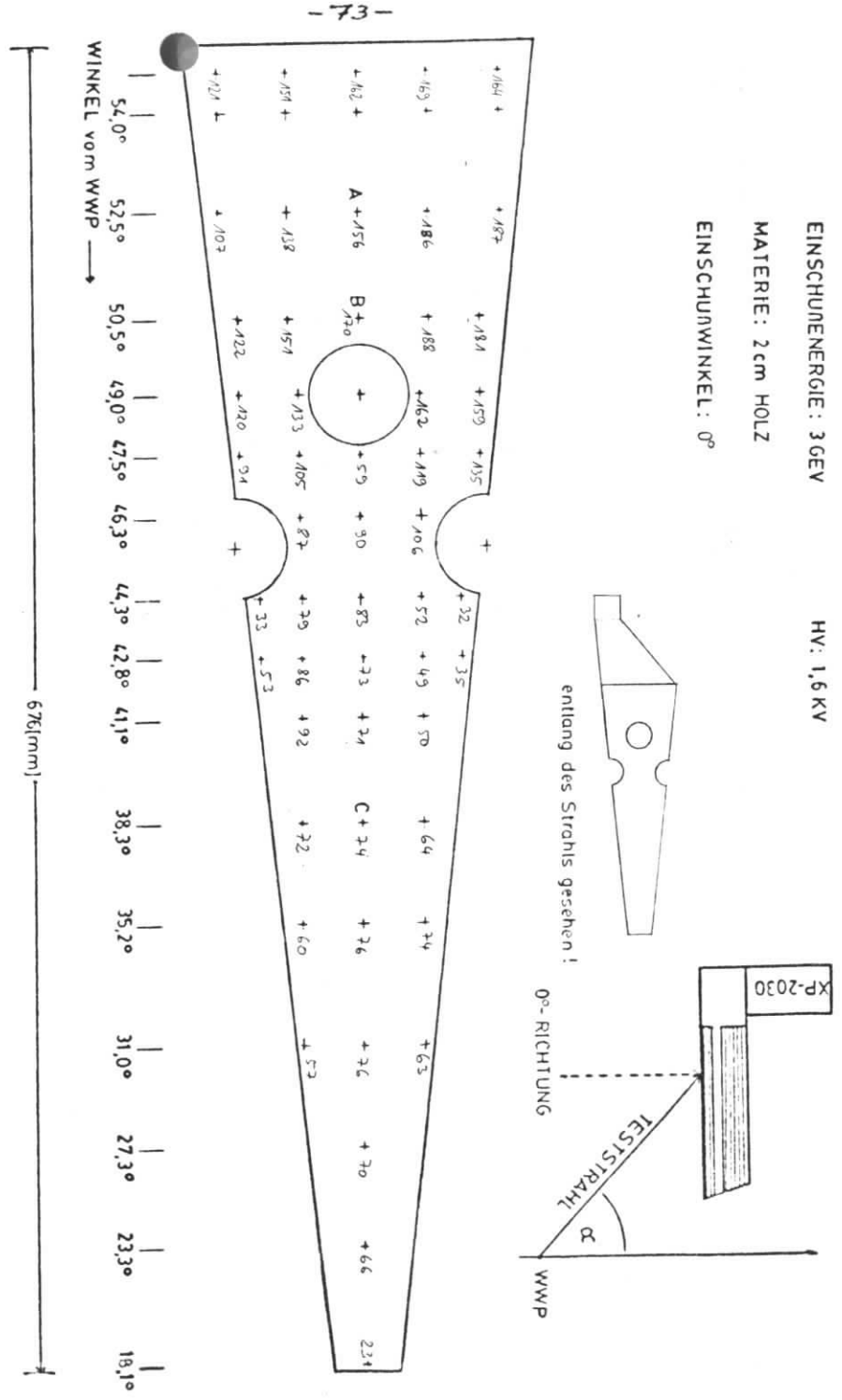


ABB.62: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE, SONDERFERTIGUNG UNTERE

- 6.0.0 EICHUNG DES ENDCAP-DETEKTORS  
 DIE EICHUNG DES ENDCAP-DETEKTORS GESCHIEHT AUF ZWEI WEGEN,  
 ERSTENS AM TESTSTRAHL UND ZWEITENS IM EINGEBAUTEN  
 ZUSTAND AM SPEICHERRING MIT HILFE VON BHABHA-EREIGNISSEN.
- 6.1.0 EICHPHILOSOPHIE
- 6.1.1 EICHUNG IM TESTSTRAHL  
 ZIEL DER EICHUNG AM TESTSTRAHL IST ES, FUER JEDEN EINZELNEN  
 SANDWICH DIE LICHTAUSBEUTE BEI VORGEGEBENER HOCHSPANNUNG  
 ZU ERMITTELN. DARAUS WIRD EINE VORLAEUFIGE EINSTELLUNG DER  
 HOCHSPANNUNG FUER DEN EINSATZ AM SPEICHERRING GEWONNEN.  
 BEI DER EICHUNG WURDE FUER JEDEN ZAEHLER DAS ENERGIEAEQUI-  
 VALENT DES LED-EICHPULSES BESTIMMT. DA DIE RELATIVE KA-  
 THODENEMPFINDLICHKEIT DER JEWELIGEN MULTIPLIER-ROEHREN  
 (XP-2030) FUER DAS LED-LICHT (GRUEN) UND DAS SZINTILLATOR-  
 LICHT (BLAU) UNTERSCHIEDLICH IST, BESTEHT DIE ZU EICHENDE  
 EINHEIT AUS LED, SANDWICH UND MULTIPLIER. DIE LED WIRD UEBER  
 EIN CA. 20 M LANGES LEMO-KABEL MIT EINEM FUER DIESEN ZWECK GE-  
 BAUTEN EICHGENERATOR ANGESTEUERT. DIE LICHTMENGE L, DIE DIE  
 LED ERZEUGT, WIRD VERGlichen MIT DERJENIGEN LICHTMENGE L<sub>0</sub>,  
 DIE IM SANDWICH BEIM DURCHGANG EINES ELEKTRONS VON 1 GEV EIN-  
 SCHUSSENERGIE (EICHNORMAL) ERZEUGT WIRD. DAS VERHAELTNIS  
 $V=L/L_0$  IST DER EICHFaktor. ER WIRD FUER JEDEN SANDWICH BE-  
 STIMMT UND ORDNET SO DEM JEWELIGEN LED-PULS EIN BESTIMMTES  
 ENERGIEAEQUIVALENT ZU. DIESER EICHFaktor IST, SOLANGE WIR  
 IM LINEARITAETSBEREICH SIND, VON DER VERSTAERKUNG DES MUL-  
 TIPLIERS UNABHAENGIG. UM DIE ERGEBNISSE DER EINZELNEN  
 SANDWICHE VERGLEICHEN ZU KOENNEN, MUSS GEWAHRLEISTET SEIN,  
 DASS DER LED-EICHGENERATOR LANGZEITSTABIL IST UND AUCH DAS  
 AUSLESEN DES ANODENSIGNALS IMMER IN DER GLEICHEN WEISE ER-  
 FOLGT, AUCH MUESSEN EINSCHUSSORT UND -WINKEL FUER ALLE SAND-  
 WICHE DIE GLEICHEN SEIN!

-74-

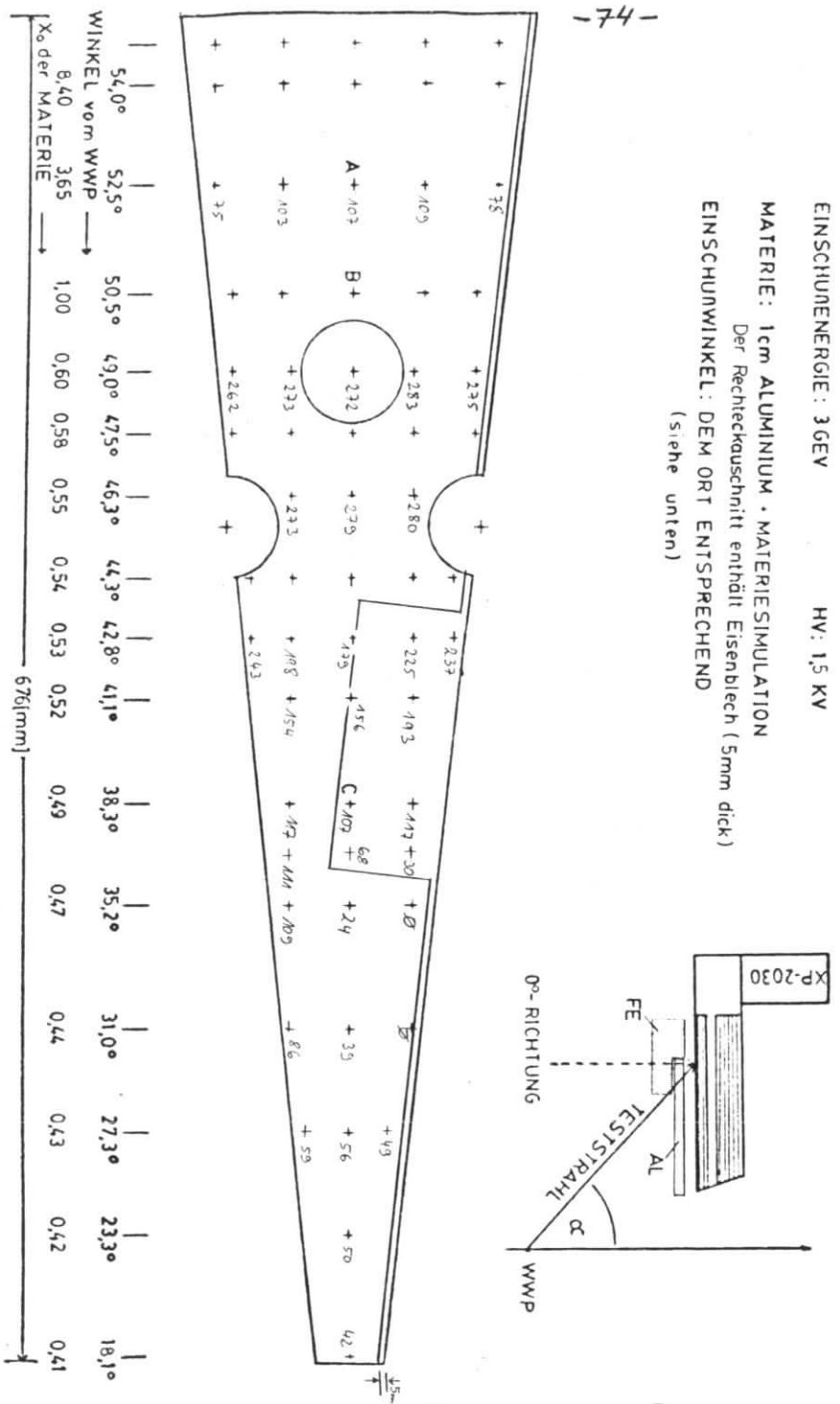


ABB. 63: LICHTAUSBEUTE-TOPOLOGIE, SONDERFERTIGUNG OBERE JOCHNAHT (SCHRAEGER EINSCHUSS)

6.1.2 EINSTELLUNG DER ENDCAPSEGMENTE IM PLUTO

VOR BEGINN DER EINSTELLUNG DER EINZELSANDWICHES MUSS FEST-  
 GELEGT WERDEN, IN WELCHEN ADC-BEREICH BESTIMMTE ENERGIEN AB-  
 GEBILDET WERDEN SOLLTEN. DAMIT ERGIBT SICH EINE THEORETISCHE  
 EICHGERADE  $K=A * \text{ENERGIE}$  MIT  $A=K_{MAX}/E_{MAX}$  .  $K_{MAX}$  IST DIE BEI DER  
 MAXIMAL-ENERGIE AUFTRETENDE KANALZAHL. SIE IST IM WESENT-  
 LICHEN DURCH DEN ADC VORGEZEHN. UM ALLE SANDWICHES  
 BEI EINER BESTIMMTEN ENERGIE AUF DIE GLEICHE KANALZAHL  
 IM ADC ABZUGLEICHEN, WERDEN DIE HOCHSPANNUNGEN DER SEGMENTE  
 SO EINGESTELLT, DASS DAS LED-SPEKTRUM GERADE BEI  $K_N=V_N * A * E$   
 AUFLAEUFT. DABEI IST E GERADE 1 GEV UND  $V_N=L/L_0$  , DER  
 IM TESTSTRAHL GEWONNENE EICHFAKTOR. DAMIT IST GEWAHR-  
 LEISTET, DASS ALLE SANDWICHES ABEGLEICHEN SIND UND DER  
 EICHGERADEN GEHOREN (AM GLEICHEN EINSCHUSSORT UND WINKEL  
 WIE BEIM TESTSTRAHL).

6.2.0 DER SERIENTEST

6.2.1 AUFBAU AM TESTSTRAHL

UM DEN TESTABLAUF MOEGLICHST ZUEGIG ZU GESTALTEN, WURDE  
 DARAUF VERZICHTET, JEDEN EINZELNEN SANDWICH UNTER VARIAB-  
 LEN WINKELN ZU TESTEN. DIE SANDWICHES WURDEN IN EINER SCHWARZ-  
 ZEN HOLZKISTE AUF EINEN 6° KEIL GELEGT UND SENKRECHT ZUM  
 TESTSTRAHL AUSGERICHTET.

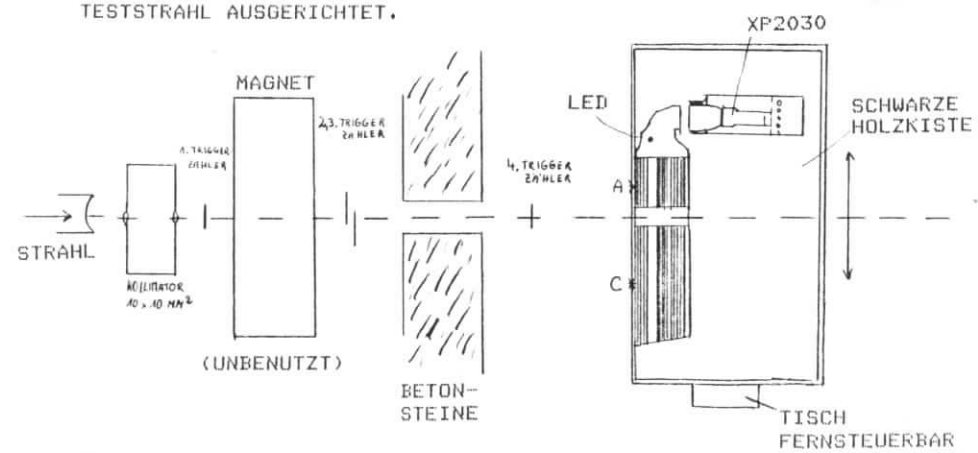


ABB.64: AUFBAU AM TESTSTRAHL (SERIENTEST)

ES WURDE AN JEWEILS ZWEI ORTEN EINGESCHOSSEN A=90 MM VOR  
 DEM MITTELLOCH, C=260 MM DAHINTER. ZWISCHEN LICHTLEITER UND  
 LICHTLEITERKOPF WURDE EIN 20 MM LUFTSPALT GELASSEN, DER AM  
 MULTIPLIERGEHAUESE ANGEBRACHTE LICHTLEITER WAR KUERZER ALS  
 DIE BEI PLUTO VERWENDETEN. DER JEWEILIGE MULTIPLIER WURDE  
 VON EINER MU-METALL ABSCHIRMUNG UND DEM WEICHEISEN-MANTEL  
 UMSCHLOSSEN.

6.2.2 MESSABLAUF

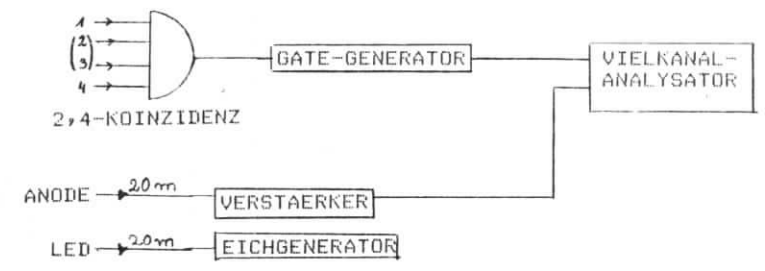


ABB.65: MESSANORDNUNG

ZU BEGINN EINER JEDEN MESSUNG WURDE EIN LED-SPEKTRUM MIT  
 DEM VIELKANALANALYSATOR AUFGENOMMEN. DER PEAKWERT WURDE IN  
 EIN PROTOKOLL EINGETRAGEN. ANSCHLIESSEND WURDEN ZWEI MESS-  
 REIHEN (AN DEN ORTEN A UND C) BEI EINSCHUSSENERGIEN VON  
 1, 2, 3 UND 4 GEV GEMACHT. ABSCHLIESSEND WURDE ZUR KONTROL-  
 LE NOCHMALS EIN LED-SPEKTRUM AUFGENOMMEN. DARAUS RESULTIERTEN  
 ZWEI GERADEN, DIE SPAETER GEFITTED WURDEN UND DIE EICH-  
 FAKTOREN  $V_N=L/L_0$  ERGABEN. DIE HOCHSPANNUNG WAR BEI DIESEN  
 MESSUNGEN AUF 1600 VOLT EINGESTELLT.

6.2.3 ERGEBNISSE

AN DIE MESSWERTE WURDE EINE GERADE  $Y=MX + C$  NACH DER METHO-  
 DE DER KLEINSTEN FEHLERQUADRATE ANGEFASST. TABELLE 5 ZEIGT  
 DIE RESULTIERENDEN WERTE VON M, C UND  $V_N$ .

TABELLE 5:

SANDW.NR.	PLUTO-DE-TEKTOR NR.	PM-NR.	ANOD.EMPF. I [KA/WJ]	M IC UN	ICWILLK.EINH.JI	
1	1718	6605	55	60.9	0.0	5.40
2	1809	7012	73	86.6	3.0	5.26
3	1800	6001	64	80.3	1.0	4.16
4	1806	5999	70	40.1	2.5	4.46
5	1805	6004	70	55.0	5.5	6.02
6	1804	6914	52	44.4	-2.0	6.76
7	1824	6610	62	48.6	-2.5	9.71
8	1717	7059	47	61.4	0.5	6.16
9	1829	6951	58	53.8	-0.5	5.99
10	1802	7015	63	71.3	2.0	5.68
11	1827	7043	63	61.5	0.0	5.77
12	1719	7048	50	68.2	1.5	4.43
13	1801	7041	60	63.7	1.5	5.78
14	1803	7025	52	58.1	2.0	6.19
15	TEST	7039	58	66.1	-2.5	4.51
16	1826	6504	52	64.8	-2.5	3.83
17	1713	6417	44	45.2	-2.5	5.41
18	1724	7014	70	53.7	-3.0	8.56
19	1701	6941	64	35.6	3.5	7.84
20	1714	7121	60	73.2	0.0	4.66
21	1725	7042	54	63.7	1.0	6.30
22	1820	7019	60	72.4	2.0	4.77
23	1828	7028	61	76.1	4.5	3.00
24	1817	6514	77	83.9	7.5	4.17
25	1716	7016	51	62.7	-1.0	2.79
26	1702	6942	48	64.0	1.5	4.69
27	1706	6938	38	80.9	3.0	3.58
28	1721	7023	49	50.5	-3.5	8.38

29	1726	4658	59	92.6	4.5	4.48
30	1720	6922	58	55.7	-1.0	4.87
31	1709	6006	61	76.7	0.5	4.76
32	1825	7037	55	58.4	0.5	5.19
33	1712	7013	61	60.9	1.0	7.50
34	1715	6007	60	70.6	0.5	5.57
35	1821	6901	52	49.3	-1.5	6.52
36	1703	6571	76	91.7	7.5	4.05
37	1727	7036	63	81.6	4.0	6.24
38	1810	5169	42	54.3	-0.5	3.66
39	1704	6527	65	83.7	5.5	6.67
40	1711	7035	53	60.6	-1.0	4.83
41	1722	7018	65	43.1	0.5	5.72
42	1823	6615	69	43.6	0.0	9.51
43	1723	6937	68	55.6	1.0	6.90
44	1822	7021	71	47.6	0.5	9.34
45	1807	7017	67	64.4	0.0	4.37
46	1808	6964	50	47.7	1.0	6.46
47	1707	7052	46	67.1	0.5	5.52
48	1708	6609	58	71.8	2.0	5.42
49	1710	6599	53	46.7	-1.0	7.54
50	TEST	6616	44	60.2	0.5	5.47
51	1705	6452	55	68.6	4.0	6.87
52	1729	6932	58	56.6	0.0	4.75
53	1700	6588	53	67.2	4.5	5.00
54	1818	5198	71	88.2	8.5	3.57
55	1813	7033	50	64.9	0.0	6.75
56	1728	6556	40	51.5	-2.5	5.92
57	1811	6907	41	58.9	-0.5	5.05





ES ZEIGT SICH EIN BETRACHTLICHER RATENUNTERSCHIED VOM VORDEREN ZUM HINTEREN SANDWICHTEIL. IM HOMOGENEN BEREICH ZWISCHEN 39° UND 20° LIEGEN CA.90% ALLER BHABHA-EREIGNISSE! DARAUS FOLGT, DASS ES BEI DER EICHUNG NICHT BESONDERS WICHTIG IST, DEN GENAUEN EINSCHUSSORT ZU BERUECKSICHTIGEN. FERNER ZEIGT SICH AUFGRUND DER STARKEN ABHAENGIKKEIT DES  $\bar{\sigma}_n$ 'S VON  $1/E^2$  DASS DIE RATEN BEIM BETRIEB BEI PETRA SEHR GERING SEIN WERDEN. EINE EICHUNG WIRD TAGE IN ANSPRUCH NEHMEN.

6.3.2 BHABHAS IM ENDCAP-DETEKTOR

ZUR AUSWERTUNG WERDEN AUS DEN RUN'S (DATENSAMMLUNGEN BEI PLUTO), DIE BEI GLEICHER ENERGIE UND HOCHSPANNUNG GEMACHT WORDEN SIND, ALLE DIE EREIGNISSE, DIE ALS BHABHAS ERKANNT SIND (SPURENFORDERUNG DES INNENDETEKTORS), HERAUSGESUCHT UND DIE JEWEILIGE KANALLAGE DES SPEKTRENMAXIMUMS, GETRENNT FUER JEDEN SANDWICH, AUFGETRAGEN. ES WERDEN NUR SPUREN AKZEPTIERT, DIE MEHR ALS 90% DER STRAHLENERGIE IN EINEM SANDWICH DEPONIEREN. DADURCH WERDEN RANDEFFEKTE UNTERDRUECKT. DIE AUSWERTUNG DER PEAKLAGEN ERMOEGLICHT EINE FEINEINSTELLUNG DER HOCHSPANNUNG. DIE ENERGIEEICHUNG DER EINZELNEN SEGMENTE IST DANACH AUF CA.3% GENAU.

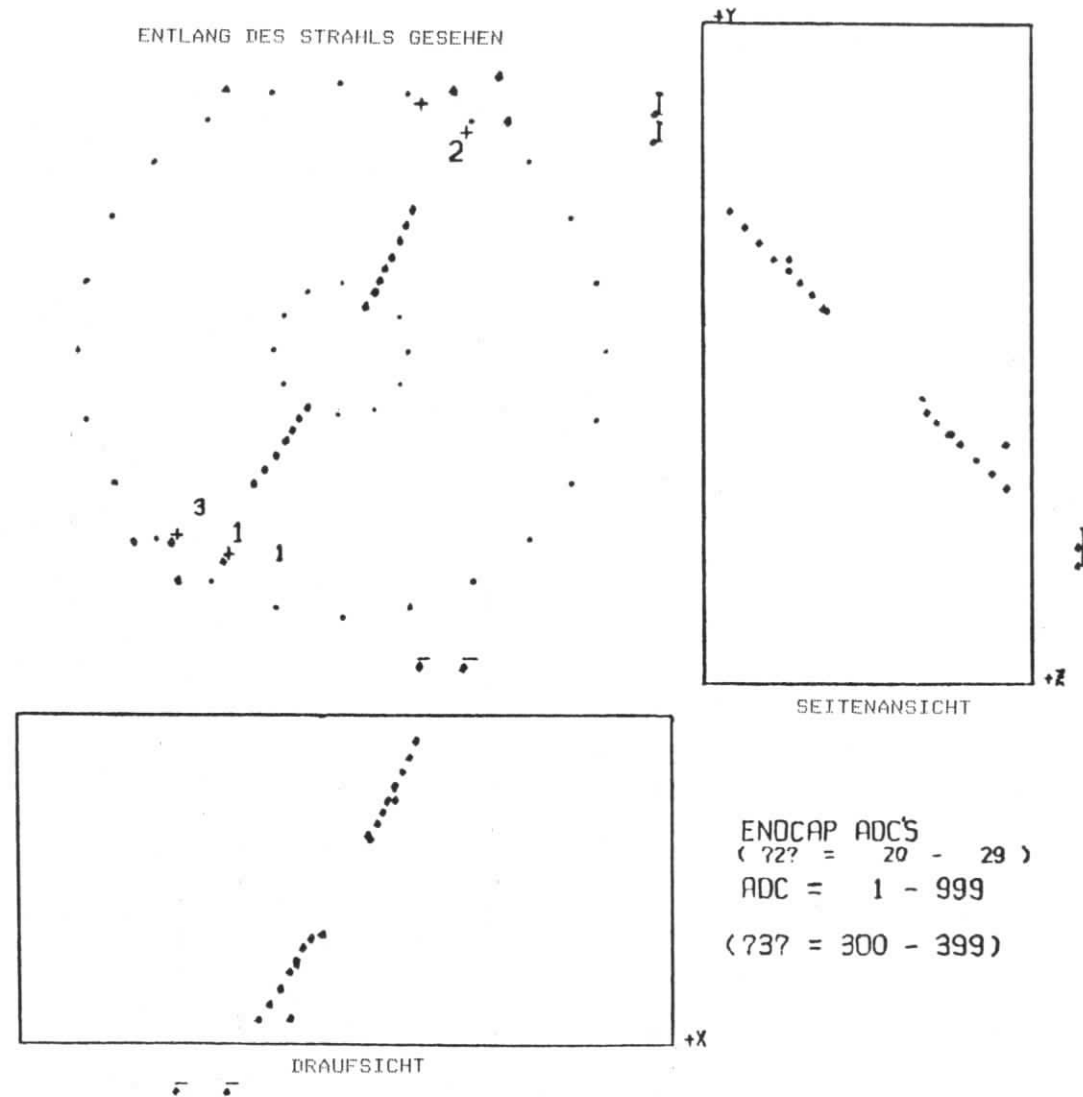


ABB:66: TYPISCHES BHABHA-EREIGNIS IM PLUTO MIT ANSPRECHEN DER ENDCAPZAEHLER

7.0.0 DER ENDCAP-DETEKTOR IM BETRIEB BEI DORIS

7.1.0 DIE ZEITLICHE STABILITAET DER ENDCAP-SCHAUERZAEHLER  
 IM RAHMEN DER DATENNAHME BEI PLUTO WURDEN VOR JEDEM PLUTO-  
 RUN EINIGE SONDEREREIGNISSE AUF BAND WEGGESCHRIEBEN.  
 DAZU GEHOERTEN DIE LED-PULSHOEHEN UND DIE HOEHE DER ADC-  
 PEDESTALS FUER JEDEN EINZELNEN ENDCAP-SANDWICH. HINZU KAM  
 NOCH EINE LAUFENDE UEBERWACHUNG DER EINGESTELLTEN HOCHSPAN-  
 NUNGEN FUER DIE PHOTOMULTIPLIER-ROEHREN.  
 EINE AUSWERTUNG DIESER SONDEREREIGNISSE, DARGESTELLT ALS  
 FUNKTION DER RUN-NUMMERN, IST IN ABB.67 UND ABB.68 FUER  
 DIE ZWEI DETEKTORHAELFTEN ANGEGBEN. ES SIND DAZU DIE MA-  
 XIMA DER LED-SPEKTREN VON JEWEILS 25 EINZELSANDWICHEN (OBE-  
 RE LINIE) IN EIN DIAGRAMM EINGETRAGEN WORDEN. DER SPRUNG  
 BEI RUN-NR. 16970 ZEIGT DIE STELLE AN DER NACH EINER HOCH-  
 SPANNUNGSANDEUERUNG (BESSERE ANPASSUNG AN DEN DORIS-BETRIEB)  
 DIE LED-PULSVERTIEILER WIEDER NEU EINGESTELLT WORDEN SIND.  
 DIE SOLLPULSHOEHE LIEGT HIER BEI KANAL 800. DIE LUECKEN  
 ZWISCHEN DEN EINZELNEN RUNS BERUHEN AUF DER TATSACHE, DASS  
 NICHT JEDER RUN REGULAER BEENDET WURDE UND SOMIT NICHT  
 IN DER AUFLISTUNG ERSCHEINT. DIE UNTERE LINIE ZEIGT  
 DIE GROESSE DER PEDESTALS MIT 10 MULTIPLIZIERT. SIE  
 SIND ALLE AUF WERTE VON 11 BIS 12 KANAELN EINGESTELLT  
 WORDEN, WAS DIE ABBILDUNGEN ALS MITTELWERT AUCH BESTAETIGEN.  
 DIE LED-PULSHOEHEN GEBEN GLEICHZEITIG EINEN EINDRUCK VON DER  
 STABILITAET DER HOCHSPANNUNG, DA DIE VERSTAERKUNG DER  
 ROEHREN, UND DAMIT AUCH DIE DES LED-LICHTS, STARK VON DIE-  
 SER ABHAENGEN.  
 INSGESAMT ZEIGT DAS SYSTEM EINE RECHT GUTE STABILITAET,  
 DIE GERINGFUEGIGEN FLUKTUATIONEN BERUHEN HAUPTSAECHLICH AUF

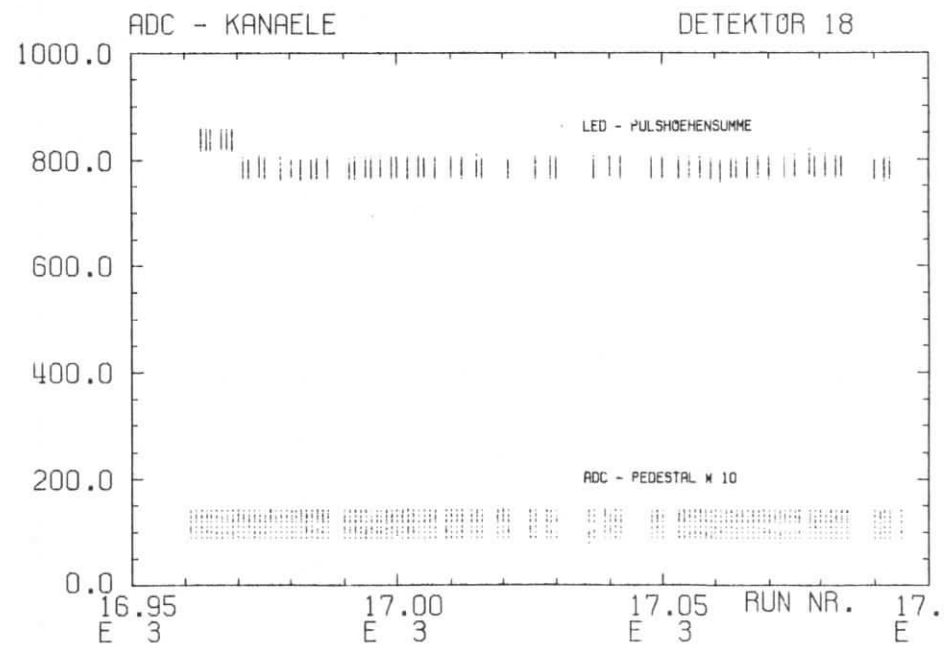
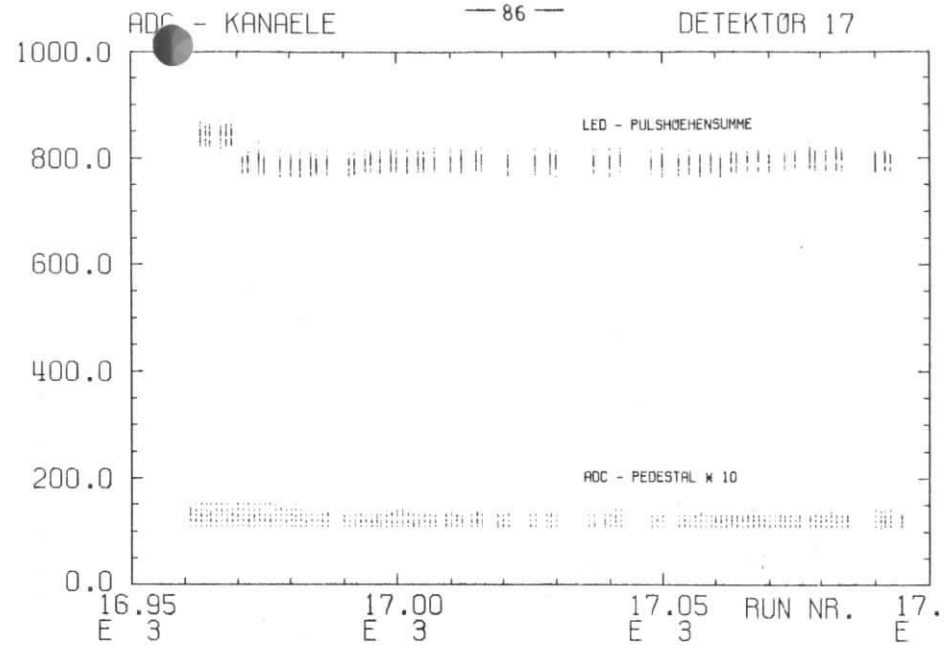


ABB.67,68: LANGZEITSTABILITAET DES ENDCAP-DETEKTORS



DIE ROLLE DER ENDCAP-SCHAUERZAEHLER BEI DER PLUTO-DATENNABME  
 NACHDEM DAS GANZE SYSTEM BEI PLUTO IMPLEMENTIERT WAR, WURDEN  
 VON MITTE APRIL BIS MAI 1978  $E^+$ - $E^-$ -REAKTIONEN BEI  
 SCHWERPUNKTSENERGIEN BIS 9,5 GEV UNTERSUCHT. ZIEL DER MESS-  
 PERIODE WAR ES, EINE IM SOMMER 1977 VON HERB U.A. [22]  
 GEFUNDENE RESONANZ ZU BESTAETIGEN. ALLE SCHAUERKOMPONENTEN  
 (ENDCAP UND BARREL) UEBERDECKEN ZUSAMMEN EINEN RAUMWINKEL  
 VON  $94\% \cdot 4\pi$ , D.H. ES WAR MOEGLICH, DEN DETEKTOR PLUTO AUCH  
 ALLEIN MIT DER FORDERUNG NACH AUSREICHENDER ENERGIE IN DEN  
 SCHAUERZAEHLERN ZU TRIGGERN. WECHSELWIRKUNGEN DES STRAHL  
 MIT DEM RESTGAS IM SPEICHERRING KOENNEN NUR ENERGIEN BIS  
 ZUR HAELFTE DER SCHWERPUNKTSENERGIE AUFWEISEN, WEIL IMMER  
 NUR EIN TEILCHEN, ELEKTRON ODER POSITRON, DARAN BETEILIGT  
 IST. MAN HATTE SO EINE EINFACHE UND SCHNELLE METHODE, BEI  
 DER DATENANALYSE DEN UNTERGRUND ZU SENKEN. MAN FORDERTE  
 DAZU IN DER ERSTEN 'OFF-LINE-ANALYSE' EINE DEPONIERT ENE-  
 RGIE VON MEHR ALS 2 GEV IN DEN SCHAUERZAEHLERN. DAMIT WURDE  
 WAEHREND DES ENERGIESCANS BEI DORIS EINE WIRKSAME EREIGNIS-  
 REDUKTION UND DAMIT EINE SCHNELLE RUECKKOPPLUNG DER  
 AUSWERTUNG AN DAS EXPERIMENT ERREICHT. DIE EXISTENZ DER  
 GESUCHTEN RESONANZ (YPSILON) WURDE BEI EINER ENERGIE VON  
 9,46 GEV BESTAETIGT [23].  
 GROSSE HILFE LEISTEN DIE ZAEHLER BEI DER PHOTON-ELEKTRON  
 IDENTIFIKATION UND BEI DER JET-ANALYSE. BEI JET-EREIGNISSEN  
 FOLGT DER IMPULS DER TEILCHEN EINER DADURCH DEFINIERTEN  
 ACHSE. ZUR BESTIMMUNG DER JET-ACHSE WIRD NEBEN DEN SPUREN  
 DER GELADENEN TEILCHEN IM INNENDETEKTOR AUCH INFORMATION  
 AUS DEN SCHAUERZAEHLERN HERANGEZOGEN. WICHTIGES ERGEBNISS  
 WAR DABEI DIE FESTSTELLUNG, DASS DIE NEUTRALE ENERGIE, WIE  
 ABB.70 ZEIGT, DER ENERGIE DER GELADENEN TEILCHEN FOLGT [24].  
 EINE ANDERE WICHTIGE AUFGABE FAELT DEN SCHAUERZAEHLERN  
 MIT DER UEBERWACHUNG DER LUMINOSITAET MIT HILFE VON BHABHA-  
 STREUUNG (VGL.6.3.1) ZU.

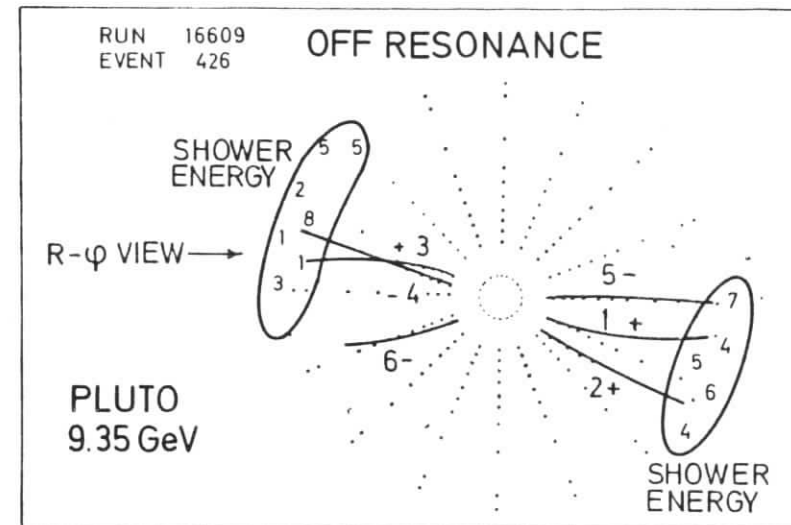
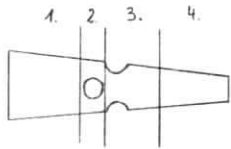


ABB.70: EIN TYPISCHES ZWEI JET EREIGNIS BEI EINER SCHWER-  
 PUNKTSENERGIE VON 9.35 GEV

8.0.0 ZUSAMMENFASSUNG  
=====

DER ENDCAP-DETEKTOR BESTEHT AUS 60 EINZELSCHAUERZAEHLERN, DIE ZU JE 15 IN 4 HALBSCHALEN ZUSAMMENGEFASST SIND. DIE EINZELSEGMENTE SIND ALS BLEI - SZINTILLATOR - SANDWICH AUSGEFUEHRT WORDEN. EINE BESONDERHEIT DES ZAEHLERS BESTEHT IN DER DURCHDRINGUNG DURCH 51 MM GROSSE RUNDLOECHER, DIE AUF GRUND VORGEGEBENER RANDBEDINGUNGEN (AUFNAHME DER BARREL-LICHTLEITER) ANGEBRACHT WERDEN MUSSTEN. DIE EIGENSCHAFTEN DER SCHAUERZAEHLER WURDEN IN UMFANGREICHEN TESTMESSUNGEN UNTERSUCHT.

HINSICHTLICH DER LICHTAUSBEUTE UND DES ENERGIEAUFLUESUNGS-VERMOEGENS ZEICHNEN SICH VIER GEBIETE AB (S. SKIZZE):



- 1. STARKER ABFALL DER LICHTAUSBEUTE, SCHLECHTE AUFLUESUNG (BEREICH DER UEBERLAPPUNG MIT DEN BARRELZAEHLERN)
- 2. GUTE LICHTAUSBEUTE, GUTE AUFLUESUNG ( $42\% * E^{-0.5}$ )
- 3. UEBERGANGSGEBIET IN DER LOECHERGEEND, ETWAS SCHLECHTERE AUFLUESUNG (LOECHER WERDEN VERSCHMIERT)
- 4. HALBE LICHTAUSBEUTE VON 2., GUTE AUFLUESUNG

DIE LICHTAUSBEUTE IST IM BEREICH  $0.4 \leq E \leq 4$  GEV LINEAR. BEI HOEHEREN ENERGIEN ZEIGEN SICH LEICHTE NICHTLINEARITÄTEN, DA DIE SCHAUERENERGIE NICHT MEHR HINREICHEND ABSORBIERT WIRD.

DIE ENERGIEAUFLUESUNG (MIT MATERIESIMULATION VOR DEM DETEKTOR) ERGIBT:

AM ORT B  $\Delta E/E = 45.5\% * E(\text{GEV})^{*-0.55}$

AM ORT C  $\Delta E/E = 41.9\% * E(\text{GEV})^{*-0.53}$

BEI EINER MULTIPLIERTHOCHSPANNUNG VON  $U=1500V$  KANN MIT HILFE DES EINGEBAUTEN DISKRIMINATORS FUER EINE ENERGIE VON 200 MEV EINE EFFICIENCY VON CA. 95% AN JEDEM ORT DES DETEKTORS ERREICHT WERDEN (MIT MATERIESIMULATION). BEIM BETRIEB DES GESAMTSYSTEMS BEI DORIS ZEIGTEN DIE ENDCAP-SCHAUERZAEHLER EINE GUTE LANGZEITSTABILITAET.

9.0.0 ANHANG

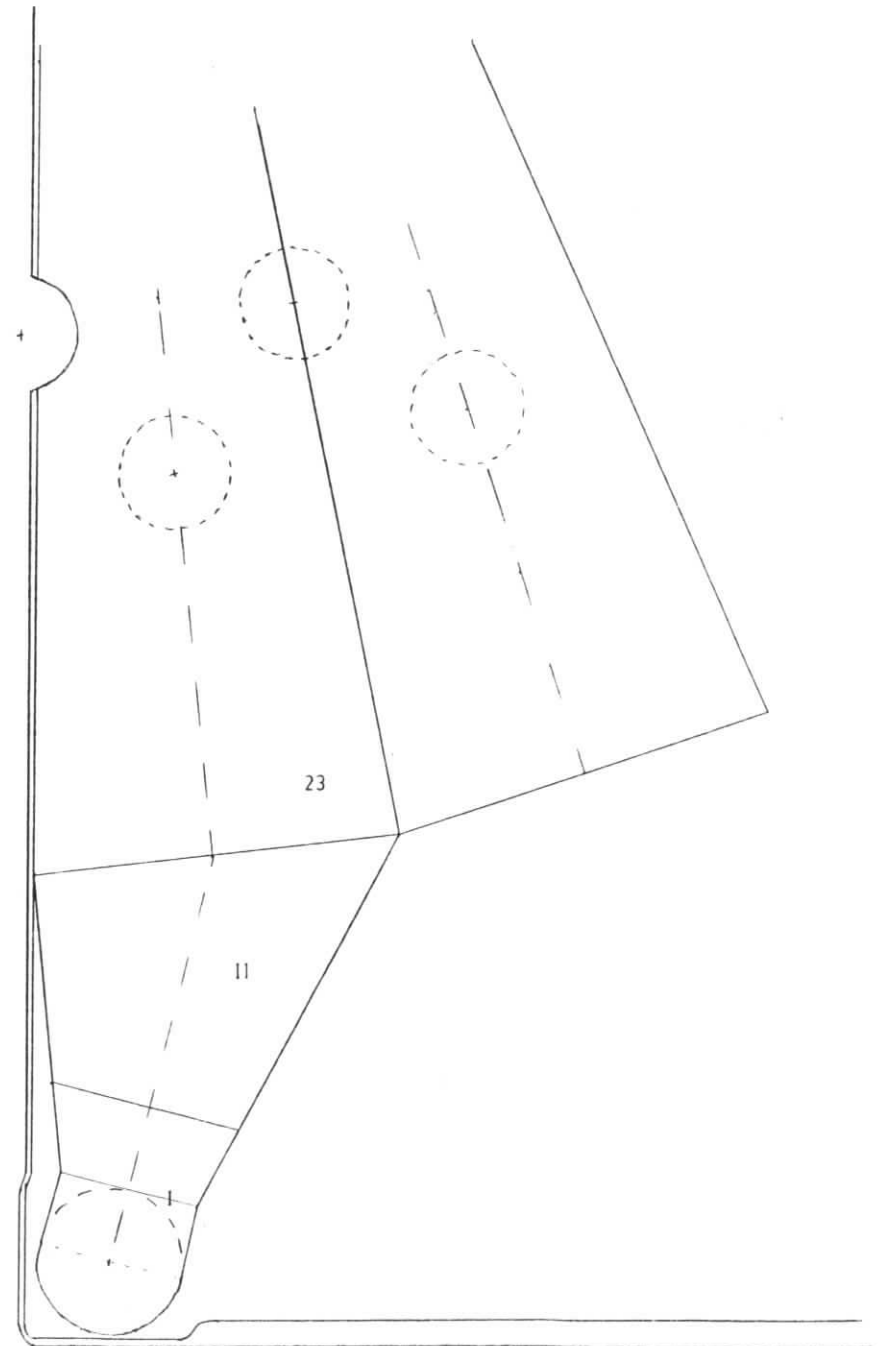
=====

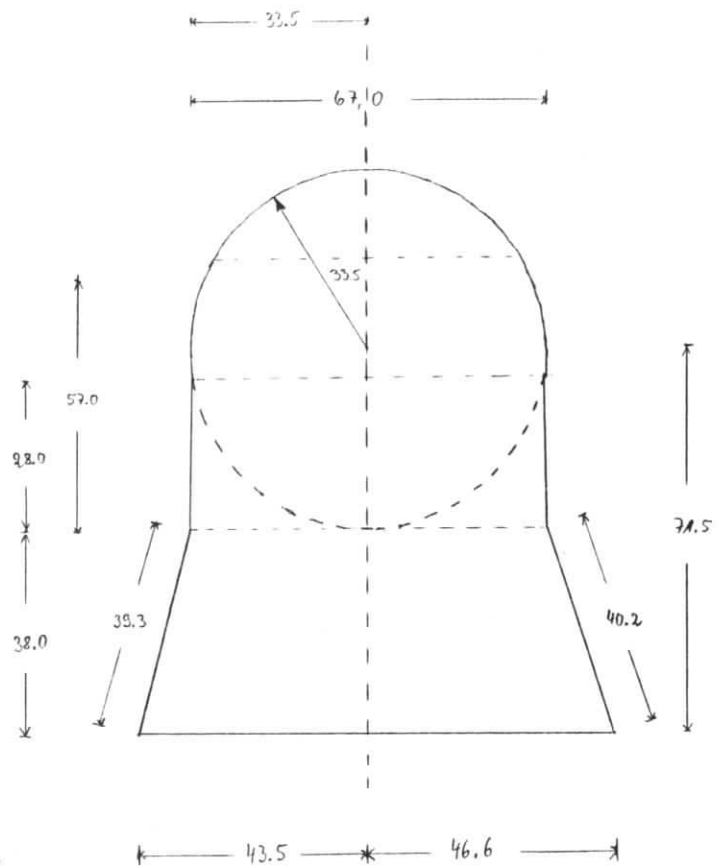
9.1.0 ABMESSUNGEN DER LICHTLEITERKOEPFEN (SONDERFERTIGUNGEN)

-----  
AUF DEN FOLGENDEN SEITEN SIND ABBILDUNGEN DER SONDERFERTIGUNGEN VON LICHTLEITERKOEPFEN DARGESTELLT.

LICHTLEITERKOPF NR. 23

UEBERSICHT

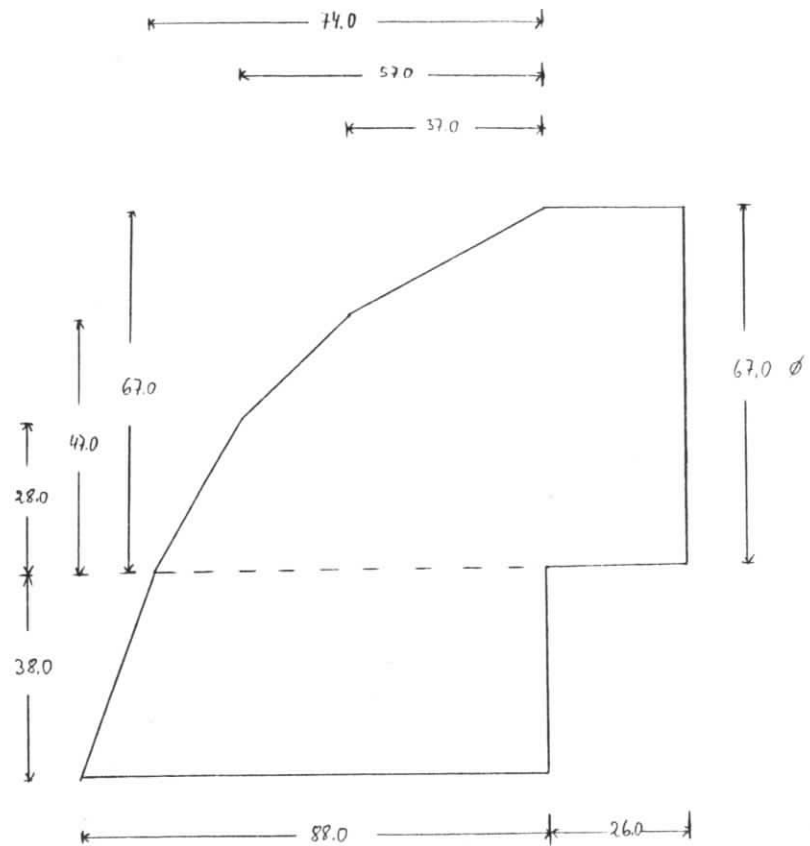




LICHTLEITERKOPF NR. 22,23 TEIL I

MASSTAB: 1 : 1

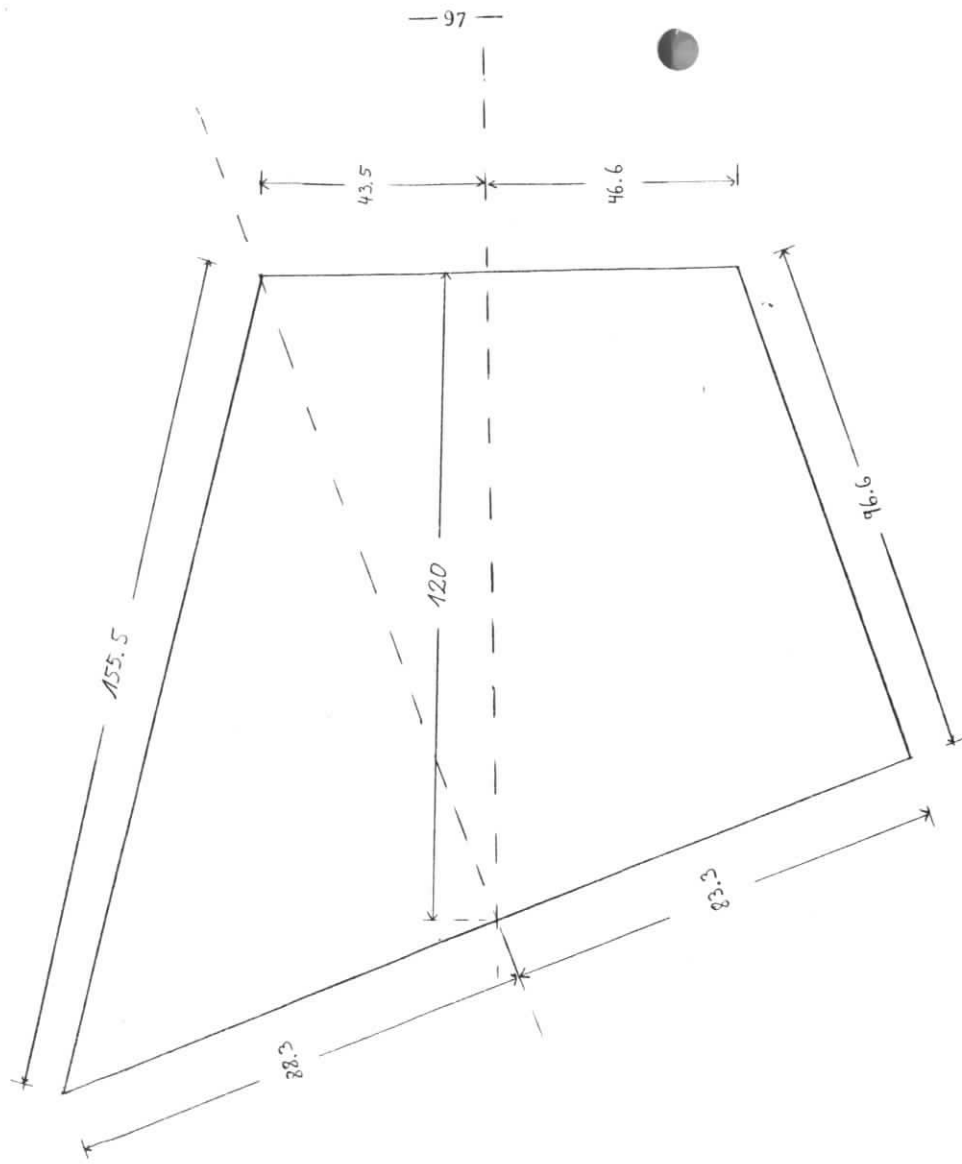
MATERIAL: FLEXI 233



LICHTLEITERKOPF NR.22 23 TEIL I

MASSTAB: 1 : 1

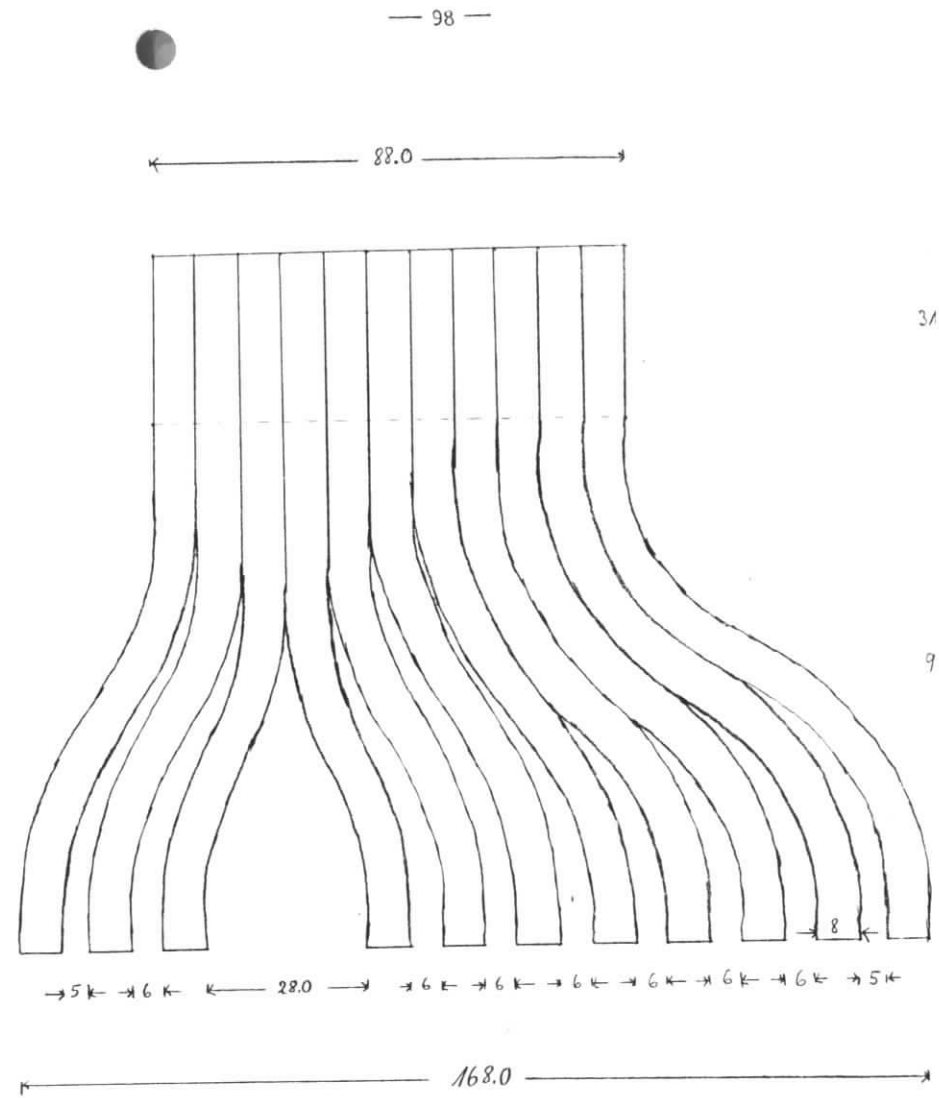




LICHTLEITERKOPF NR.22,23 TEIL II

MASSTAB: 1 : 1

MATERIAL: FLEXI 233



LICHTLEITERKOPF NR.22,23 TEIL II

MASSTAB: 1 : 1

LITERATURVERZEICHNIS

=====

- 1) PLUTO COLLABORATION J.BURMESTER ET AL. PHYS.LETTERS 66 B  
(1977) P.395  
A.BAECKER DISSERTATION, INTERNER BERICHT DESY F33-77/03  
(DEZ.77)
- 2) H.M.JENSING TEST EINES SCHAUERZAEHLERS FUER DEN MAGNETI-  
SCHEN DETEKTOR PLUTO DIPLOM-ARBEIT (HH-1977)
- 3) BRUNO ROSSI HIGH ENERGY-PARTICLES (1956) PRENTICE-HALL  
D.C. ALLKOFER TEILCHENDETEKTOREN (1971) THIEMIG-TB BD.41
- 4) S.L. STONE ET AL. CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC SCHOWER  
SAMPLING COUNTERS PREPRINT UR-638 ROCHESTER N.Y.
- 5) W.J. WILLIS UND V.RADEKA NUCL.INSTR. AND METH. 120 (1974)  
P.221  
J. ENGLER ET AL. NUCL.INSTR. AND METH. 120 (1974) P.157
- 6) J.A. APPEL ET AL. NUCL.INSTR. AND METH. 127 (1975) P.495  
J.S. BEALE ET AL. NUCL.INSTR. AND METH. 117 (1974) P.501
- 7) POSITRON-ELEKTRON-TANDEM-RINGBESCHLEUNIGUNGSANLAGE (PETRA)  
DESY HAMBURG
- 8) A. NAVARRO MASSE UND POSITIONEN DER ENDCAPZAEHLER VON PLUTO  
INTERNER BERICHT DESY F14-78/02 (JAN.78)
- 9) H.KAPITZA TESTMESSUNG AN DER ENDCAP-ORTSKAMMER (JULI 1978)
- 10) SCHAUERSIMULATIONSPROGRAMM: VON PROF.DR.E.LOHRMANN ZUR VER-  
FUEGUNG GESTELLT (SIEHE REF.2)
- 11) RECHNUNGEN WURDEN DURCHGEFUEHRT VON R.V. STAA
- 12) NUCLEAR ENTERPRISE SCINTILLATOR-CATALOGUE 1973
- 13) HERSTELLER: INSTITUT DR. FOERSTER, REUTLINGEN
- 14) VALVO TECHNISCHE INFORMATIONEN FUER DIE INDUSTRIE TI 118 (75)
- 15) U. KNOFF MEMO VOM 27.10.77
- 16) VALVO-HANDBUCH FOTOVERVIELFACHER 1975-76
- 17) ENTWICKELT VON K.GESKE UND R.V. STAA
- 18) H. SPITZER PRIVATE MITTEILUNG

- 19) H. SPITZER MATERIEVERTEILUNG VOR DEN ENDCAPZAEHLERN DEZ.77  
(UNVEROEFFENTLICHT)
- 20) J.D.BJORKEN, S.D.DRELL REL. QUANTENMECHANIK BI 98/98A (1966)
- 21) DIE RECHNUNGEN WURDEN DURCHGEFUEHRT VON PROF.H. SPITZER
- 22) S.W. HERB ET AL. ,PHYS. REV.LETTERS 39 (1977) P.252  
W.R. INNES ET AL. , PHYS.REV.LETTERS 39 (1977) P.1240
- 23) PLUTO COLLABOTATION CH. BERGER ET AL. DESY 78/21 (MAI 78)
- 24) PLUTO COLLABORATION CH. BERGER ET AL. DESY 78/39 (AUG.78)  
G. FLUEGGE PARTICLE SPECTROSCOPY DESY 78/55 (1978)

DANKSAGUNG

=====

DIE VORLIEGENDE ARBEIT ENTSTAND IM RAHMEN DER PLUTO-KOLLABORATION.

FUER DIE BETREUUNG DIESER ARBEIT UND DIE ZAHLREICHEN KRITISCHEN DISKUSSIONEN DANKE ICH HERRN PROF. DR. H. SPITZER!

GANZ BESONDEREN DANK SCHULDE ICH DER GRUPPE TEB DES II. INSTITUTS FUER EXPERIMENTALPHYSIK DER UNIVERSITAET HAMBURG, INSBESONDERE MOECHTE ICH MICH BEI HERRN DR. VAN STAA UND HERRN DR. MASCHUW FUER DIE MIR ZUTEIL GEWORDENE UNTERSTUETZUNG BEDANKEN.

EBENSO MOECHTE ICH ALLEN MITGLIEDERN VON F14 UND DER UEBRIGEN PLUTO-GRUPPE FUER DIE GUTE ZUSAMMENARBEIT DANKEN.

HERZLICHEN DANK AUCH AN HERRN RIEGE, DER MIR ZUR ERSTELLUNG DIESER ARBEIT DEN INSTITUTS-RECHNER ZUR VERFUEGUNG GESTELLT HAT.

ICH VERSICHERE, DIESE ARBEIT SELBSTAENDIG UNTER VERWENDUNG DER ANGEGEBENEN QUELLEN ANGEFERTIGT ZU HABEN.

HAMBURG, DEN

