# Entwicklung und Bau

# eines großen TPC-Prototyps für den ILC







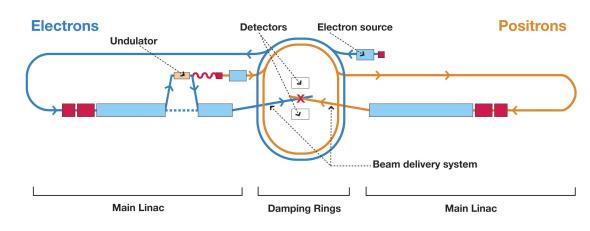


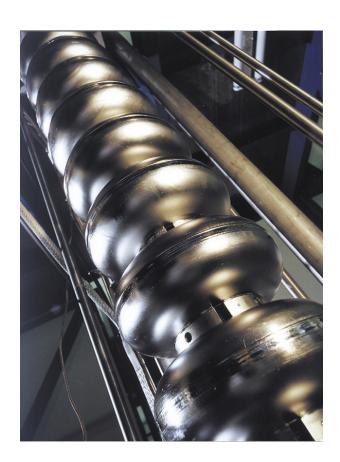
DESY FLC TPC Gruppe, Peter Schade

### Internationaler Linear Beschleuniger

- $\circ e^+ e^-$  Collider
  - $\hookrightarrow \sqrt{s} = 500 \, \mathrm{GeV}$  (Erweiterung auf  $1 \, \mathrm{TeV}$  geplant)
  - $\hookrightarrow$  Luminosität  $> 10^{34} \, \mathrm{cm}^{-2} \mathrm{s}^{-1}$
- o Vorteile:

  - - → Produktionsschwellen
  - $\hookrightarrow$  polarisierte Strahlen
- $\circ$  andere Optionen:  $e^-e^-, e\gamma, \gamma\gamma$
- o perfekte Ergänzung zum LHC





# Detektorkonzepte

- o 3 Detektorkonzepte in der Entwicklung:
  - $\hookrightarrow$  ILD
  - $\,\hookrightarrow\, SiD$
  - $\hookrightarrow 4^{th}$ -concept

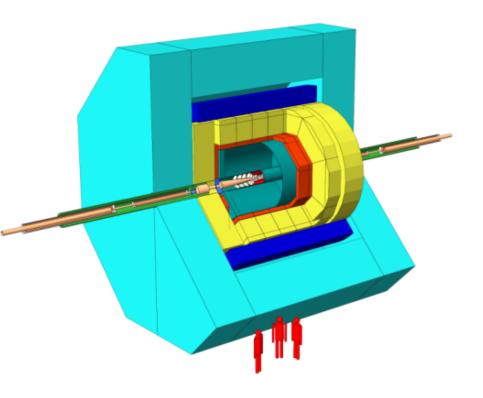
### Detektorkonzepte

- 3 Detektorkonzepte in der Entwicklung:
  - $\hookrightarrow$  ILD
  - $\hookrightarrow$  SiD
  - $\hookrightarrow 4^{th}$ -concept

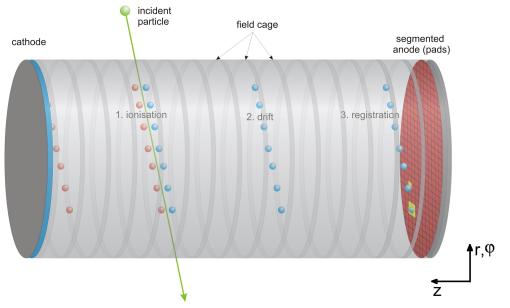
#### International Large Detector Concept:

- $\circ$  supraleitender Magnet mit  $4\,\mathrm{T}$
- fein segmentierte Kalorimeter (innerhalb der Spule)
- o präziser Mikrovertexdetektor
- Zeit-Projektions-Kammer (TPC) als zentraler Spurdetektor
  - $\hookrightarrow 1.2 \times 10^6$  Kanäle

  - $\hookrightarrow$  geplante Präzision:
    - $\star \Delta(1/p) = 5 \times 10^{-5} \, (\text{GeV/c})^{-1}$
    - $\star$  dE/dx Auflösung: 5~%
    - $\star$  Punktauflösung:  $< 100 \, \mu \mathrm{m}$

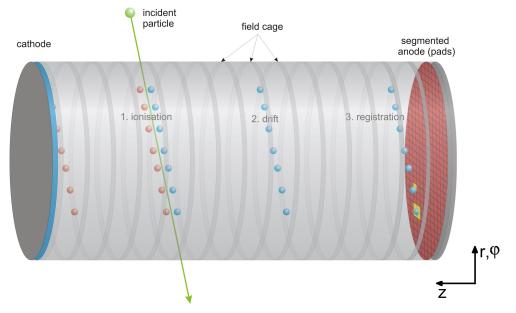


# Zeit-Projektions-Kammer (TPC)



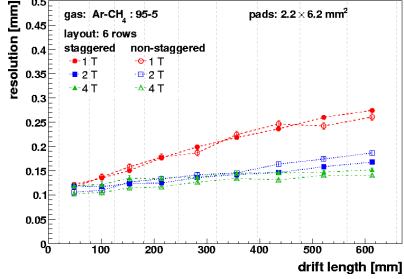
- o Gas-Spurdetektor:
  - → durchlaufende Teilchen ionisieren das Detektorgas
  - $\hookrightarrow$  internes  $\vec{E}$  Feld separiert Elektronen und Ionen
  - - → Signalverstärkung

# Zeit-Projektions-Kammer (TPC)



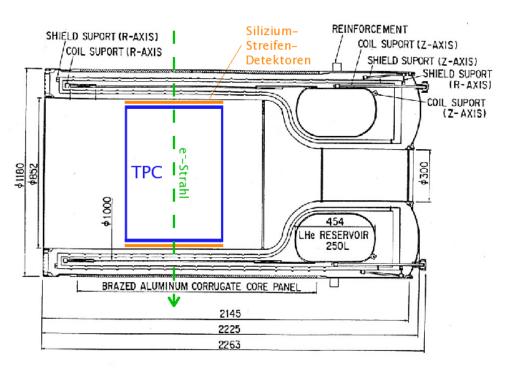
- o Gas-Spurdetektor:
  - durchlaufende Teilchen ionisieren das Detektorgas
  - $\hookrightarrow$  internes  $\vec{E}$  Feld separiert Elektronen und Ionen
  - - $\rightarrow$  Signalverstärkung





MediTPC

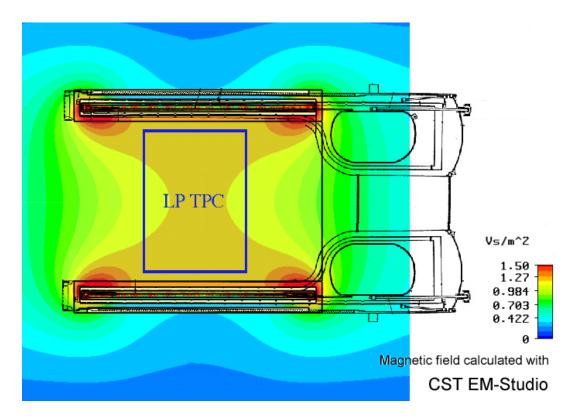
### **Geplanter Teststand am DESY**



BALLOON-BORNE EXPERIMENT WITH A SUPERCONDUCTION MAGNET SPECTROMETER, Akira Yamamoto, KEK, 01.12.94

- Aufbau im Rahmen des EUDET Programms
- o PCMAG wurde im Dezember 2006 im Elektronenteststrahl am DESY aufgestellt
- $\circ$  Großer TPC-Prototyp:  $60~\mathrm{cm}$  langes Driftvolumen,  $72~\mathrm{cm}$  innerer Durchmesser

### **Geplanter Teststand am DESY**



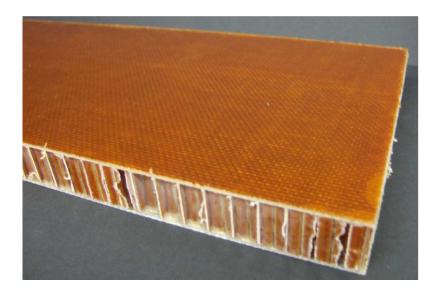
- Aufbau im Rahmen des EUDET Programms
- o PCMAG wurde im Dezember 2006 im Elektronenteststrahl am DESY aufgestellt
- $\circ$  Großer TPC-Prototyp:  $60~\mathrm{cm}$  langes Driftvolumen,  $72~\mathrm{cm}$  innerer Durchmesser
  - unter anderem Studien für den Betrieb einer TPC im inhomogenen Magnetfeld

# Anforderungen an die Kammer

- $\circ$  Betrieb im Elektronenteststrahl  $\to$  Materialbelegung der Wände möglichst gering (weniger als  $2\,\%$  einer Strahlungslänge)
- $\circ$  Homogenität des elektrischen Driftfeldes  $^{\Delta E}\!/_{E} < 10^{-4}$

## Anforderungen an die Kammer

- $\circ$  Betrieb im Elektronenteststrahl  $\to$  Materialbelegung der Wände möglichst gering (weniger als  $2\,\%$  einer Strahlungslänge)
- $\circ$  Homogenität des elektrischen Driftfeldes  $^{\Delta E}\!/_{E} < 10^{-4}$ 
  - → Struktur aus Kompositmaterialien

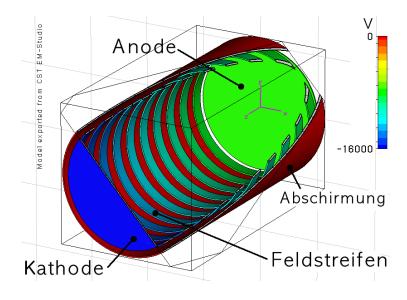


### Anforderungen an die Kammer

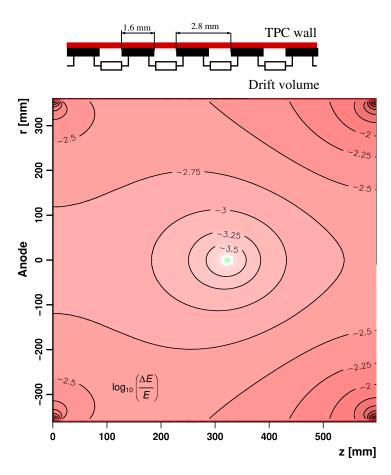
- $\circ$  Betrieb im Elektronenteststrahl  $\to$  Materialbelegung der Wände möglichst gering (weniger als  $2\,\%$  einer Strahlungslänge)
- $\circ$  Homogenität des elektrischen Driftfeldes  $^{\Delta E}\!/_{E} < 10^{-4}$ 
  - $\rightarrow \, \mathsf{Struktur} \,\, \mathsf{aus} \,\, \mathsf{Kompositmaterialien}$



#### → Elektrostatische Rechnungen

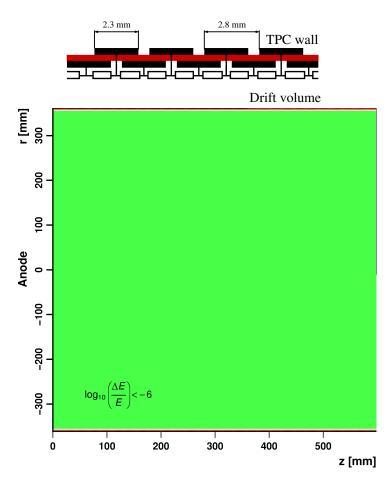


# Elektrostatischen Rechnungen



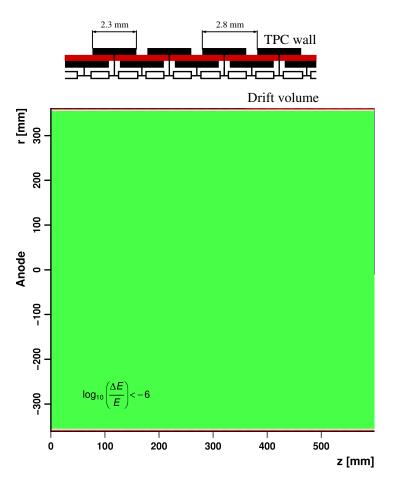
o einzelne Lage Feldstreifen nicht ausreichend

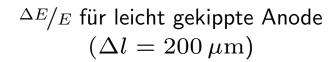
### Elektrostatischen Rechnungen

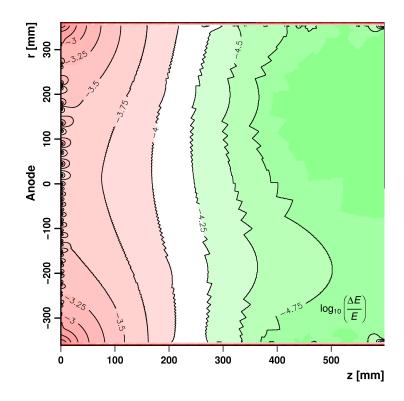


- o einzelne Lage Feldstreifen nicht ausreichend
  - $\hookrightarrow$  Feld- und Spiegelstreifen nötig

## Elektrostatischen Rechnungen

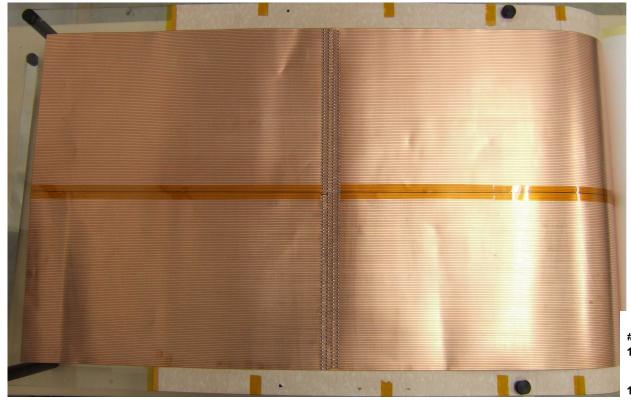






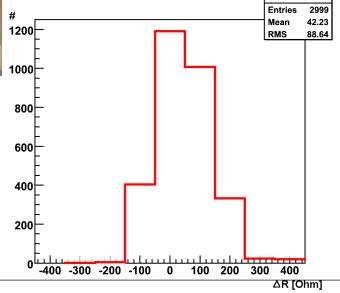
- o einzelne Lage Feldstreifen nicht ausreichend
- $\circ$  Abweichungen der Parallelität von Anode zur Kathode kleiner  $200\,\mu\mathrm{m}$

#### Feldstreifenfolie

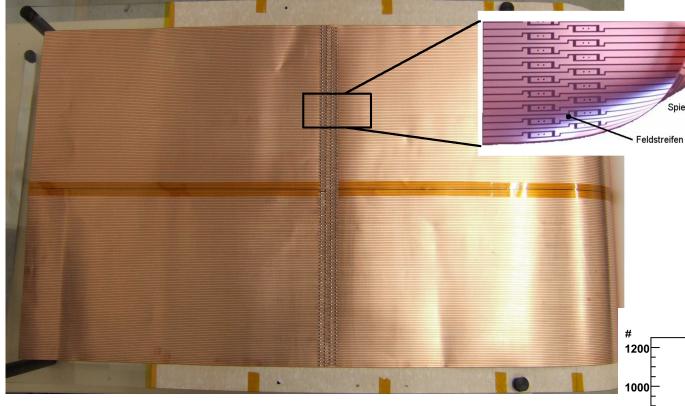




- $\hookrightarrow$  aus zwei  $30\,\mathrm{cm}$  breiten Streifen kombiniert
- $\circ$  SMD-Widerstände:  $1\,\mathrm{M}\Omega\pm0.05\,\%$  sortiert
  - $\hookrightarrow$  Folie mit  $1\,\mathrm{M}\Omega\pm0.02\,\%$  Widerständen bestückt

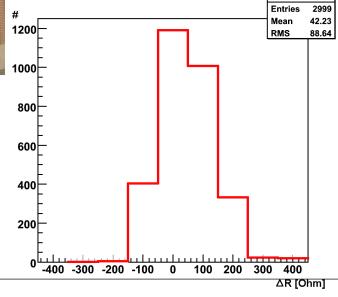


#### Feldstreifenfolie



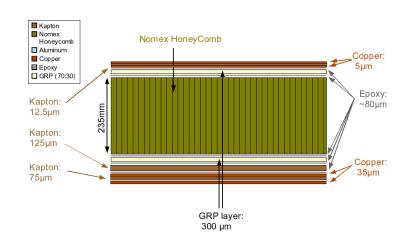


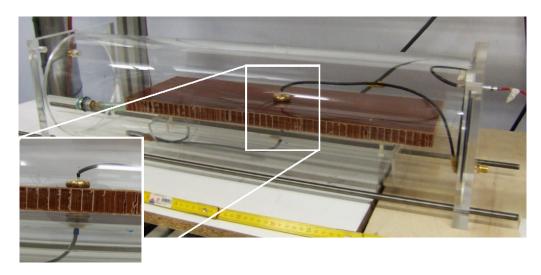
- $\hookrightarrow$  aus zwei  $30\,\mathrm{cm}$  breiten Streifen kombiniert
- $\circ$  SMD-Widerstände:  $1\,\mathrm{M}\Omega\pm0.05\,\%$  sortiert
  - $\hookrightarrow$  Folie mit  $1\,\mathrm{M}\Omega\pm0.02\,\%$  Widerständen bestückt

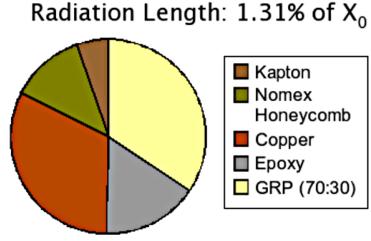


#### Probestücke der Wand

- verschiedene Querschnitte der Wand anhand von Probestücken untersucht
  - $\hookrightarrow \ \ \text{Hochspannungstests bis} \ 30 \ kV$ 
    - $\rightarrow$  kein Durchbruch während  $48 \, \mathrm{h}$
  - - → 4-Punkt Biegeversuch
- $\circ$  endgültiges Layout hat  $1.3\,\%$  einer Strahlungslänge

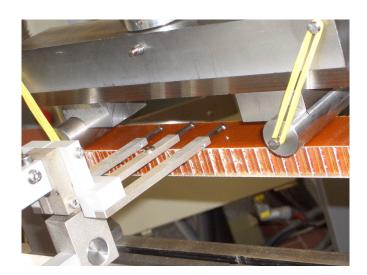


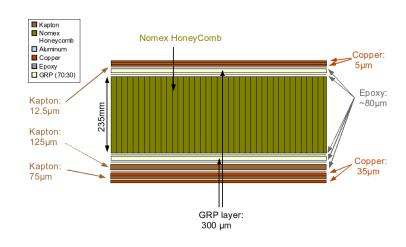


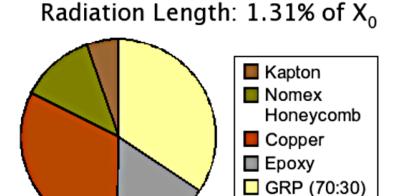


#### Probestücke der Wand

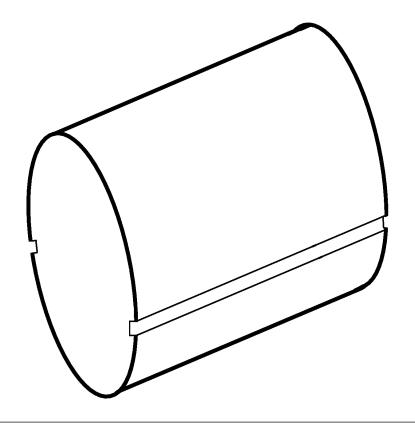
- verschiedene Querschnitte der Wand anhand von Probestücken untersucht
  - $\hookrightarrow \ \ \text{Hochspannungstests bis} \ 30 \ kV$ 
    - $\rightarrow$  kein Durchbruch während  $48\,h$
  - - → 4-Punkt Biegeversuch
- $\circ$  endgültiges Layout hat  $1.3\,\%$  einer Strahlungslänge





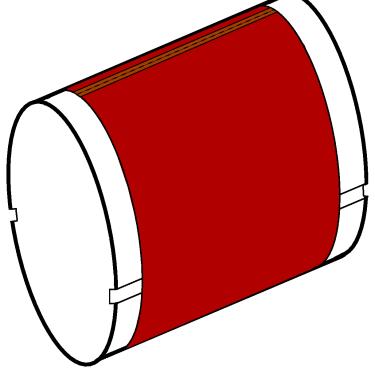


- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut

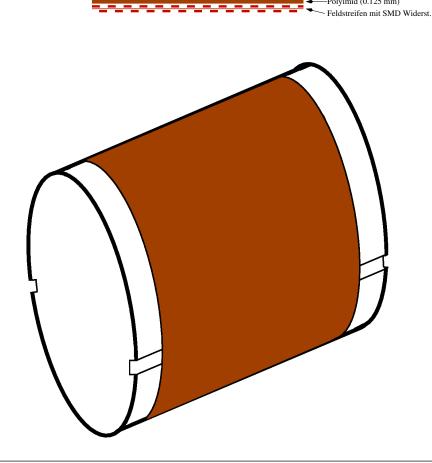


- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut



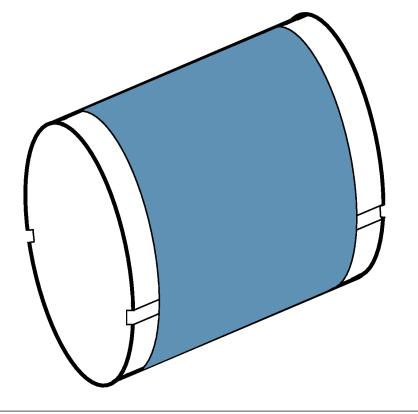


- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie

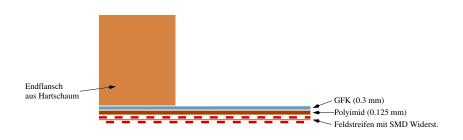


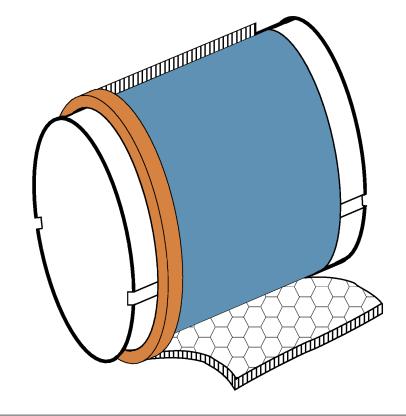
- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu \mathrm{m}$  stark)



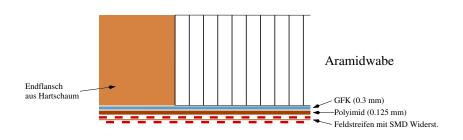


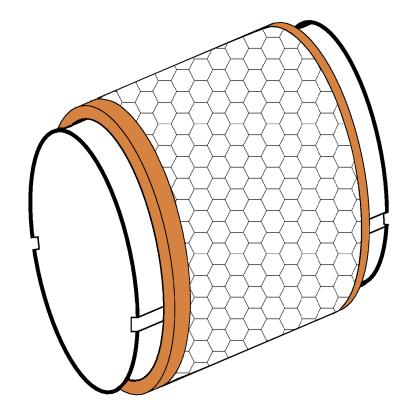
- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu \mathrm{m}$  stark)



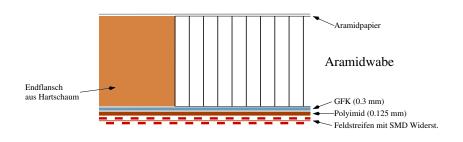


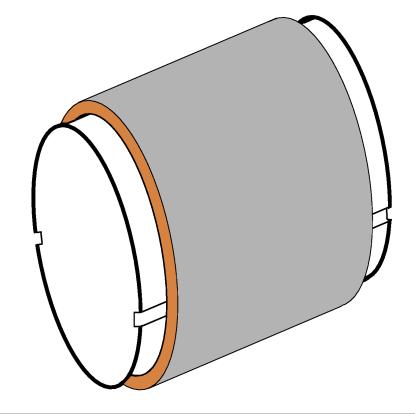
- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu \mathrm{m}$  stark)





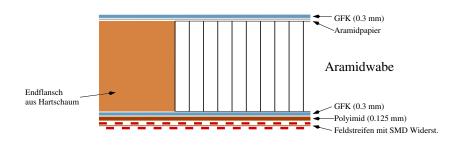
- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu m$  stark)
  - → Aramidwabe (überexpandiert)und Endflansche aus Hartschaum

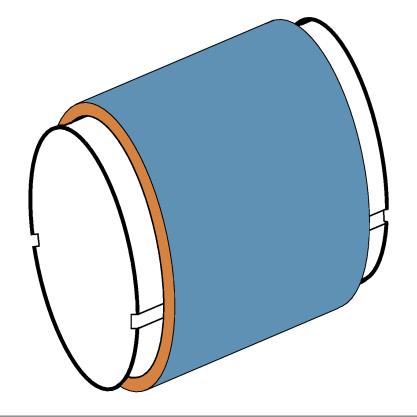




- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu m$  stark)

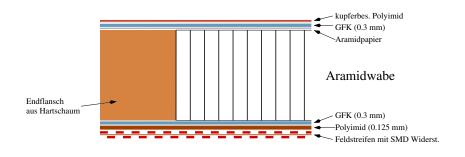
  - $\hookrightarrow$  äußere GFK-Lage (300  $\mu\mathrm{m}$  stark)

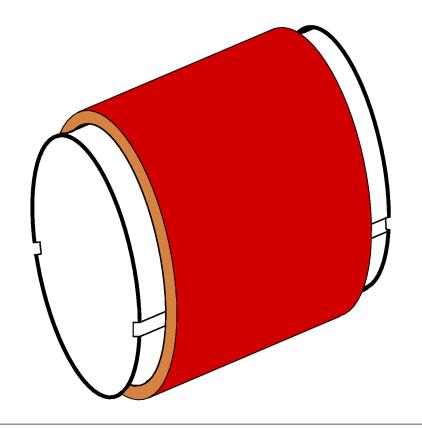




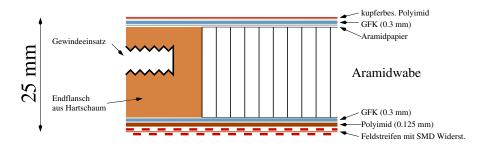
- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu m$  stark)
  - → Aramidwabe (überexpandiert)und Endflansche aus Hartschaum

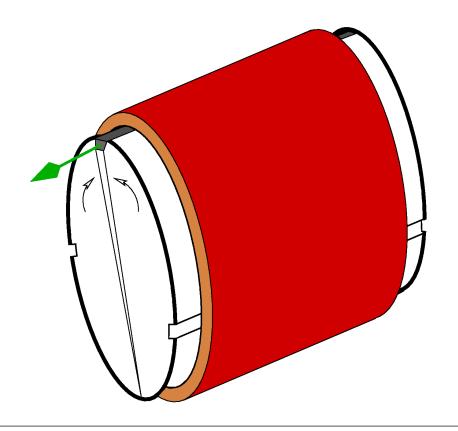
  - $\hookrightarrow$  äußere GFK-Lage (300  $\mu\mathrm{m}$  stark)





- bestückte Feldstreifenfolie wird als erste Lage verbaut
- o nacheinander werden auflaminiert:
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungsisolierung:  $125\,\mu\mathrm{m}$  starke Polyimid-Folie
  - $\hookrightarrow$  innere GFK-Lage (300  $\mu m$  stark)
  - → Aramidwabe (überexpandiert)und Endflansche aus Hartschaum
  - $\hookrightarrow$  dünne zusätzliche Aramidlage
  - $\hookrightarrow$  äußere GFK-Lage (300  $\mu\mathrm{m}$  stark)
  - ⇒ äußere Abschirmung (kupferbeschichtetes Polyimid)
- Form besteht aus zwei Teilen





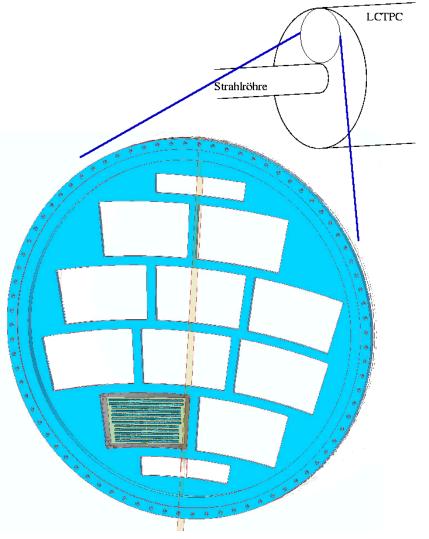
#### Kathode und Anode

- o eine erste Kathode ist in Bau

  - → Parallelität zur Anode justierbar
- eine Anodenendplatte wird in der LCTPC-Kollaboration konstruiert



A. Ishikawa, Study of the GEM TPC PrePr LCWS 07 at DESY



### **Zusammenfassung und Ausblick**

- Großer TPC-Prototyp für den ILC als Teil einer EUDET Infrastruktur
- Bau der Kammer in Kürze:
- o parallel wird eine Kathode konstruiert
- Inbetriebnahme der Kammer ab April
  - $\hookrightarrow$  Hochspannungstests
  - Gasdichtigkeitstests
- o eine erste Anodenendplatte wird an der Universität von Cornell hergestellt
- o erste Messungen im Teststrahl ab September 08