



**DPG-Frühjahrstagung  
Hadronen und Kerne, HK 25  
Darmstadt 2008**

# **Design-Studien für den *PANDA* Mikro-Vertex-Detektor (MVD)**

\* unterstützt von der EU unter Dirac FP6 und dem BMBF

Thomas Würschig

Kai-Thomas Brinkmann, René Jäkel, Ralf Kliemt, Felix Krüger,  
Robert Schnell, Hans-Georg Zaunick

Institut für Kern- und Teilchenphysik, TU Dresden



- Erstellung des Detektor-Designs für den *PANDA*-Mikro-Vertex-Detektor
  - ♦ Berücksichtigung der physikalischen Anforderungen und Vorgaben
  - ♦ Beachtung der spezifischen Messbedingungen
  - ♦ Gewährleistung der technischen Realisierbarkeit
  - ♦ Ableitung des Sensor-Designs für die Prototypen-Entwicklung der Silizium-Streifen-Detektoren

# Einleitung



- *PANDA*-Experiment

- Fixed-Target-Experiment

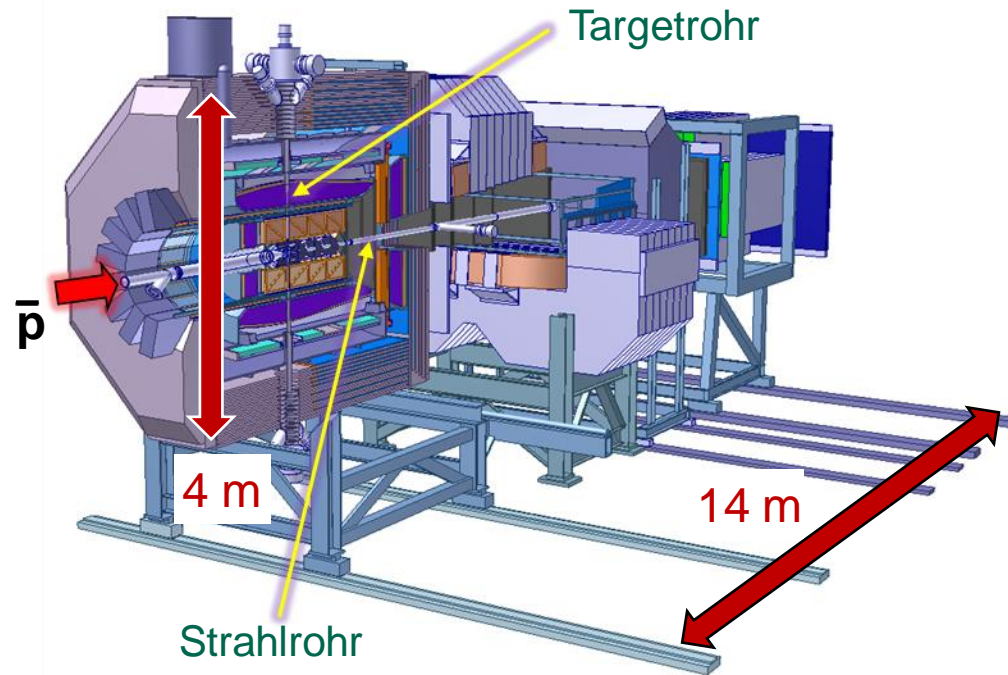
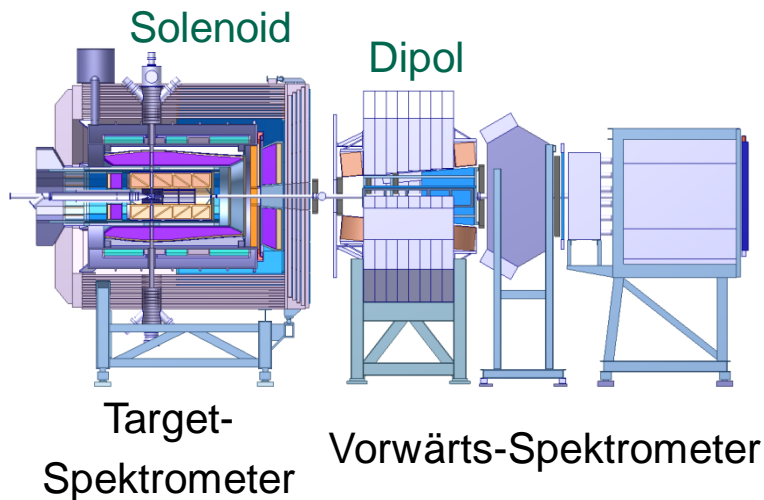
- Strahl: Antiprotonen ( $\bar{p}$ )

- Target: Wasserstoff  
Schwere Kerne

Luminosität:  $\leq 2 \cdot 10^{32} / \text{cm}^2 \text{ s}$

Ereignisrate:  $\leq 10^7 / \text{s}$

Strahlimpuls: (2 ... 15) GeV / c





- *PANDA*-Mikro-Vertex-Detektor

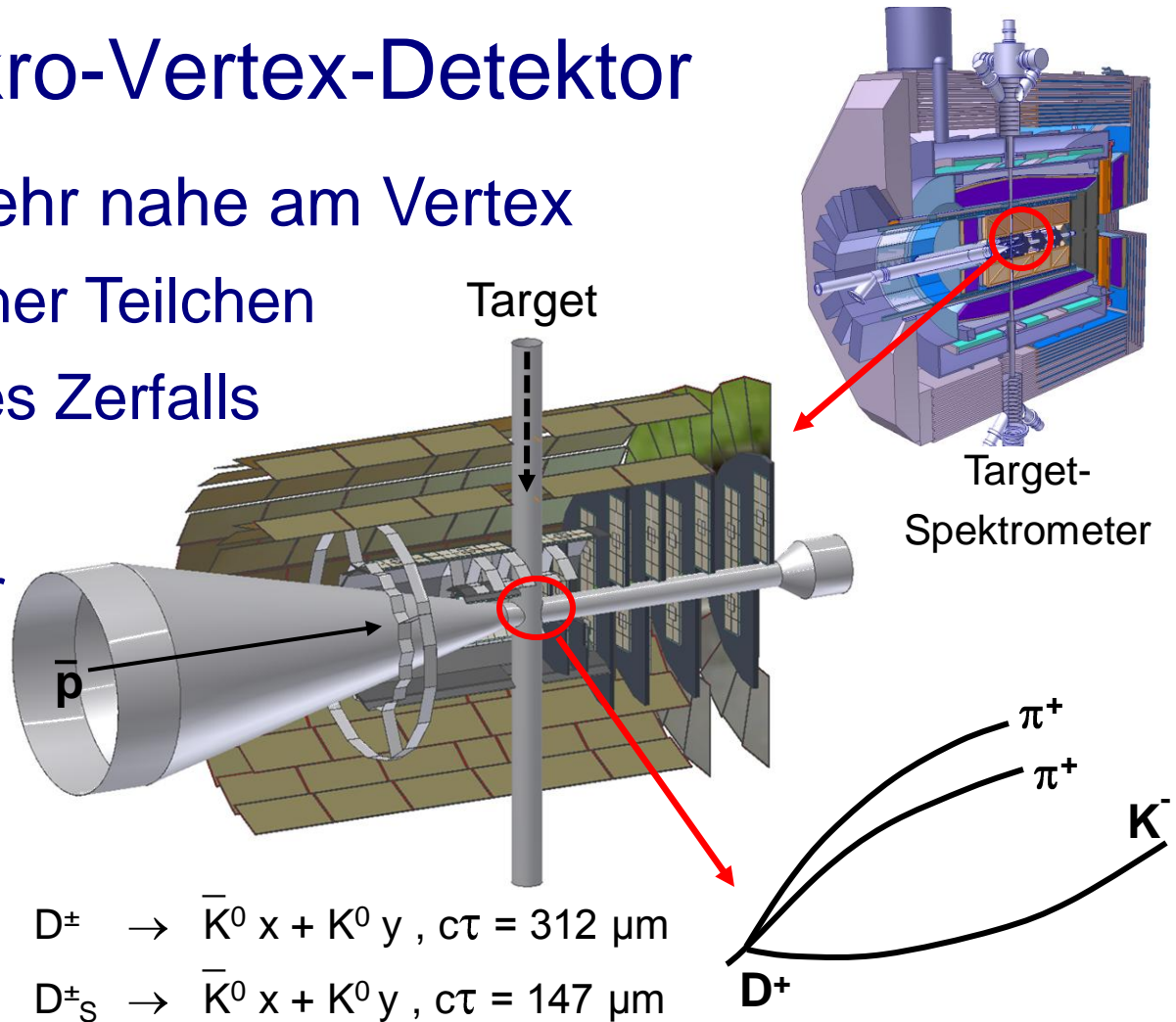
- Spurerkennung sehr nahe am Vertex

- Nachweis geladener Teilchen

- Rekonstruktion des Zerfalls

von Mesonen mit  
Charm-Inhalt oder  
Strangeness

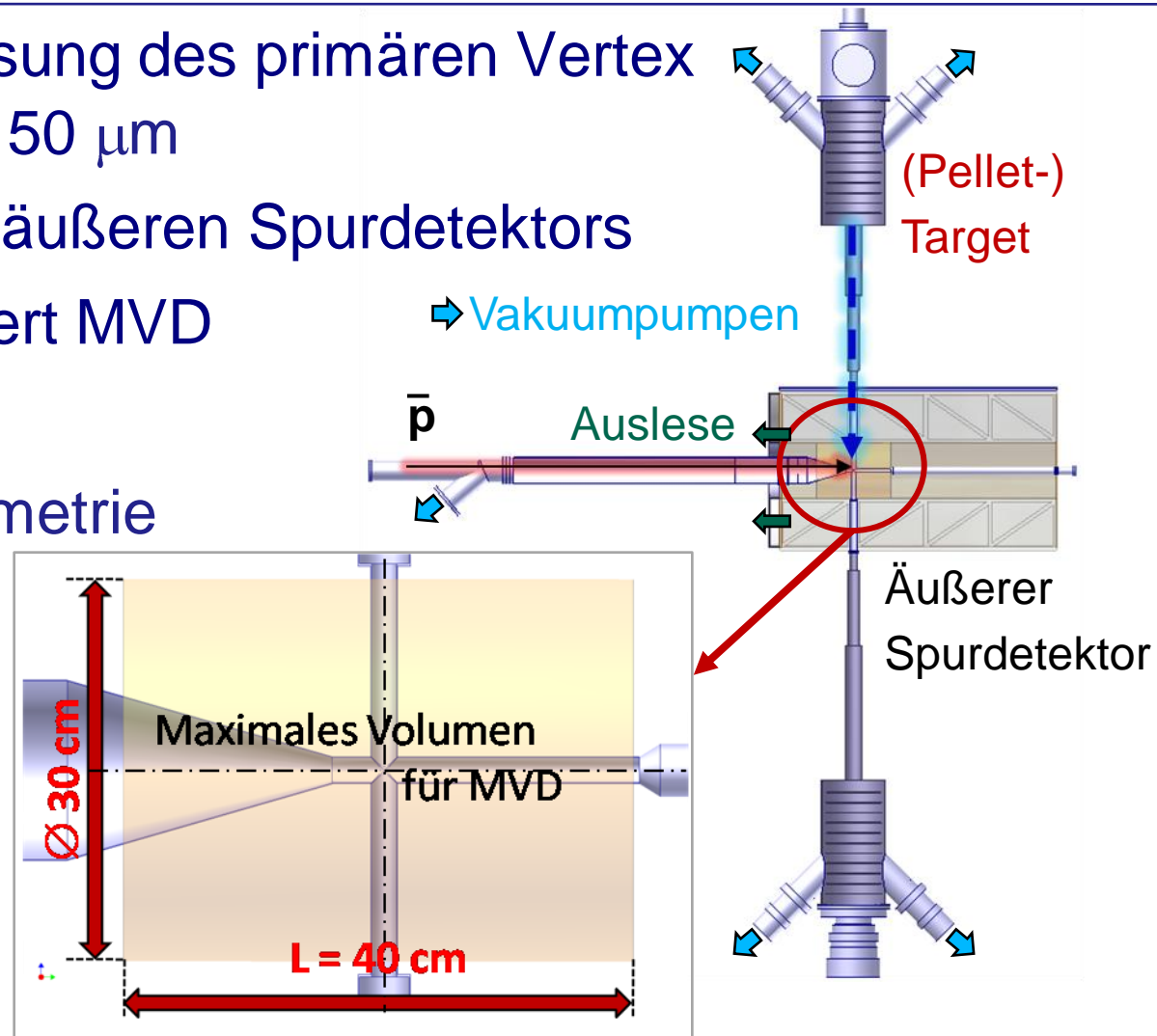
( $\eta_c$ , D-Mesonen,  
K-Mesonen, ...)



- Pellet-Target: Auflösung des primären Vertex im Bereich von 25 - 50  $\mu\text{m}$
- MVD innerhalb des äußeren Spurdetektors
- Targetrohr durchquert MVD

## ➤ Konsequenzen:

- Gebrochene Symmetrie
- Starke Restriktion für MVD-Volumen
- Strahlrohr-Aufweitung im Rückwärtsbereich



- Hohe Granularität und Ortsauflösung  
(D-Identifizierung: Vertexpauflösung  $\sim 50 \mu\text{m}$ )
- Zeitauflösung  $< 20 \text{ ns}$
- Strahlungsresistenz:  $\leq 10 \text{ Gy} = 1 \text{ Mrad (TID)}$   
(Gesamtbelastung, 10 Jahren Laufzeit)
- Geringe Massenbelegung
- $dE/dx$ -Information für Teilchenidentifikation

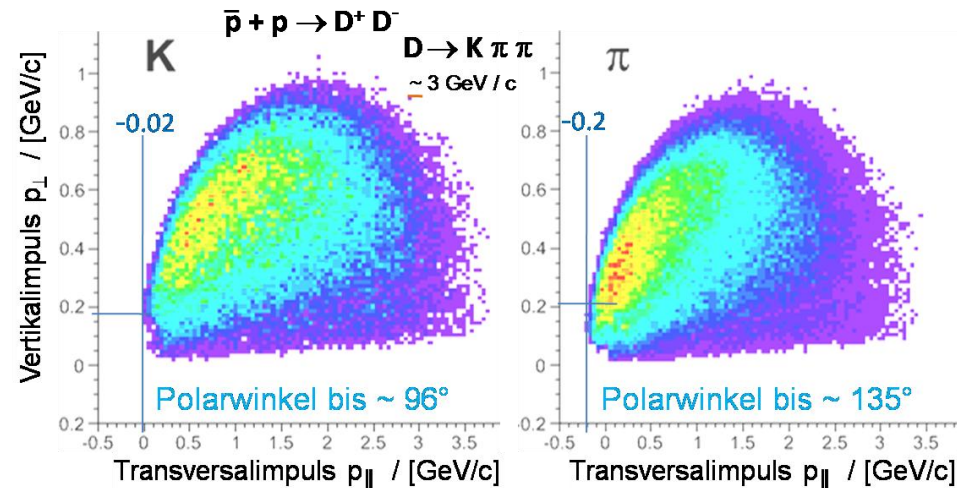
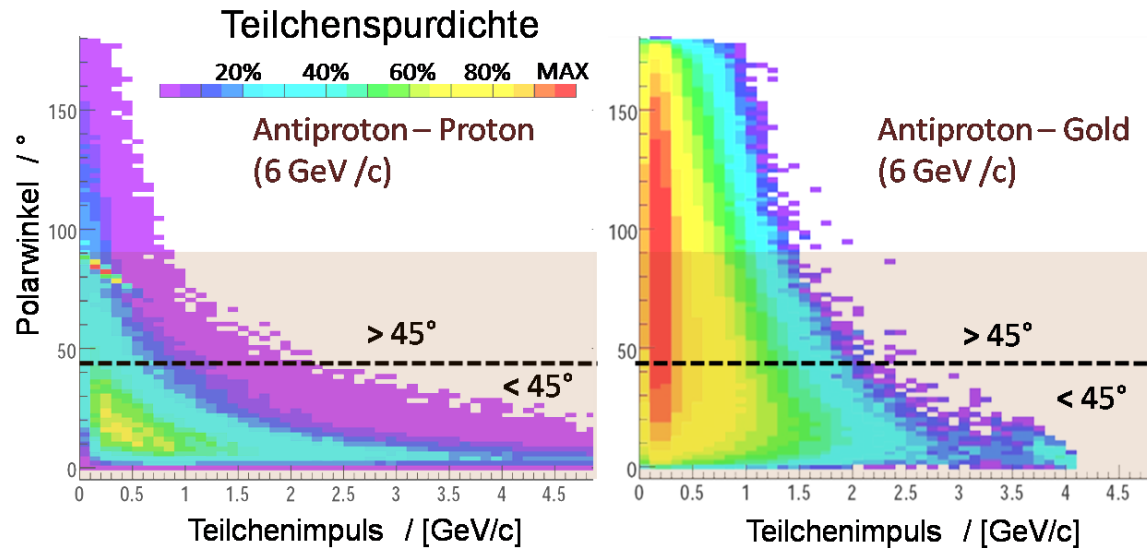
**→ Einsatz von Silizium-Halbleiter-Detektoren**

- Stark unterschiedliche Ereignisraten an verschiedenen Stellen des MVD
- Extrem hohe Datentransferbreite auf Grund hoher Granularität
- Hohe Verlustleistung auf kleines Volumen konzentriert → Optimierung erforderlich

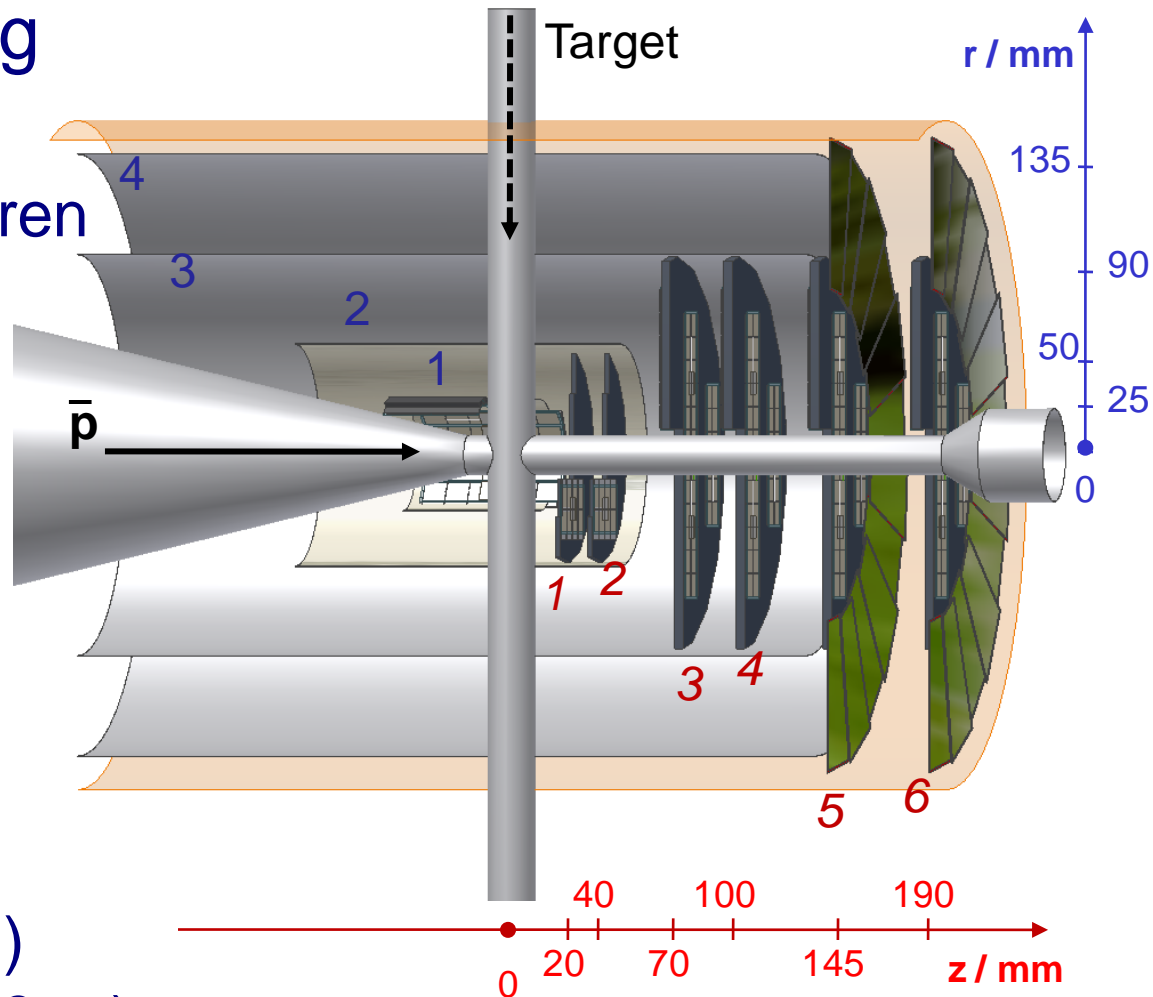
**→ Pixeldetektoren für Vertex-nahe Bereiche**  
**→ Doppelseitige Streifendetektoren in äußeren Detektorlagen**



- Anisotrope Ereignisverteilung
  - Vorwärtsbereich: Hohe Spurdichte hochenergetischer Teilchen
  - Rückwärtsbereich: Niederenergetische Teilchen aus Zerfällen
- Mindestens 3 Punkte zur Spurerkennung
  - Erster Punkt: Vertex-nah
  - Letzter Punkt: Information für äußeren Spurdetektor

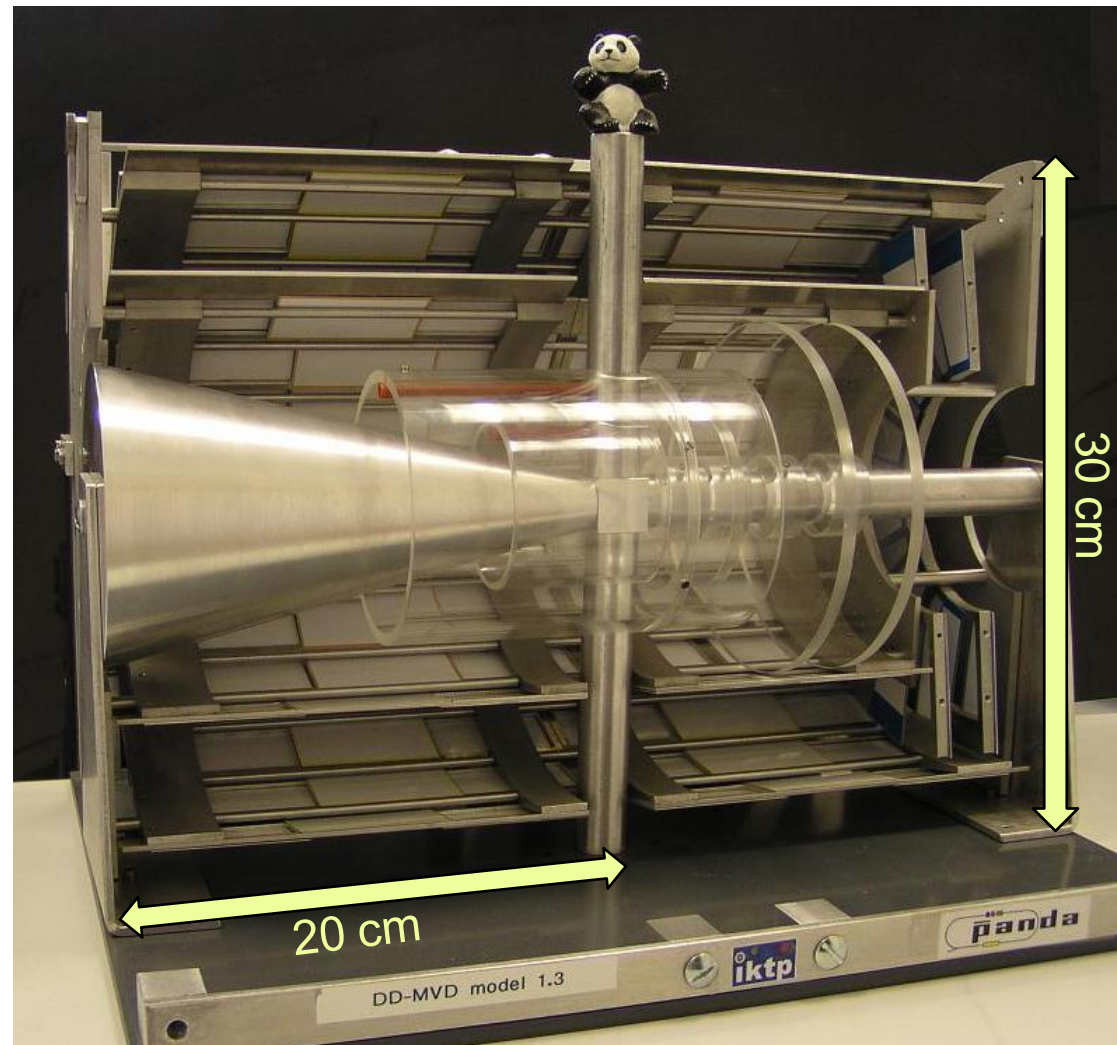


- 4 Fasslagen entlang der Strahlachse
  - 1. / 2. Lage: Pixeldetektoren
  - 3. / 4. Lage: Streifendetektoren
- 6 Scheiben im Vorwärtsbereich
  - 1. – 4. Scheibe: Pixeldetektoren
  - 5. – 6. Scheibe: Pixeldetektoren (innen)  
Streifendetektoren (außen)

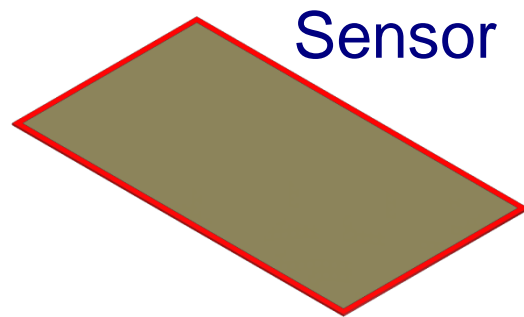


## Maßstab 1:1

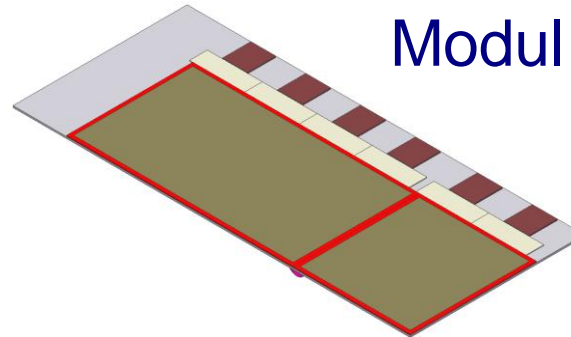
- Realistischere Umsetzung der Grundgeometrie für MVD-Streifenteil
  - Sensoranordnung
  - Halterungsstruktur
  - Berücksichtigung von Volumina für Elektronik und Kühlung
- Pixellagen schematisch eingebunden



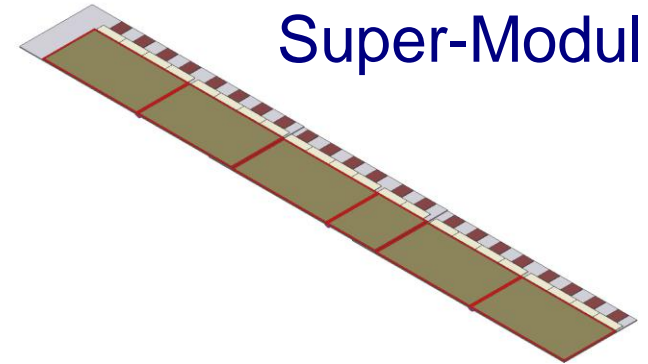
# Realisierung



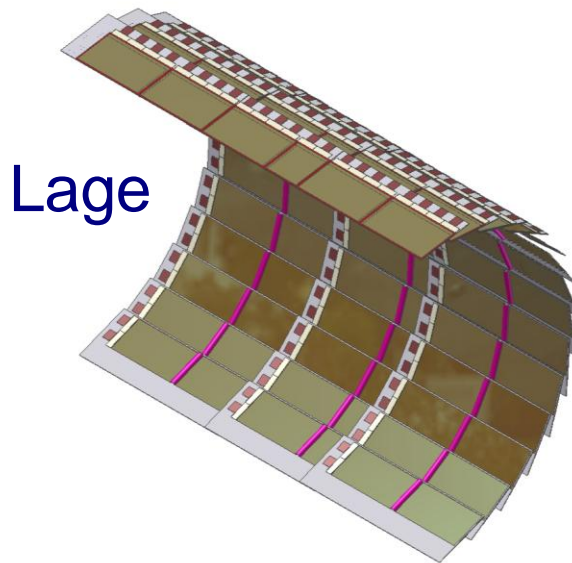
Sensor



Modul



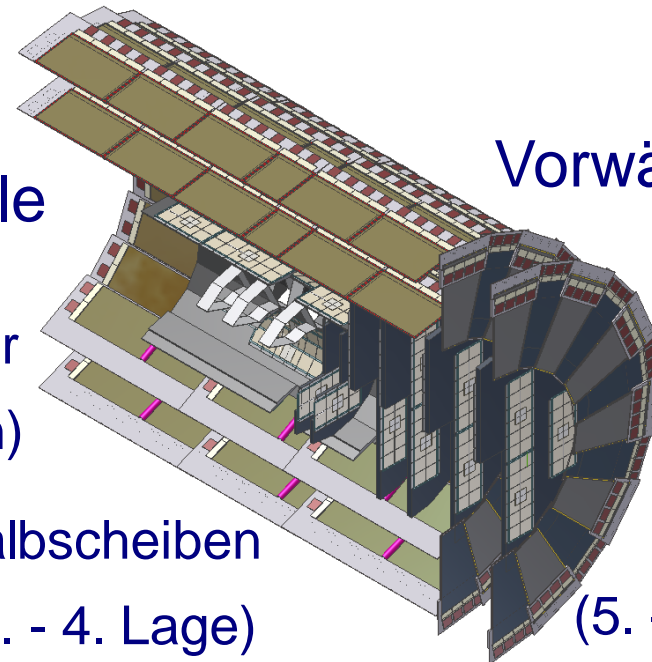
Super-Modul



Lage

Halbschale

Halbzylinder  
(Fasslagen)



Vorwärtsteil

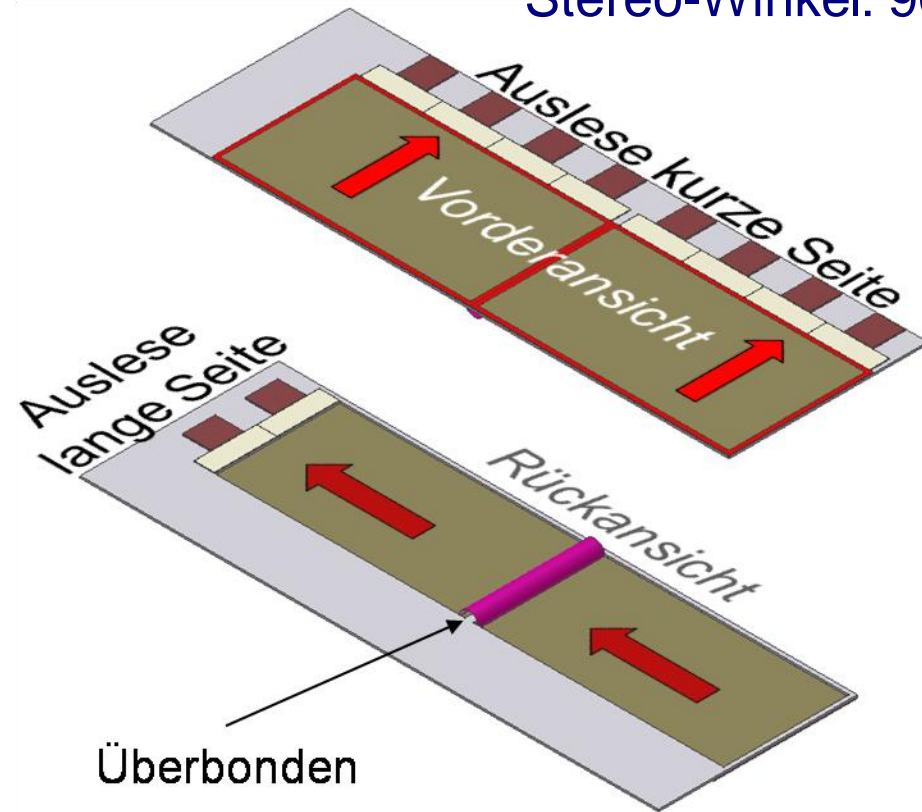
Halbscheiben  
(1. - 4. Lage)

(5. - 6. Lage)



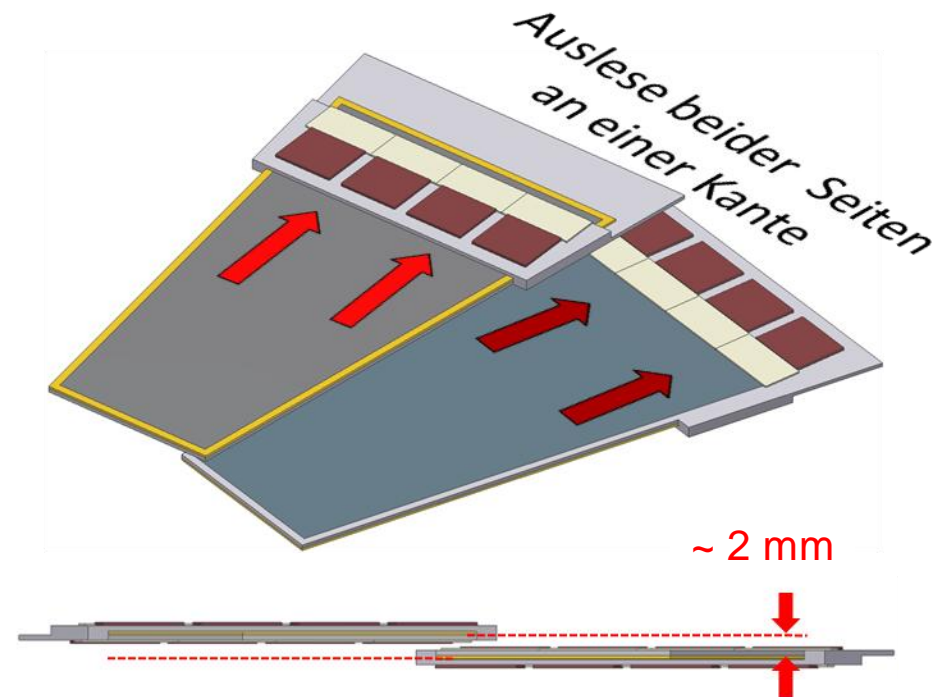
- Module in Fasslagen  
Rechteckige Sensoren,

Stereo-Winkel:  $90^\circ$



- Module in Halbscheiben:  
Trapezförmige Sensoren,

Stereo-Winkel:  $15^\circ$

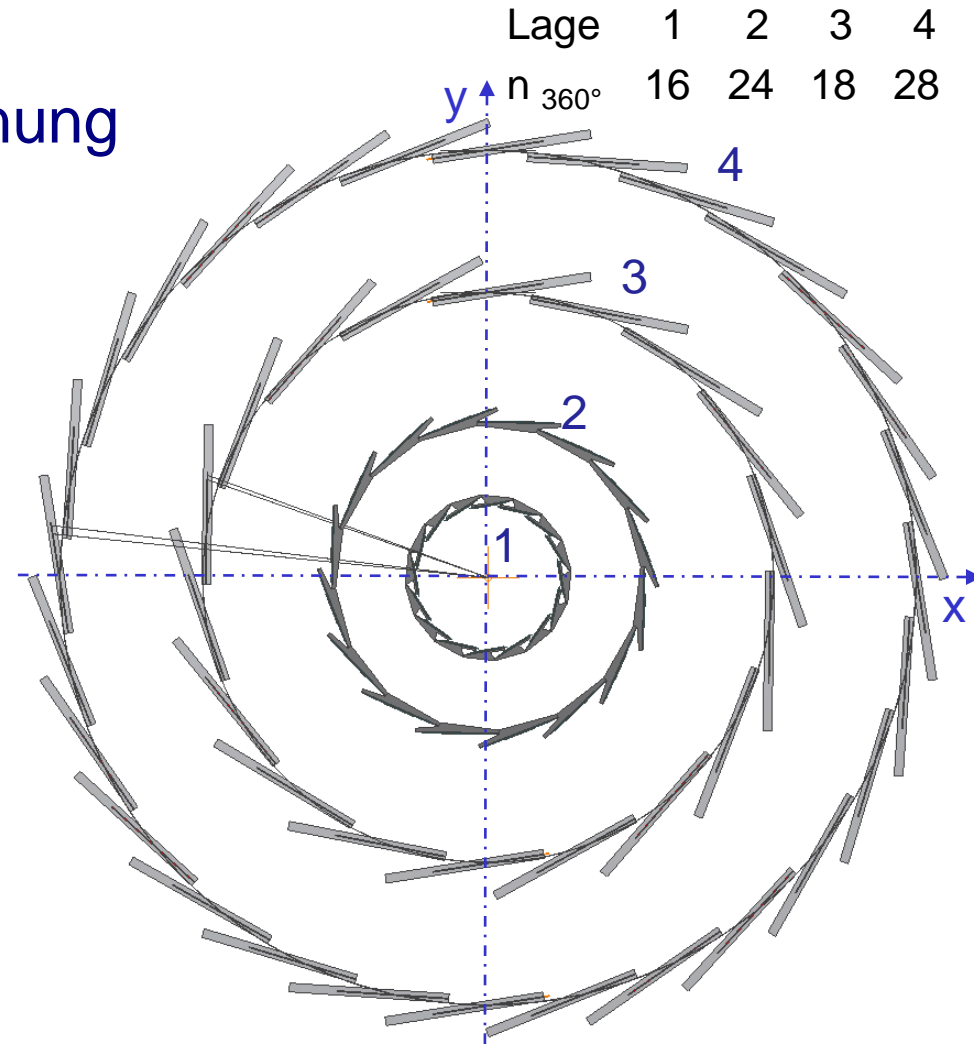
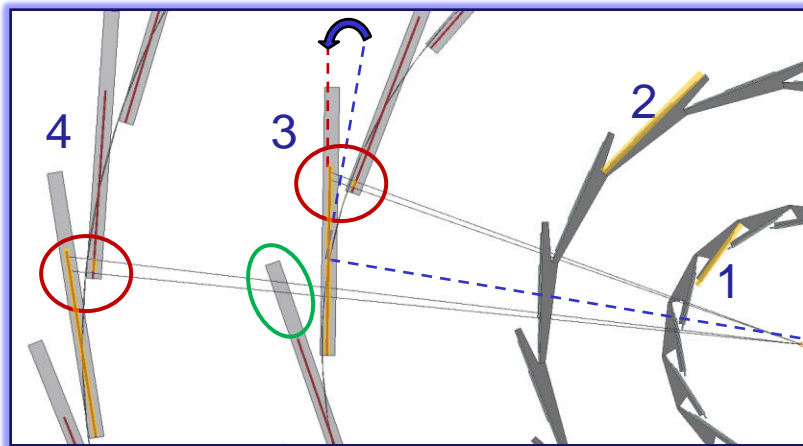


Anordnung von 2 Modulen:  
Versatz bzgl. z-Position  $\rightarrow$  Sensor-Überlapp



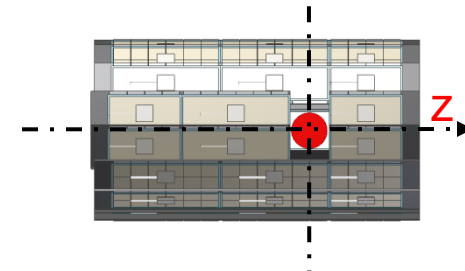
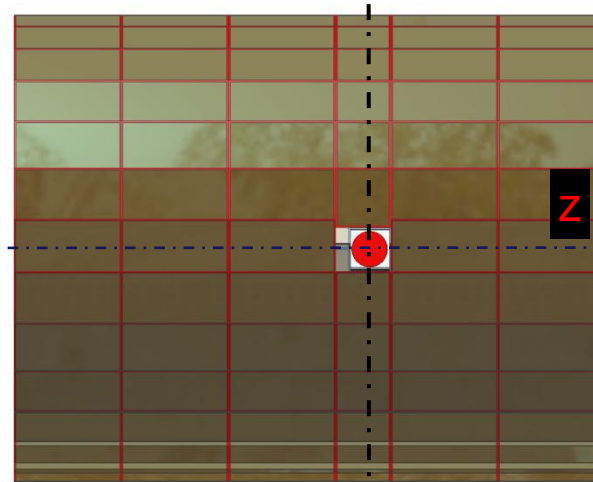
# Realisierung: Fasslagen

- Radiale Symmetrie
  - Schaufelrad-artige Anordnung
  - 9° Verkipfungswinkel
  - **Radialer Überlapp** für Sensoren einer Lage
  - Streifenlagen: **Auslesestrukturen** an Außenseite

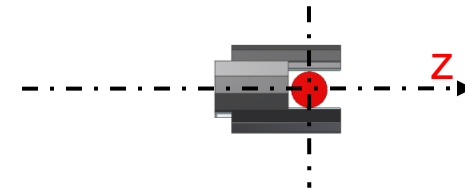
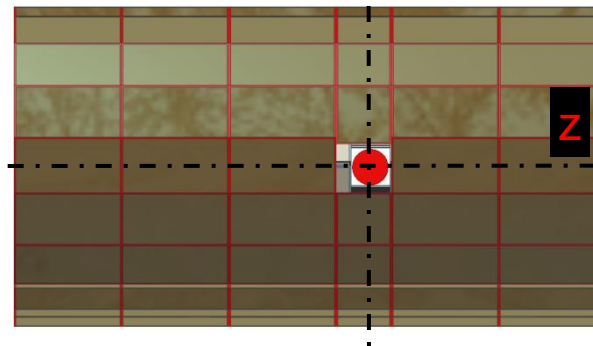


- Anordnung entlang der Strahlachse (z-Achse)

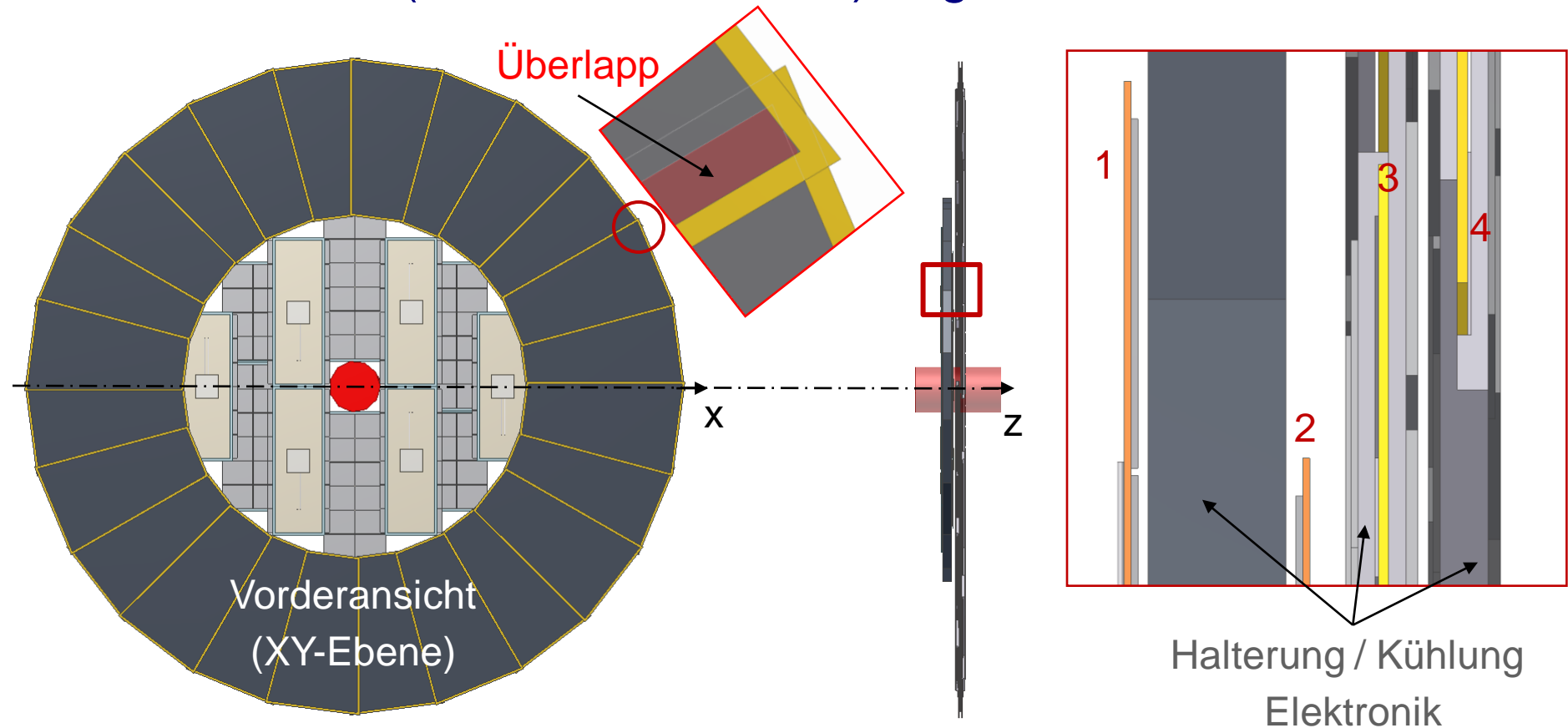
- Realisierung der Durchführung für das Targetrohr:
  - 2 verschiedene Sensor-Modulgrößen
  - Verschiebung von Super-Modulen



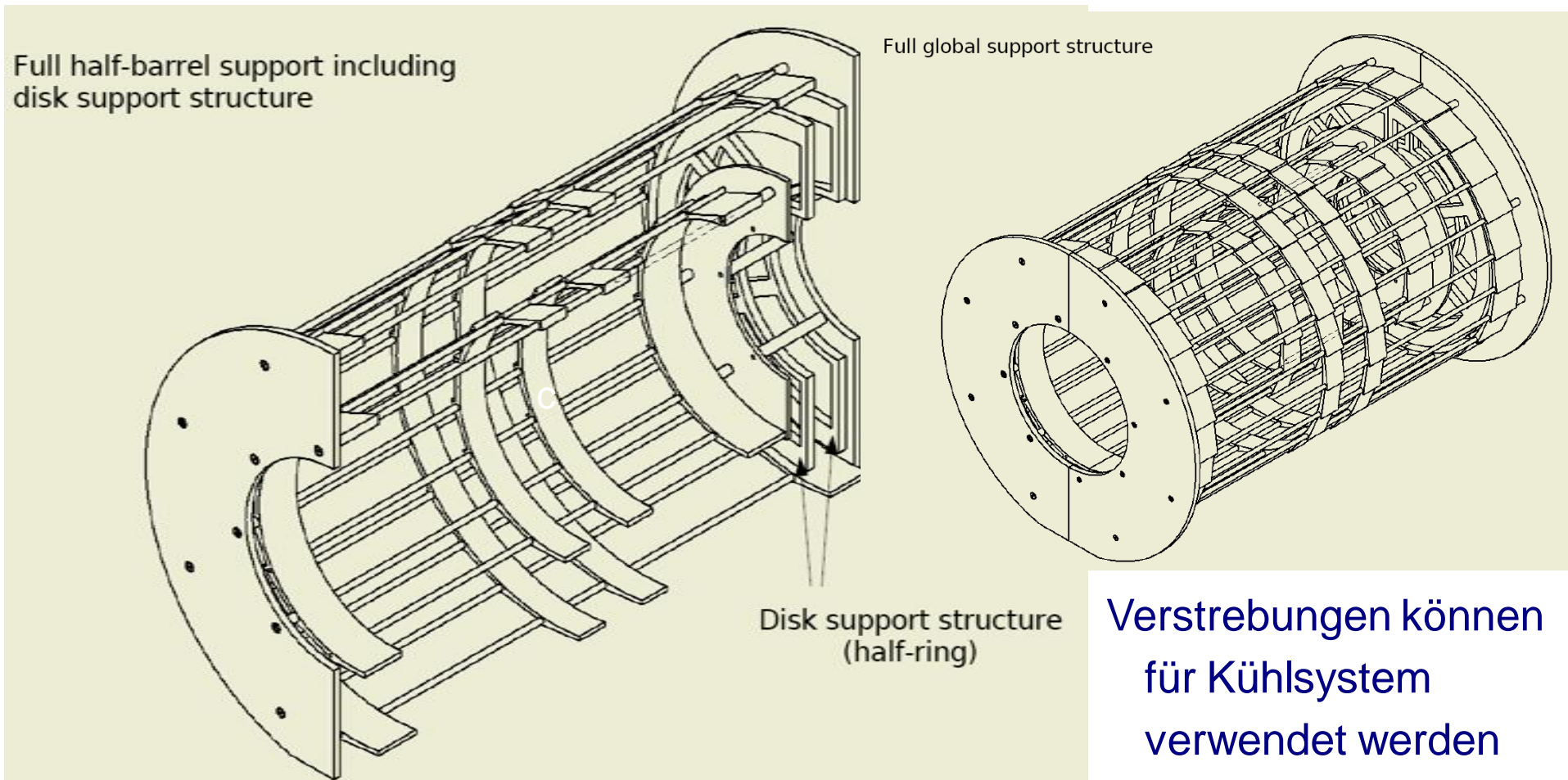
- Wichtig:
  - Auf Grund dünner Strukturen der Rohre im Vertex-Bereich
  - Kontakt freie** Durchführung gefordert



- Gemischte Scheibe (Pixel- und Streifendetektoren):
  - 4 Ebenen (2 Pixel / 2 Streifen) bzgl. z-Position



- Verstrehte Endkappen-Struktur aus Karbonfasern



- Geometrische Vorgaben
  - ♦ Grundformen und Stereowinkel
    - a) Rechteckig,  $90^\circ$  Stereowinkel (Fasslagen)
    - b) Trapezförmig,  $15^\circ$  Stereowinkel (Scheiben)
- Optimierung von Sensor-Dimensionen und Pitch
  - Anordnung bzgl. Strahlachse → *Sensurlänge (a)*
  - Radiale Symmetrie, → *Sensorbreite (a)*  
Sensor-Überlapp → *Sensorhöhe / -breite (b)*
  - Anzahl von Frontend-Chips pro Seite  $\Leftrightarrow$  Pitch
    - *Sensurlänge / -breite (a)*
    - *Sensorbreite (b)*
  - Anzahl von Sensoren / Wafer  $\Leftrightarrow$  Sensorgröße

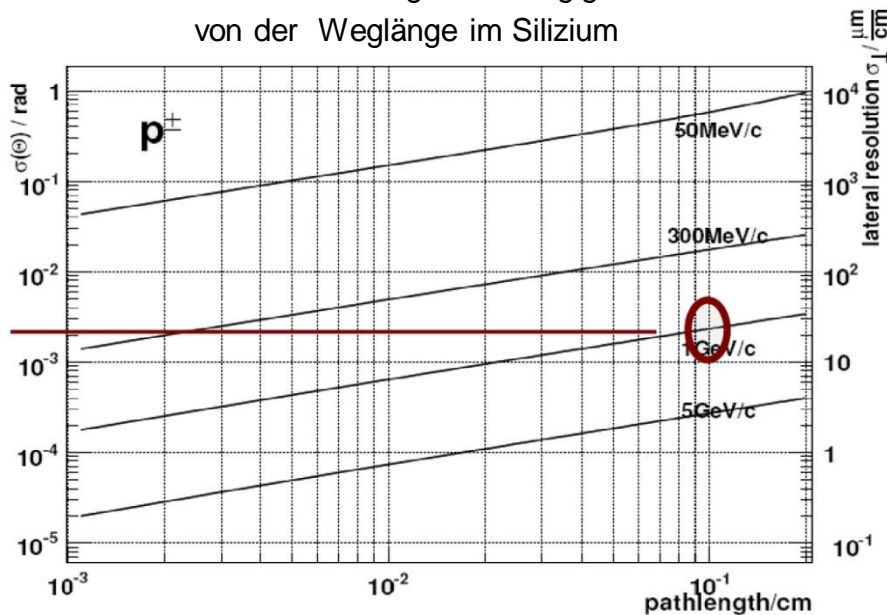


# Design: Streifen-Sensor



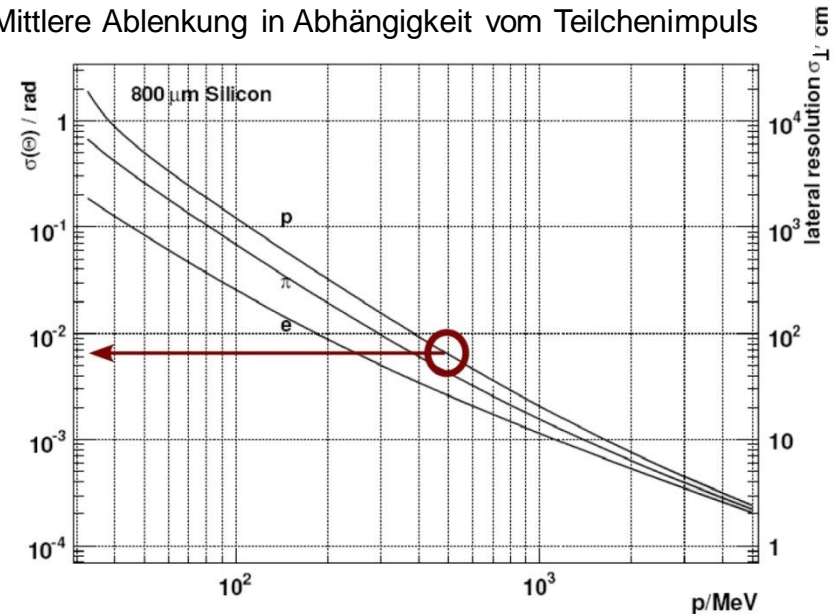
- Festlegung minimaler Streifenabstände
  - ◆ Kriterium: Kleinwinkelstreuung vorheriger Detektorlagen

Mittlere Ablenkung in Abhängigkeit  
von der Weglänge im Silizium



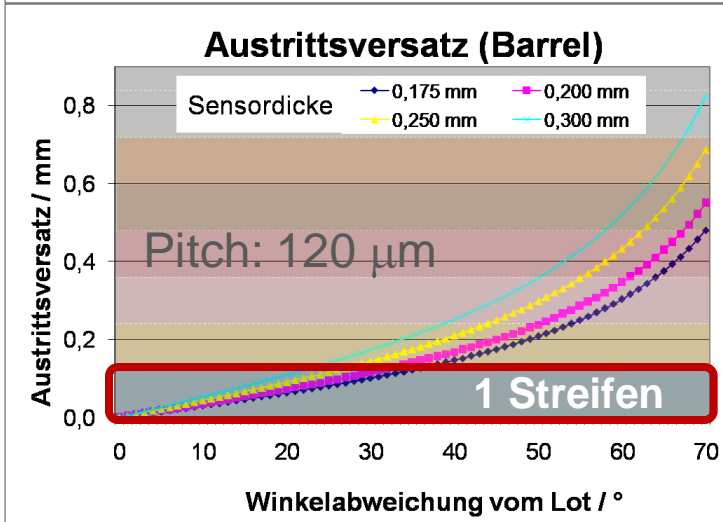
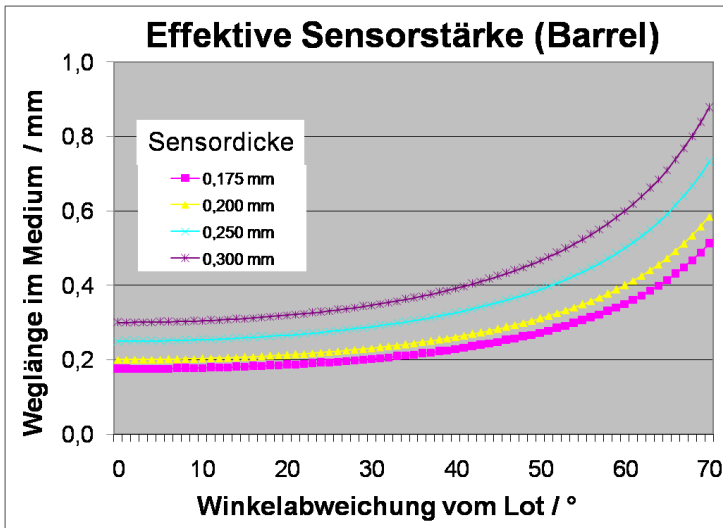
Proton mit 1 GeV/c : ~ **2 mrad** mittlere  
Ablenkung in **1 mm** Silizium  
→ **20  $\mu$ m** Ablenkung / **1 cm** Flugstrecke

Mittlere Ablenkung in Abhängigkeit vom Teilchenimpuls



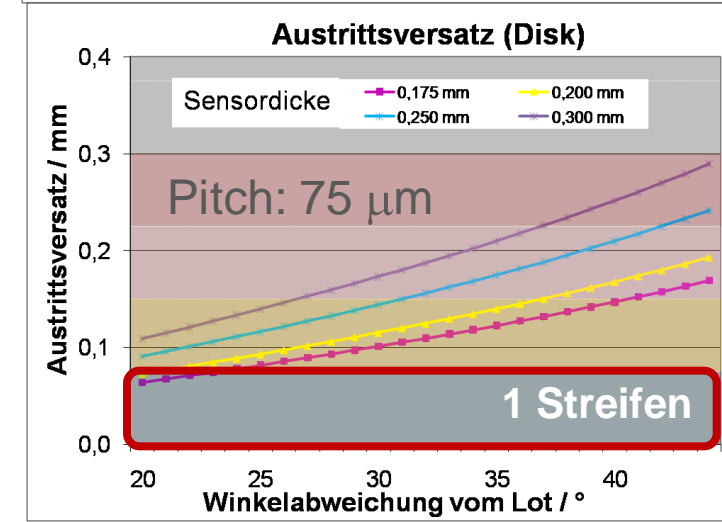
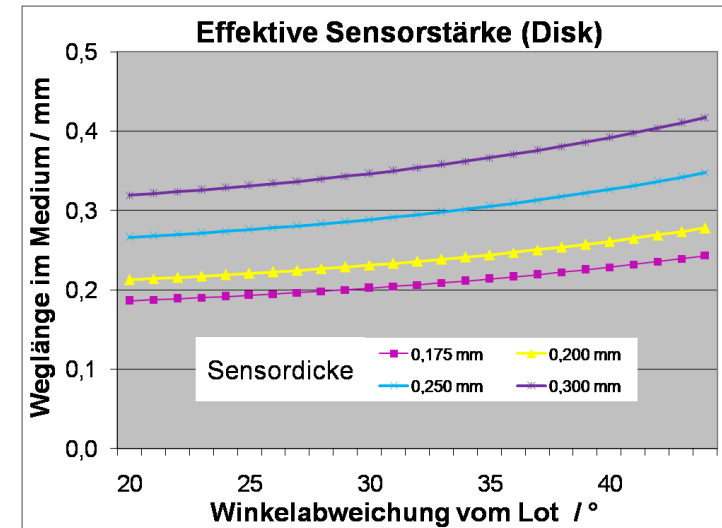
Proton mit 500 MeV/c : **0.6 mm** mittlere  
Ablenkung nach **10 cm** Flugstrecke durch  
Streuung an 2 Sensorlagen (**800  $\mu$ m**)

# Design: Streifen-Sensor



Abweichung  
vom Lot:  
20° ... 45°  
Vorwärtsbereich  
0° ... 70°  
Fasslagen

Beste  
Ortsauflösung  
für  
Mehrstreifen-  
treffer

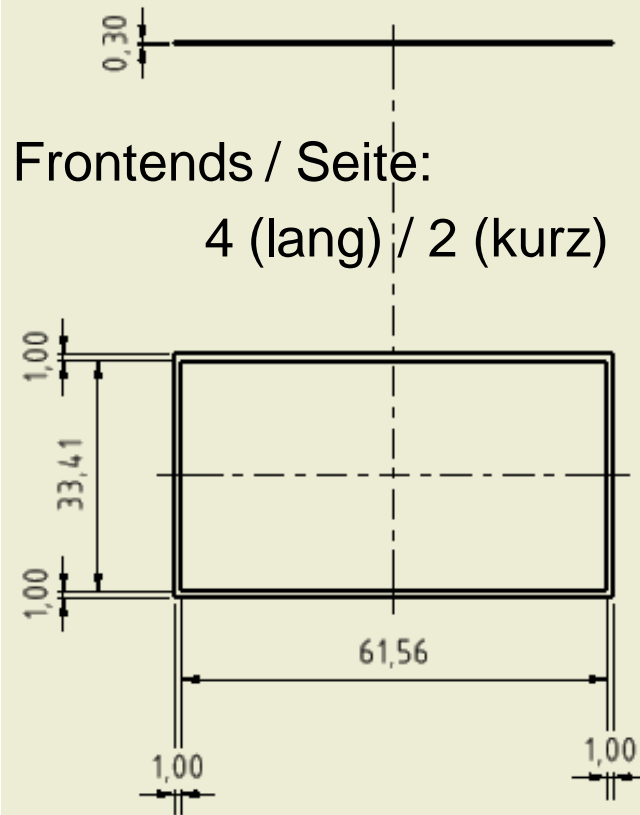


# Sensor-Design

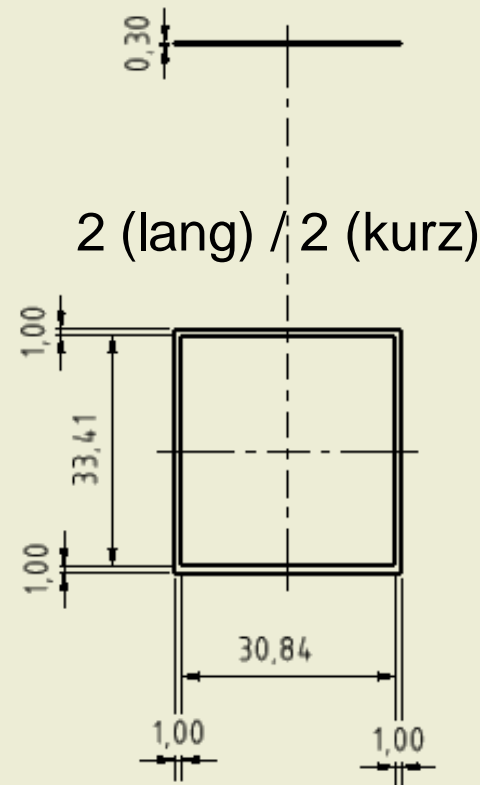


Strip sensor, RectL

Pitch: 120  $\mu\text{m}$  / 130  $\mu\text{m}$  (lange / kurze Seite)

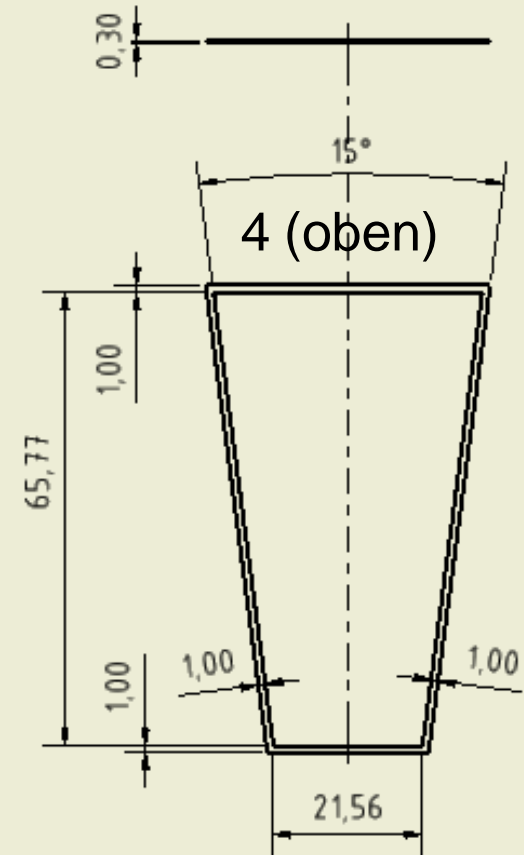


Strip sensor, RectS



Strip sensor, TrapL

75  $\mu\text{m}$



- Erstellung eines Modells für *PANDA*-MVD-Detektor als Vorlage für:
  - Detektorsimulationen → Optimierung bzgl. der physikalischen Anforderungen
  - Stress- und Temperaturanalysen sowie Materialwahl → Umsetzung der ingenieurstechnischen Anforderungen
- Vorgabe des Designs für Streifensensor-Prototypen
- Modifikationen und Verifikation:
  - Messungen (z.B. mit DTS1 → HK 25.8)
  - Simulationsergebnisse
  - Globales Halterungskonzept bei PANDA
  - Frontend-Elektronik → Dimensionierung des Kühlsystems