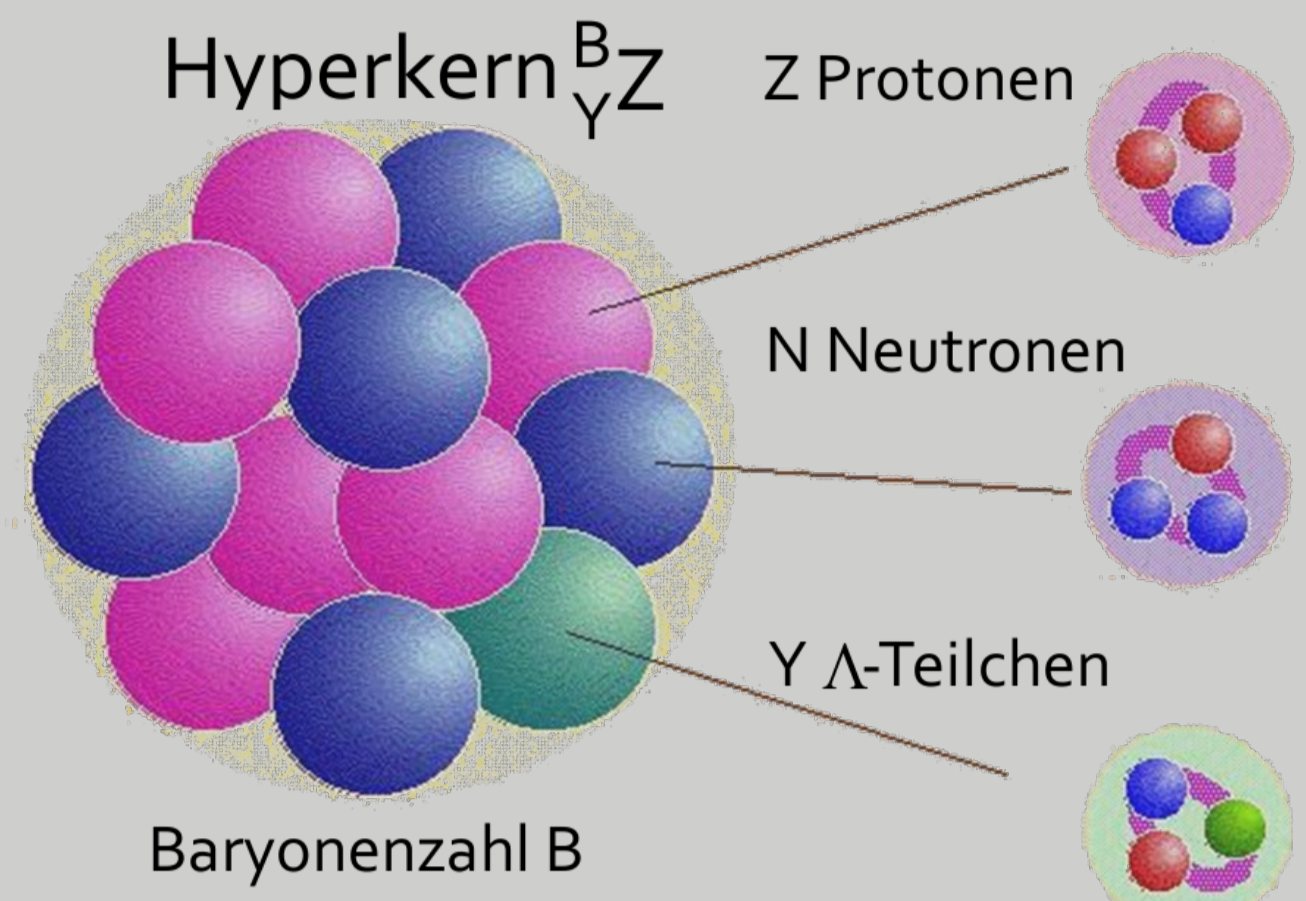


## Einführung in die Physik der Hyperkerne



**Aufbau eines  $\Lambda$ -Hyperkerns**

Hyperkern  ${}^B_Z$


- Z Protonen
- N Neutronen
- Y  $\Lambda$ -Teilchen
- Baryonenzahl B

Up-Quark  
Down-Quark  
Strange Quark

**Chronologie der Doppel- $\Lambda$ -Hyperkern-Entdeckungen:**

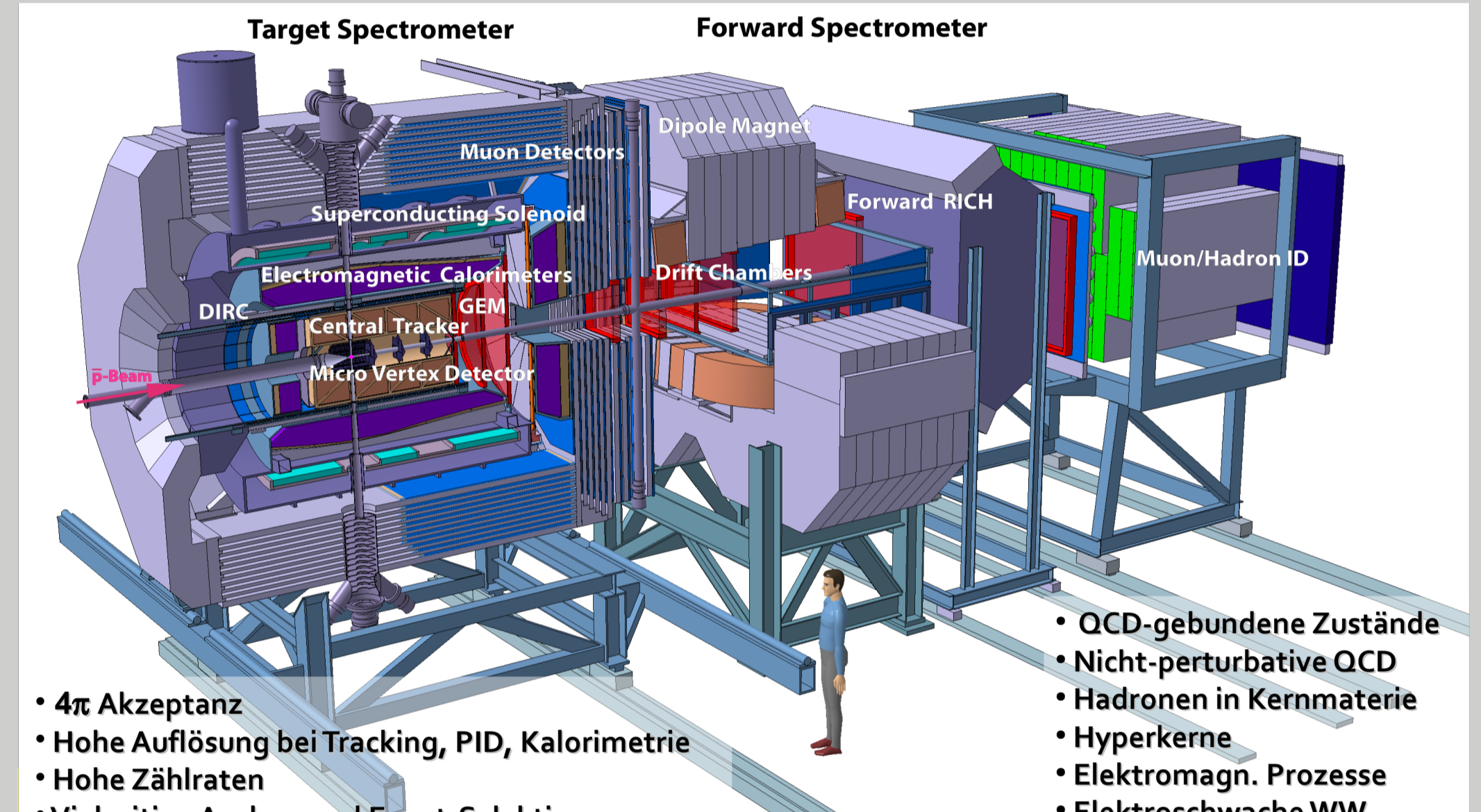
1963: Danysz et al.	${}_{\Lambda\Lambda}^{10}\text{Be}$
1966: Prowse	${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$
1991: KEK-E176	${}_{\Lambda\Lambda}^{13}\text{B}$ (or ${}_{\Lambda\Lambda}^{10}\text{Be}$ )
2001: AGS-E906	${}_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ (~15) (keine Bindungsenergie)
2001: KEK-E373	${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$ (Nagara)
2001: KEK-E373	${}_{\Lambda\Lambda}^{10}\text{Be}$ (Demachi-Yanagi)

Zukünftige, komplett elektronische, Experimente mit einer hohen Energieauflösung erfordern:  
 → Gamma-Spektroskopie mit Germanium-Detektoren  
 → Erhöhung der Produktionsraten um mehrere Größenordnungen

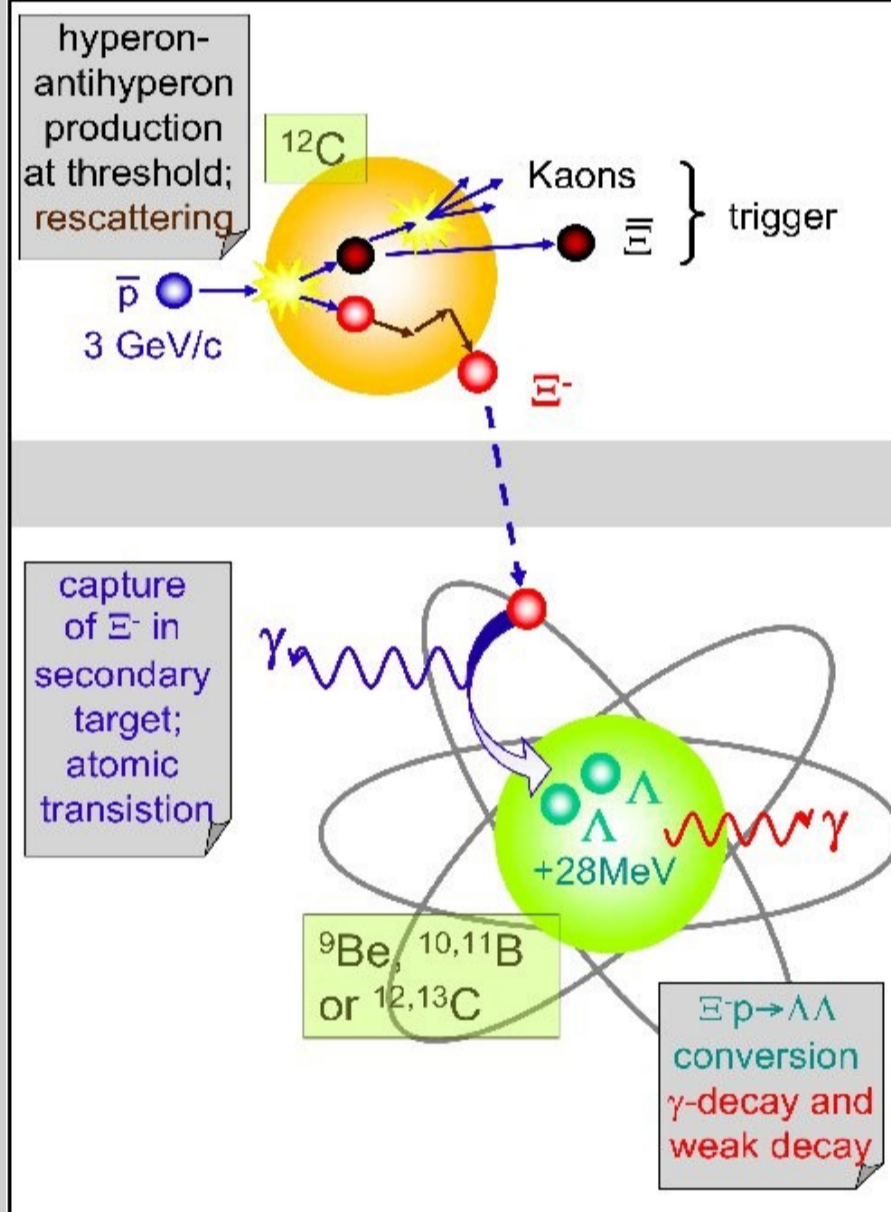


**Erweiterung der Nuklidkarte um den Strangeness-Freiheitsgrad**

## Erzeugung und Nachweis von Doppel- $\Lambda$ -Hyperkernen am PANDA-Experiment@FAIR



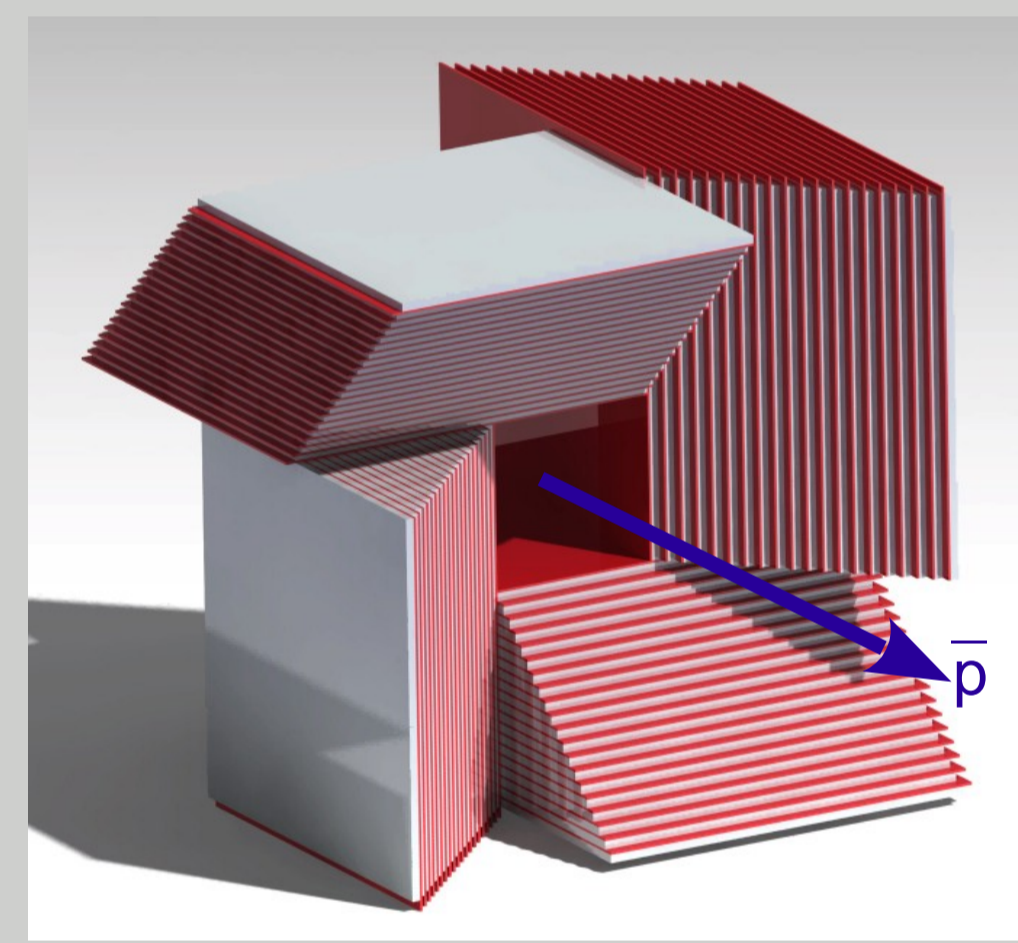
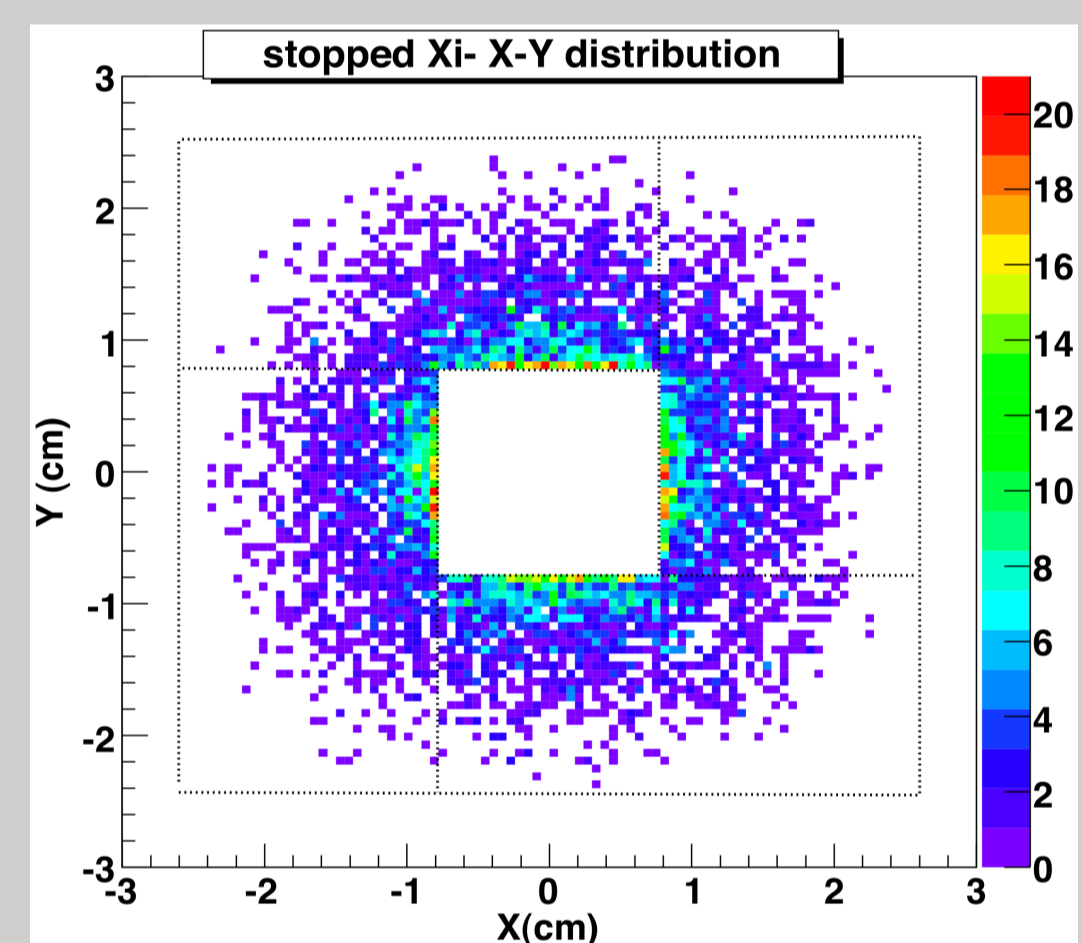
- 4 $\pi$  Akzeptanz
- Hohe Auflösung bei Tracking, PID, Kalorimetrie
- Hohe Zählraten
- Vielseitige Auslese und Event-Selektion

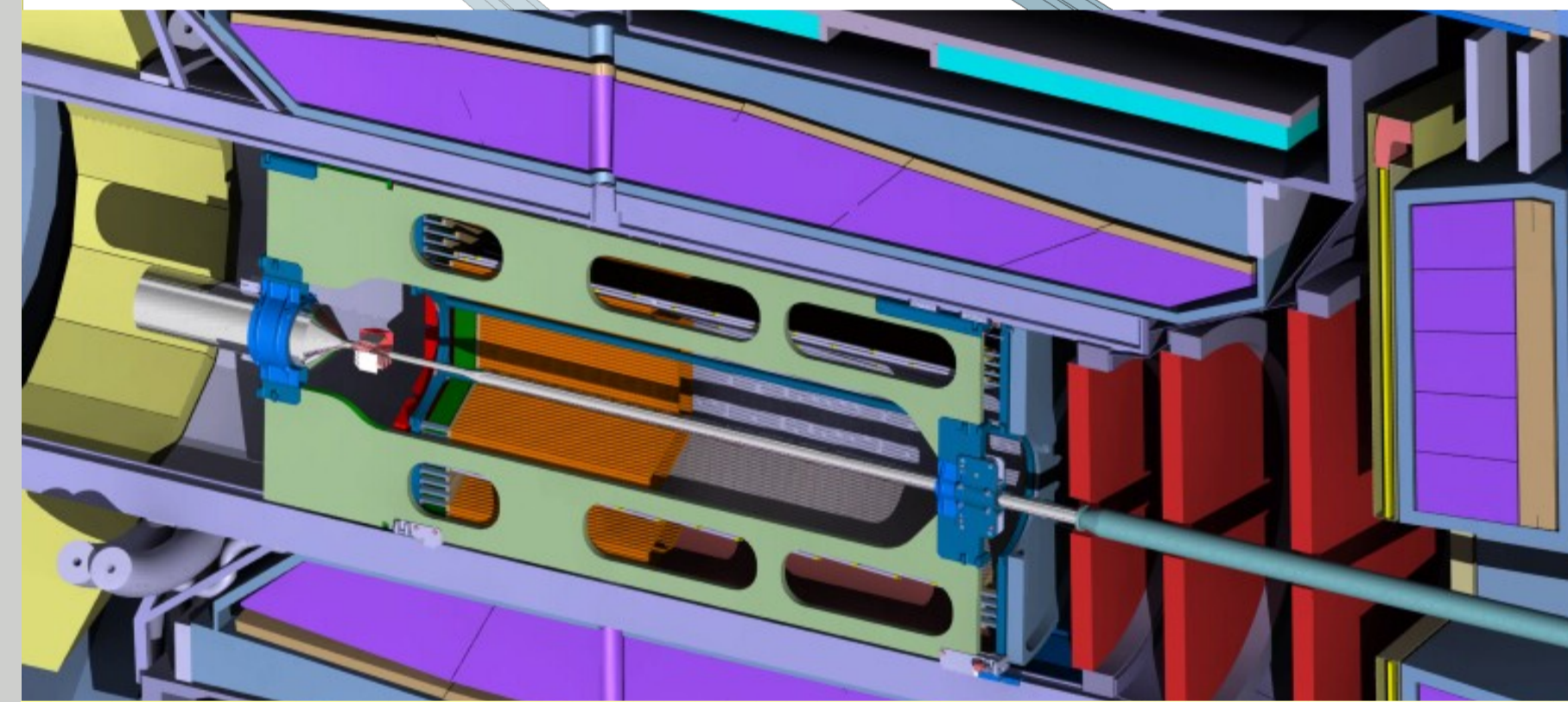


Die Aufgabe des sekundären, aktiven Targets ist:

1. Abstoppen und Einfang der im primären Target erzeugten  $\Xi^-$ -Hyperonen
2. Produktion von Doppel- $\Lambda$ -Hyperkernen ( $\Xi^- p \rightarrow \Lambda\Lambda + 28 \text{ MeV}$ ) und
3. Tracking und Identifikation von geladenen Teilchen aus deren schwachen Zerfall.

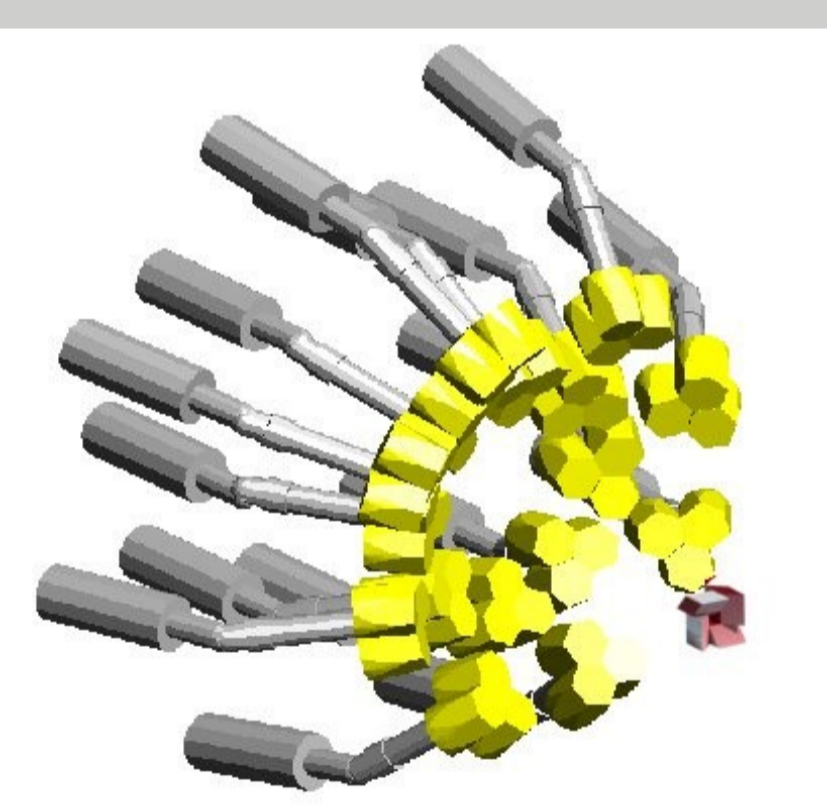
Zu diesem Zweck wird das sekundäre Target als eine Sandwich-Konstruktion aus Lagen von Absorbermaterial und Silizium-Streifendetektoren ausgeführt.



- $\theta_{\text{lab}} < 45^\circ$ ,  $\Xi^+$ ,  $K^+$  Trigger (PANDA)
- $\theta_{\text{lab}} = 45^\circ - 90^\circ$ ,
  - Primäres Target:  $\bar{p} + {}^{12}\text{C} \rightarrow \Xi^+ + \Xi^-$
  - Sekundäres, aktives Target:  $\Xi^-$ -Einfang, Hyp.-Produktion, Nachweis von Hyp.-Zerfallsprodukten
- $\theta_{\text{lab}} > 90^\circ$ ,  $\gamma$ -Nachweis in Rückwärtsrichtung

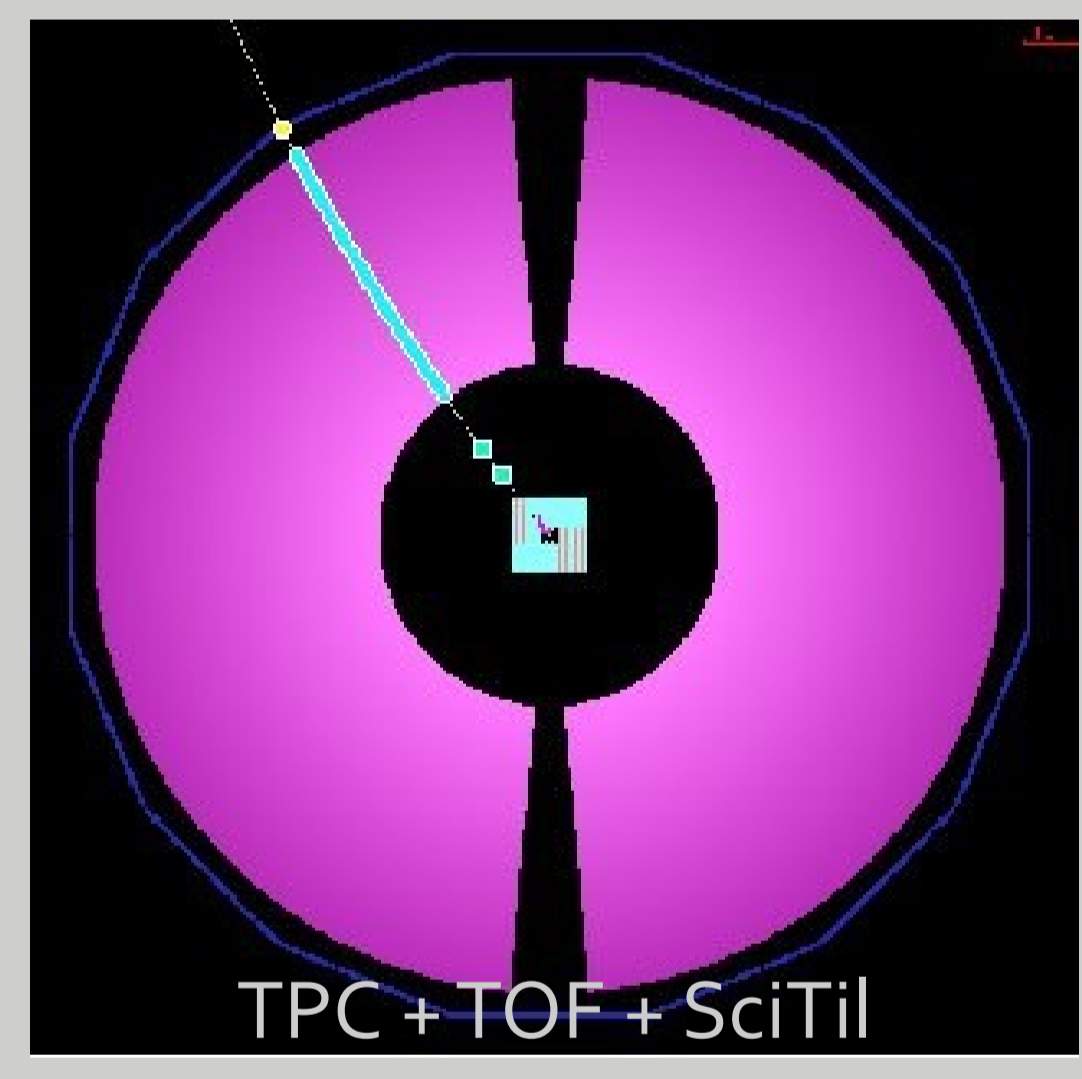
Neutronen-Untergrund (16000 s<sup>-1</sup> pro Kristall)



Zusätzlich zu dem sekundären Target werden **HPGe-Cluster-Detektoren** verwendet. Diese werden zur hochauflösenden  $\gamma$ -Spektroskopie von Doppel- $\Lambda$ -Hyperkernen benutzt.

Die Größe des sekundären Targets wird durch die Lebensdauer des  $\Xi^-$ -Hyperons bestimmt. Darüber hinaus hat sich aus der Simulation ergeben, dass nur  $\Xi^-$ -Hyperonen mit einem Impuls von etwa 500 MeV/c im Winkelbereich von 40° bis 90° und in einem Radius von bis zu 20 mm abgebremst werden ohne vorher zu zerfallen.

Da die bei  $\Xi^-$ -Annihilation im primären Target entstehenden Kaonen im Winkelbereich zwischen 0° und 40° emittiert werden, wird dieser im sekundären Target ausgespart. Diese Kaonen werden im Standard-PANDA-Detektor nachgewiesen und als Signatur für die Reaktion  $\bar{p} p \rightarrow \Xi^+ + \Xi^-$  verwendet.




TPC + TOF + SciTiL

## Hardwareentwicklung

**Anforderungen an das Primärtarget:**

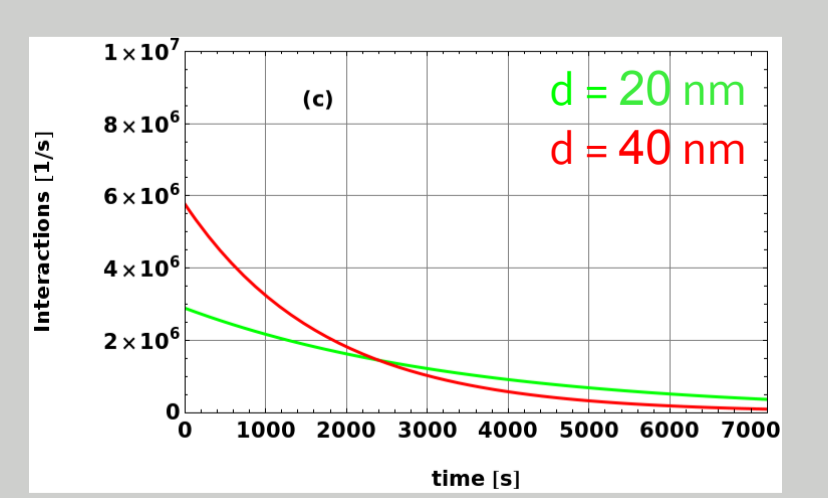
- Erzeugung von langsamen  $\Xi^-$
- geringer hadronischer Untergrund unter Rückwärtswinkeln (Ge)
- Geringe Strahlverluste durch Coulombstr.
- Gleichmäßige Luminosität

Diese Anforderungen werden am Besten durch ein  ${}^{12}\text{C}$ -Draht-Target mit einer Dicke von 0,02 – 0,04  $\mu\text{m}$  erfüllt.

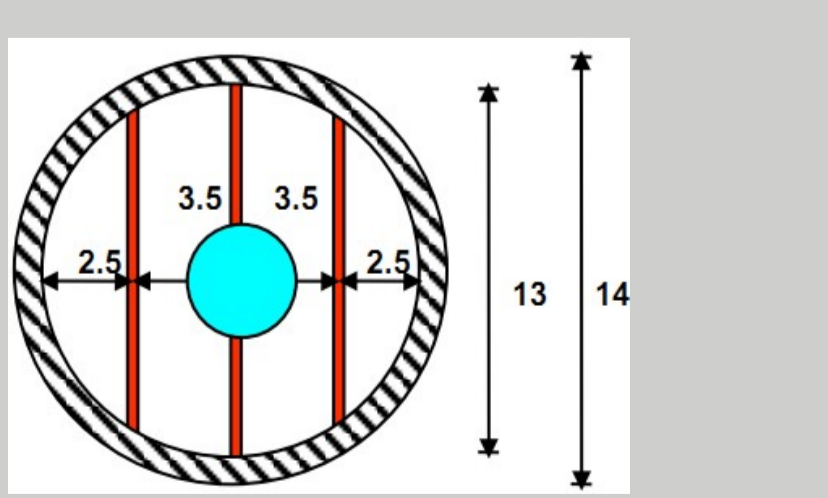


Sensormodul und Messaufbau für Tests von Silizium-Streifendetektoren in direktem Kontakt mit Absorbermaterial für das sekundäre Target

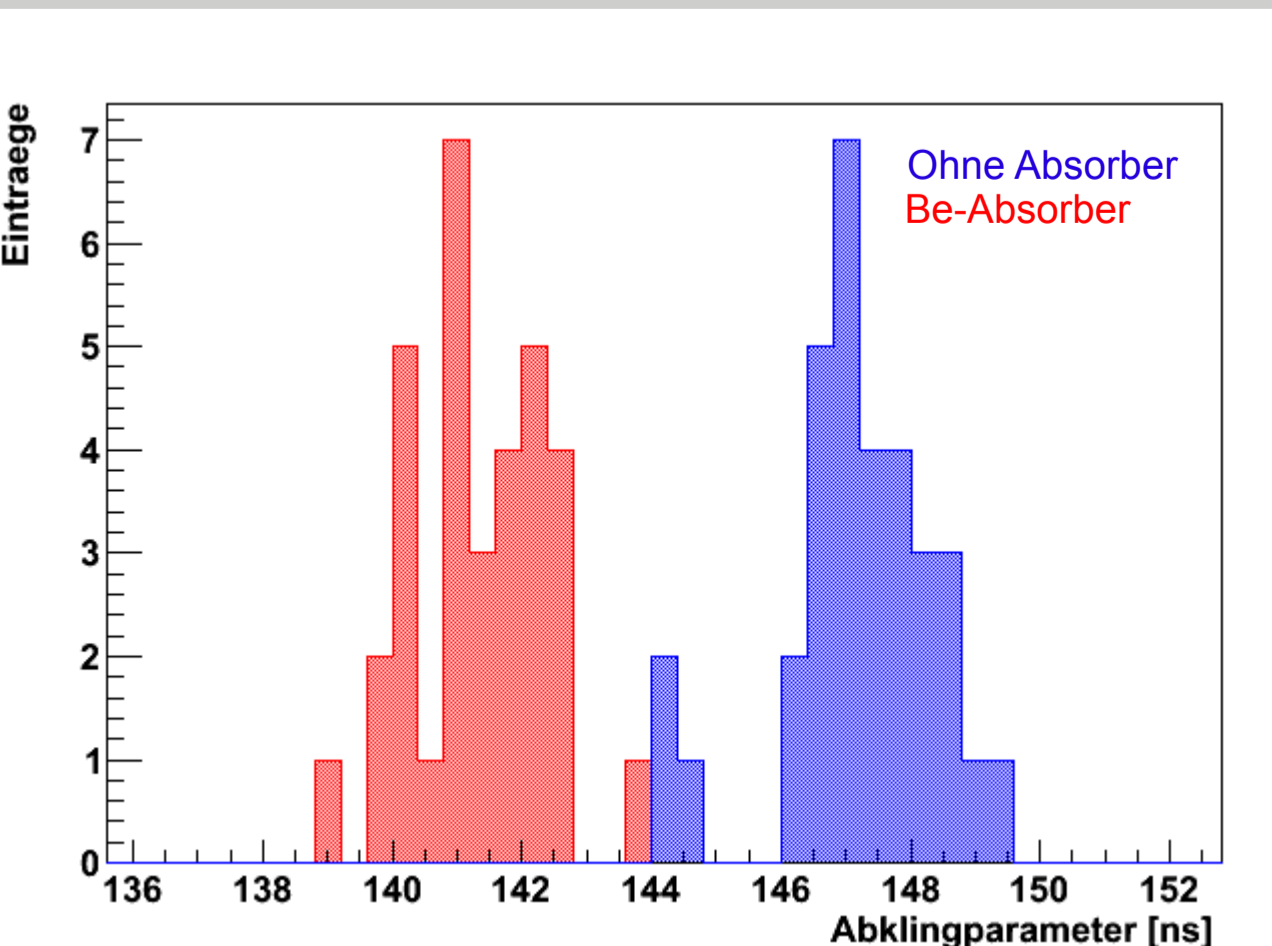
Hohe Raten und Neutronen können Strahlenschäden im Detektor verursachen und dadurch die Energieauflösung verschlechtern. Durch die Anwendung von PSA kann die ursprüngliche Auflösung erzielt werden.




Vergleich der Luminositäten bei zwei verschiedenen Targetdicken. Bei einer Dicke von 20 nm ist der Zeitverlauf der WW konstanter.



Entwurf des prim. Targets. Um zu hohe Reaktionsraten zu vermeiden, darf nur der Halo des  $\bar{p}$ -Strahls das Target treffen.



Vergleich der Zeitkonstanten der Pulsformen von Detektorstreifen mit und ohne aufgelegten Beryllium-Absorber.



Gekapselter HPGe-Kristall

Innerhalb des PANDA-Detektors ist in radialer Richtung der zur Verfügung stehende Platz durch den Durchmesser des Spurdetektors beschränkt. Deshalb ist es geplant, die sperrigen LN<sub>2</sub>-Dewars durch eine kompaktere Kühlung basierend auf dem Stirling-Kreisprozess zu ersetzen (z.B. Ortec® X-Cooler II).