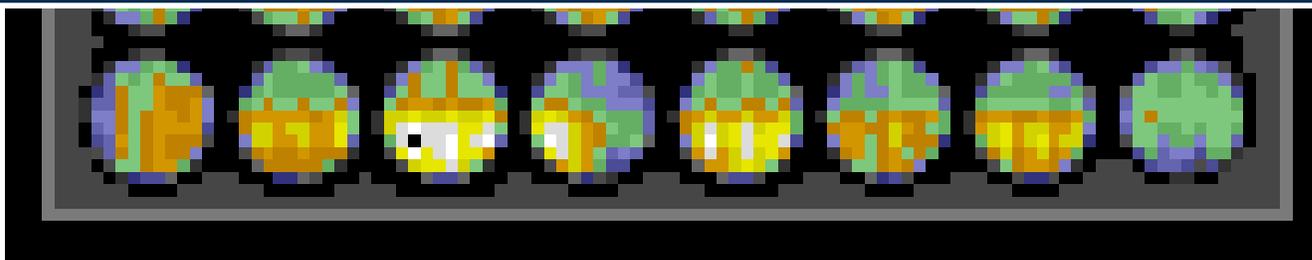


DETEKTOR-ENTWICKLUNG

89. technisches Koordinierungstreffen

FEBRUAR 28, 2023 | R. ENGELS, G. KEMMERLING

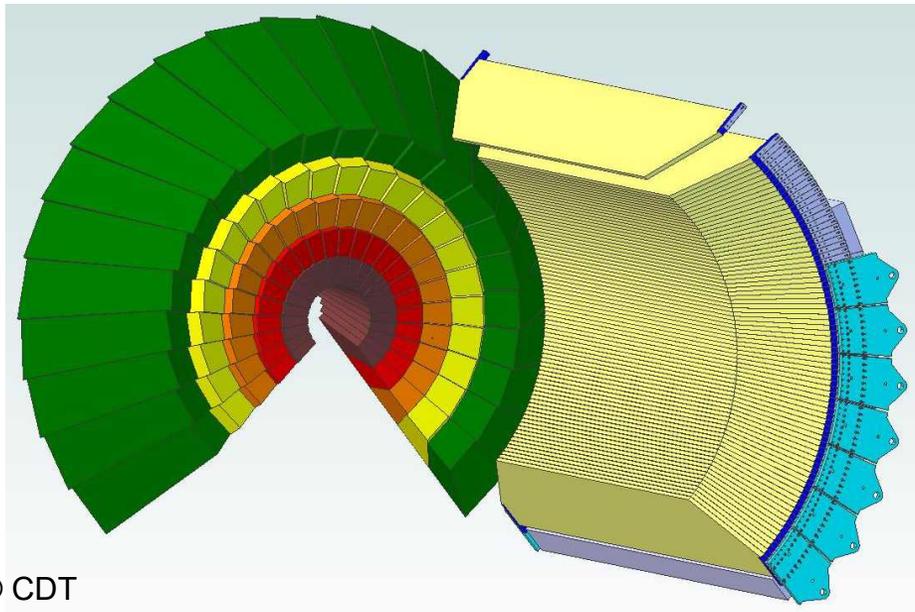


OUTLINE

- Test POWTEX Detektoren
 - Messungen, Ergebnisse und Ausblick Mantle und End-cap Detektoren
- Untersuchungen zu SiPM-Neutronendetektoren
 - Zielsetzung, Equipment und erste Messungen mit 4x4 Array
- HEiDi Detektor upgrade – Aktueller Status
- Neue Ausleseelektronik für Ortsauflösenden Detektoren
- SKADI Updates
- Zusammenfassung

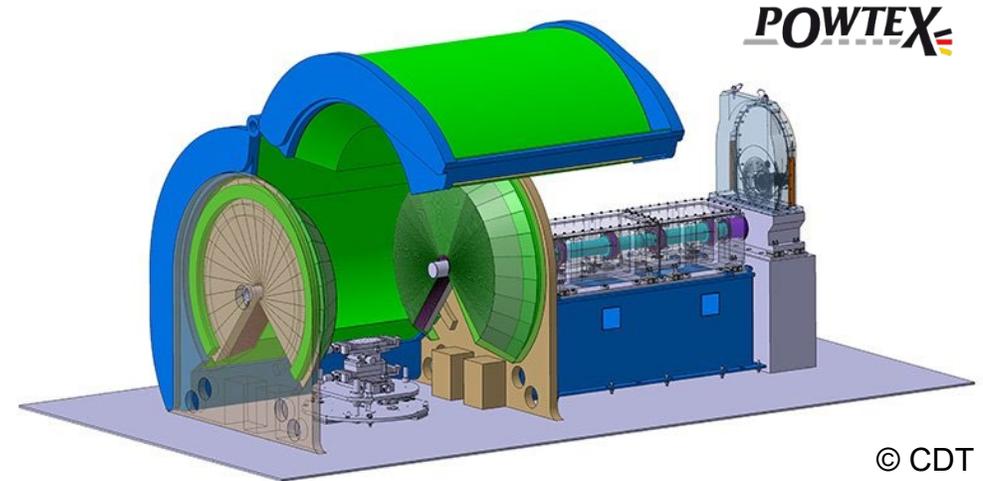
TEST POWTEX DETEKTOREN

- Hoch-Intensitäts Time-Of-Flight **PO**wder und **TEX**ture Diffraktometer für den FRM-2
 - Proposal von 15 deutschen Universitäten + FZ-Jülich, gefördert durch BMBF
 - Instrument wird in Ost-Halle am FRM-2 aufgestellt



© CDT

Konstruktion Mantle- und End-cap Detektoren

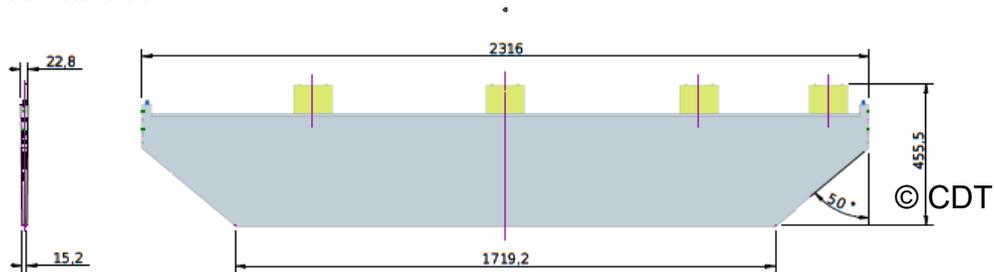


© CDT

- Detektoren von der Firma CDT basierend auf dem Jalousie Detektionsprinzip für Neutronen
 - Mantle-Detektor für den zylindrisches Barrel, insgesamt 240 Detektorsegmenten, gruppiert in 30 Montageeinheiten
 - 2 Endcap-Detektoren für vorwärts-/rückwärts-Abschnitte (à 23 End-cap 12°-Module), insgesamt 1058 Detektorsegmenten, gruppiert in 230 SUMO-Module

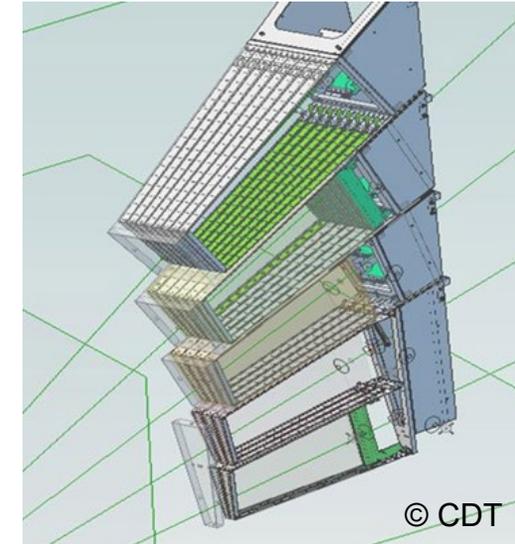
POWTEX DETEKTOR SEGMENTE

- Aufbau:
 - Multiwire Chamber mit 16 Anodendrähten auf jeder Seite einer segmentierten Mittelkathode (192/16 Kathodenstreifen für Mantle-/SUMO- Segmente)
 - Bor-Beschichtung von $\sim 1 \mu\text{m}$ Dicke auf dünnen Aluminium-Kathoden und –Hauben

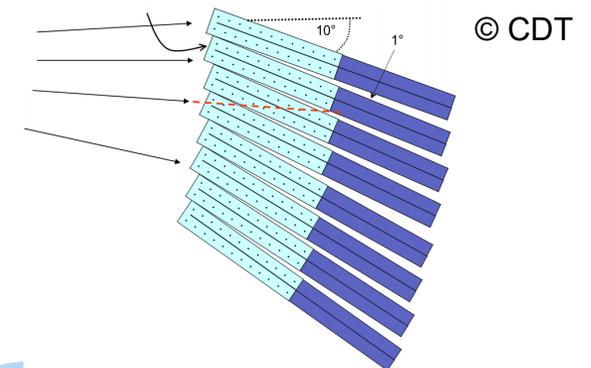


Mantle Detektorsegment für zylindrisches Barrel

- Gekippte Anordnung der Segmente für schrägen Einfall der Neutronen, Neutronen durchdringen bis zu 8 Lagen bei 10° Einfallswinkel um eine Nachweiseffizienz von 55% bei 1 \AA zu erreichen



End-cap Detektorsegmente in 5 SUMO-Modulen einer 12° Einheit



POWTEX DETEKTOR TESTS

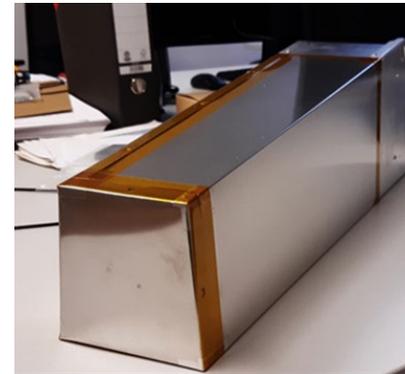
- Ausleseelektronik:
 - Basierend auf 64 Kanal Cipix-ASICs mit FPGA basierter Verarbeitung der Daten auf CDRS-Board von CDT und Auslese via SIS Gbit optischem Link
 - Hohe Kanalzahl:
 - Mantle-Detektor: $224 * 240 = 53760$ Auslesekanäle
 - End-cap Detektoren: $512 * 23 * 2 = 23552$ Auslesekanäle
- Detektor Tests:
 - Neues Detektorkonzept, empfindlicher Aufbau mit langen Drähten, segmentierten Kathoden, dünnen Gehäusen und hoher Kanalzahl machen umfangreiche Tests notwendig
 - Quality Assurance Tests durch CDT (Gasdichtigkeit, Messungen zum Hochspannungsplateau und Dunkelzählrate)
 - Radiation Hardness Test an TREFF@FRM2 (erwartete 10-Jahres Bestrahlung, Dec. 2016)
 - Side-by-side Funktions-Test at POWGEN@SNS (Nov. 2017)



Mantle detector mounting unit touching POWGEN detector vessel (aus arXiv:2110.12767)

POWTEX DETEKTOR TESTS

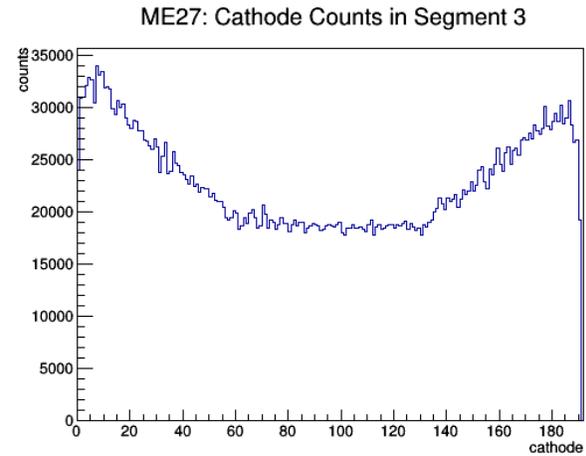
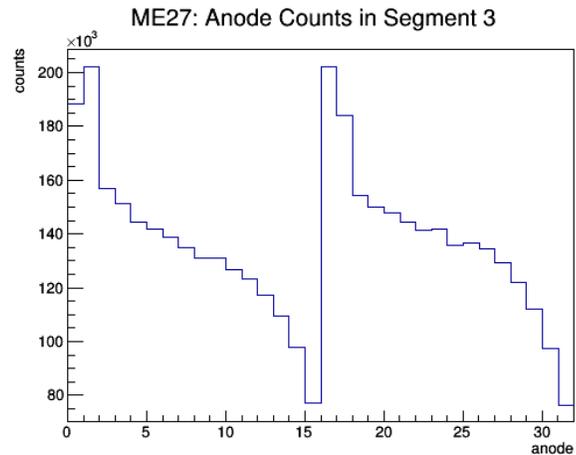
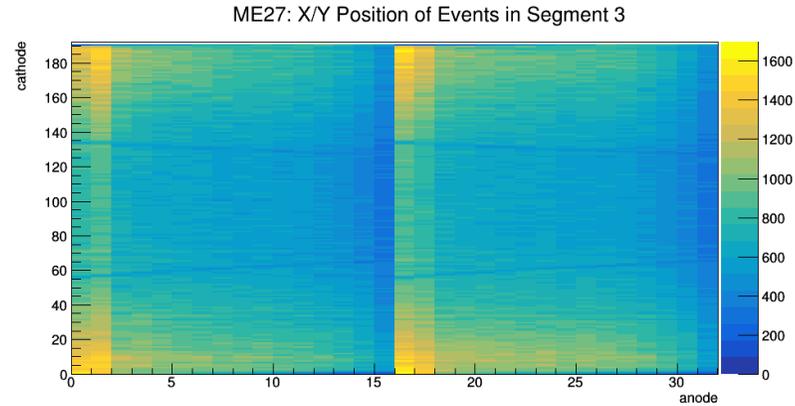
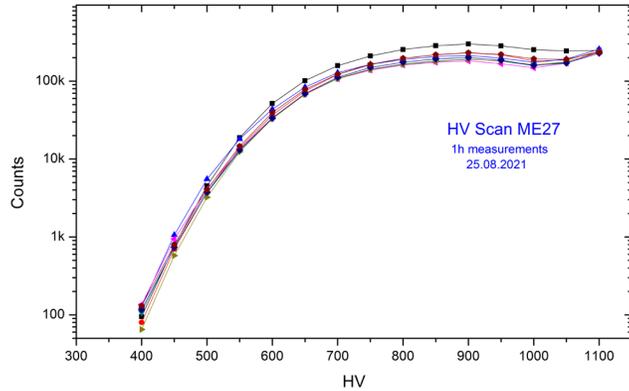
- Einbau der Detektoren am FRM2 verzögert
 - Überprüfung der korrekten Detektorfunktion und Vorbereitung der späteren Installation am FZJ
 - Tests des kompletten Mantle Detektors und eines Teils der SUMO Module an Cf-Quelle
 - Messung der Hochspannungs-Plateaus
 - Kontrolle auf einzelne Draht-/Kathoden-Ausfälle, Hotspot-Bereiche
 - Verbesserung/Anpassung der Soft- und Firmware zusammen mit CDT
 - Kontrolle auf komplette Funktionalität, Software für Eventrekonstruktion
 - Stabilitätstest von Soft- und Firmware bei Langzeitmessungen



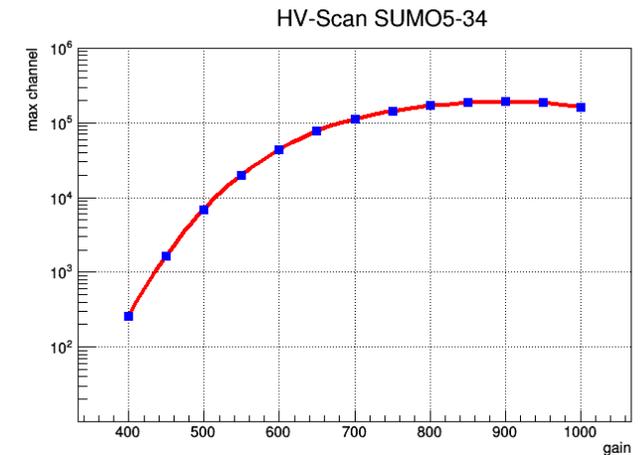
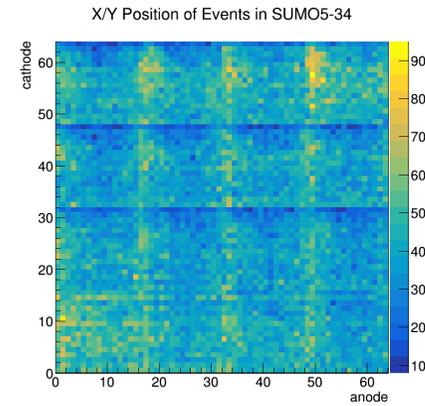
POWTEX DETEKTOR TESTS

- HV-Plateau Messungen:

Mantle-Detektoren



SUMO-Detektoren



POWTEX DETEKTOR TESTS

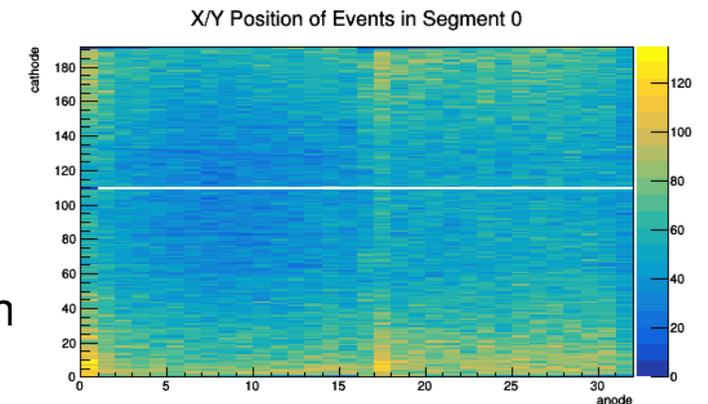
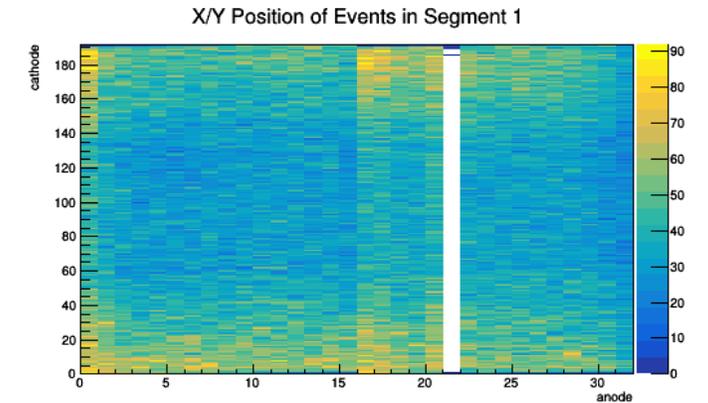
- Ergebnisse, Stand der Arbeiten, Ausblick:

- Mantle-Detektoren

- Tests mit Mantle-Detektoren in 2022 abgeschlossen
- 1x Montageeinheit defekt (gerissener Draht?), 5 Anodendrähte und 7 Kathodenstreifen ohne Counts, 1 Hotspot (moderat: 2-fach)
- Transport zum FRM2 nach Genehmigung, kurzer elektrischer Test nach Transport, Einbau und Test mit natürlicher Strahlung, Reparatur defekter Montageeinheit(en) im Reinraum des Detektorlabors anvisiert

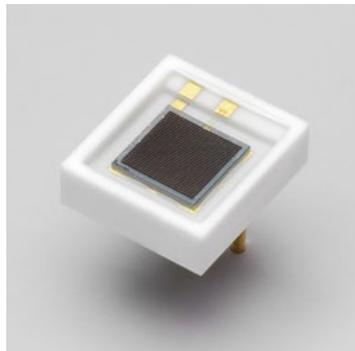
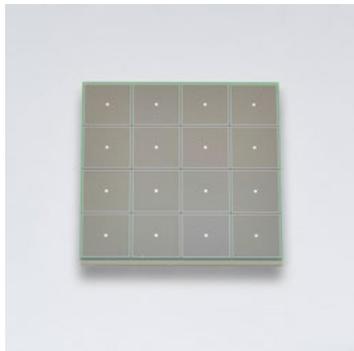
- End-cap Detektoren

- 12(16) SUMOs getestet, Installation & Test neuester Firm- und Software steht noch aus
- HV-Anschlüsse sensitiv auf Störungen, aber bisher keine Draht-/Kathoden ausfälle
- Abschluss der Arbeiten, Transport zusammen mit restlichen SUMOs bei CDT zum FRM2 nach Genehmigung, kurzer elektrischer Test nach Transport, Einbau und Test mit natürlicher Strahlung



UNTERSUCHUNGEN ZU SIPM-NEUTRONENDETEKTOREN

- Zielsetzung: Ortsauflösende Anger-Mode und Photon-Counting Detektoren
 - Voruntersuchung für zukünftige hochauflösende Szintillationsdetektoren mit moderater Zählrate
 - Kompakte ASIC-basierte SiPM-Auslese bei Lichtverteilung über mehrere Pixel oder über Wavelength-Shifting Fibres
 - Test der Strahlenhärte
- Einsatz kommerziell erhältlicher Komponenten:
 - 3x3mm SiPMs von Hamamtsu: S13361-3050 4x4 MPPC-Array, S13360-3050 Single MPPCs
 - 32 Kanal Signalverarbeitungs- & Readoutelektronik DT5702/A1702, SP5601 Lichtpulsler



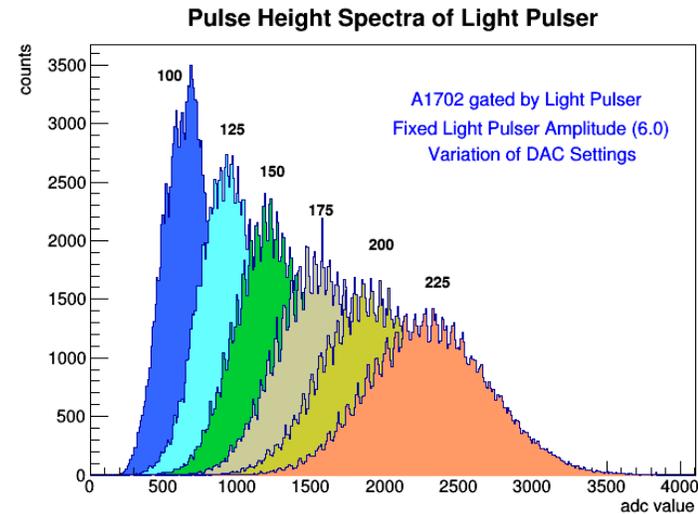
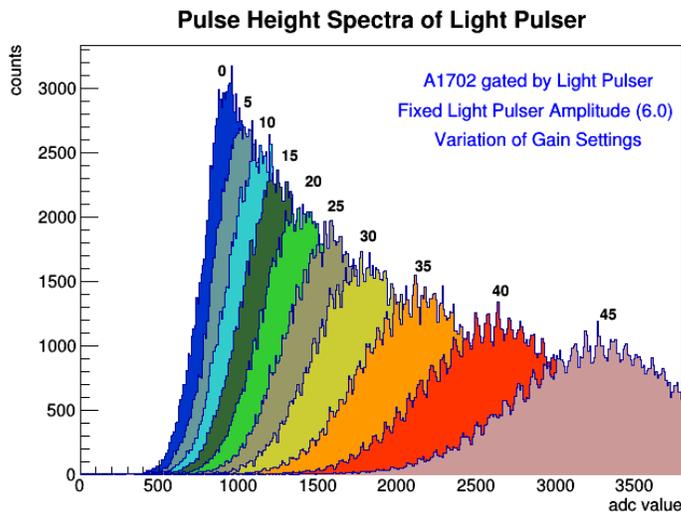
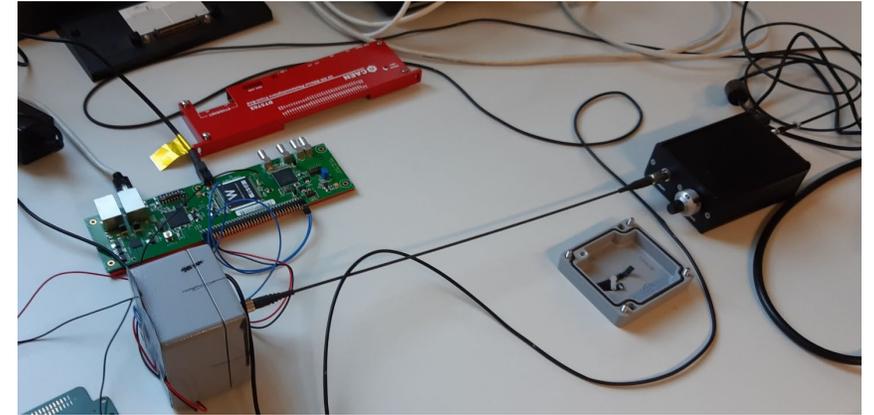
S13361-3050 and S13360-3050 MPPCs © HAMAMTSU



32 channel signal processing & readout board A1702 © CAEN

LICHT-PULSER MESSUNGEN

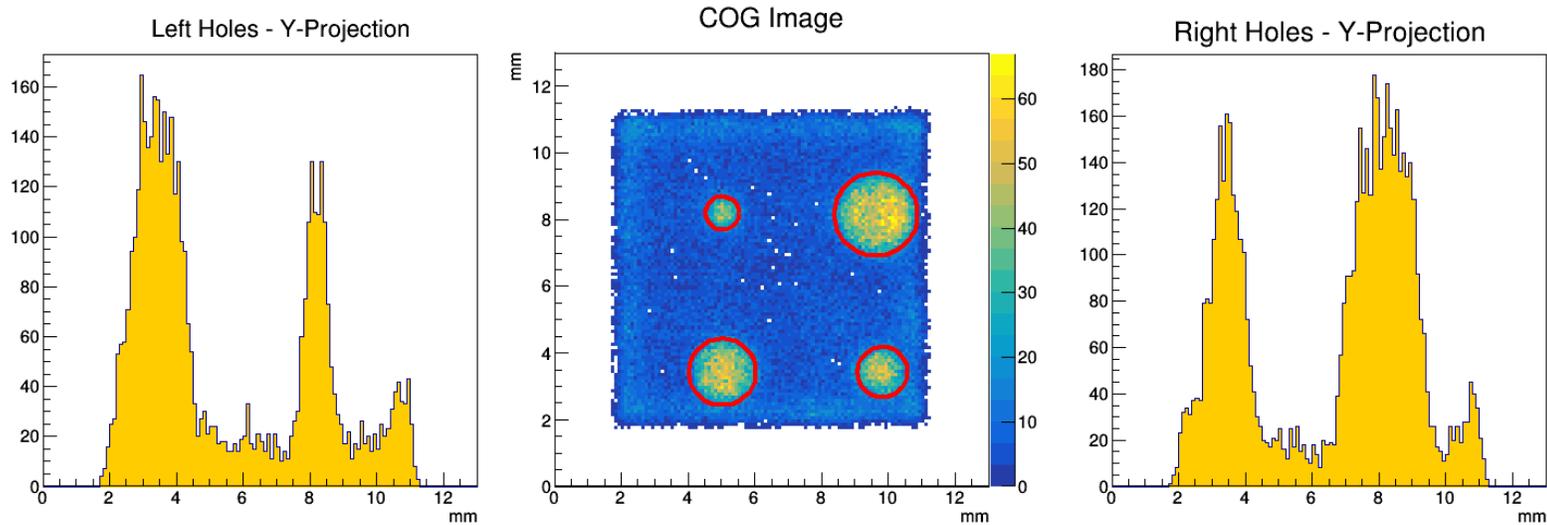
- A1702-Board mit möglichem ASIC-Kandidat (Citiroc)
 - Spannungsversorgung (20-90V) mit DAC basierter Einzelkanal Fein-Einstellung (0.5-4.5V)
 - Einstellbare(r) Verstärkung, Threshold, und Peaking-time des Slow-Shaper
 - Ethernet readout und CERN root basierte GUI als DAQ software



- Messungen mit Licht Pulser zur Untersuchung der Citiroc Parameter
 - Variation der Verstärkung und DAC Einstellungen
 - Abhängigkeit vom Threshold DAC und der Slow-Shaper Peaking-time
 - Dark Counts: ~35-40 kHz @Vop=56V (S13360-3050 single Pixel)

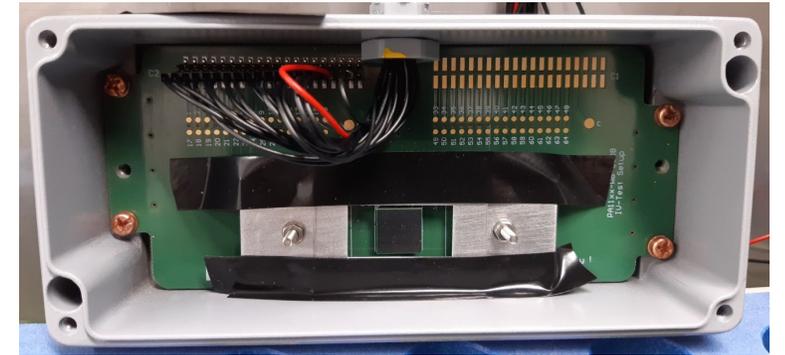
NEUTRONEN MESSUNGEN MIT 4X4 SiPM ARRAY

- Messungen zur Ortsauflösung an Cf-Source
 - SiPM-Array auf KETEK breakout Board in lichtdichtem Gehäuse
 - 1mm Li-Glas Szintillator vor SiPM-Array in variablem Abstand



- Ausblick:

- Messungen mit höherer Statistik, Optimierung Szintillator-Abstand
- Entwicklung geeigneter Rekonstruktionssoftware und Erweiterung auf größere Fläche
- Messungen zum Photon-Counting mit Wavelength-Shifting Fibres



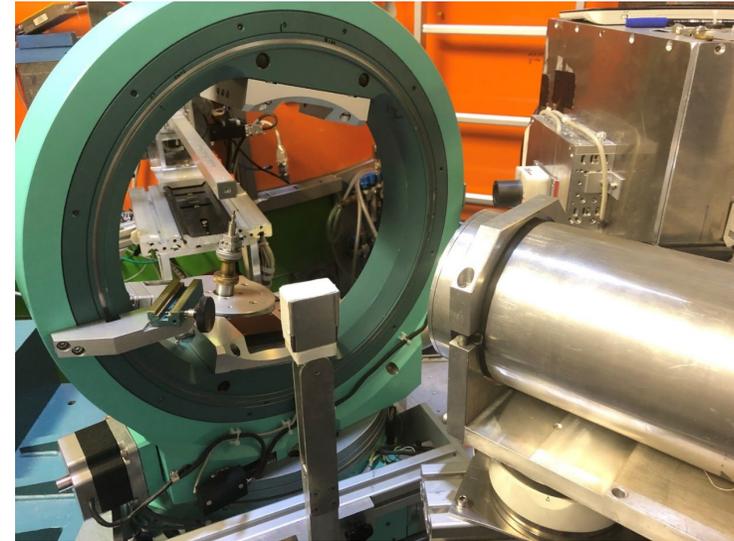
- Messungen bei 2.4 mm Szintillator-Abstand und $^{10}\text{B}_4\text{C}$ -Platte mit Löchern (\varnothing : 1, 1.5, 2, 2.5 mm)
- Ortsauflösung: Peak-FWHM entspricht nahezu Lochbreite, aber noch niedrige Statistik und COG Rekonstruktion

HEIDI

single crystal diffractometer – detector upgrade

Ist- Zustand:

- He-3-Einzelrohr-Zählrohr
 - Empfindlichkeit von mehr als 90 % bei 0,3 Å
 - 50 mm Durchmesser und einer empfindlichen Länge von 170 mm bei 5 bar He-3
 - Horizontaler Einbau
- BMBF-Förderung bis Ende 2022



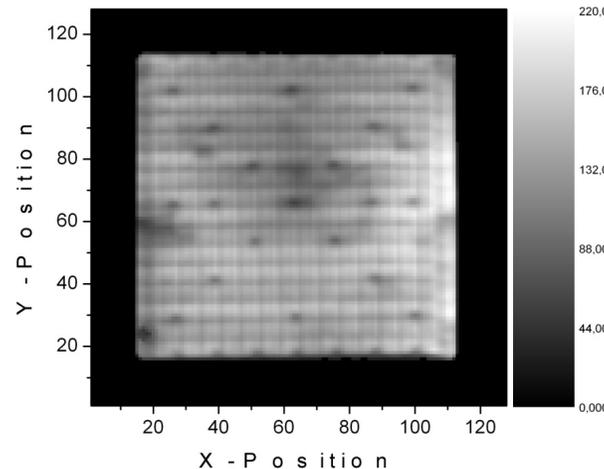
HEIDI

Neuer Detektor Anforderungen - Wunschliste

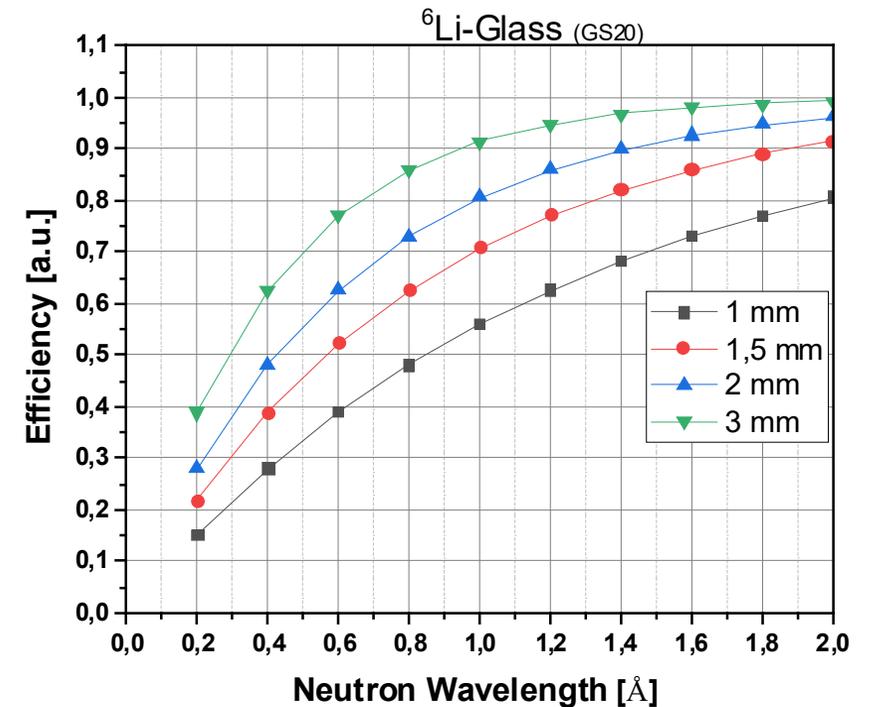
- Zählrate:
 - Liegt während der Messungen typischerweise im Bereich von einigen 100 cps, kann aber bei Spitzenwerten bis zu 100.000 cps/cm² betragen
- Die Prioritätenliste vom Instrumentenwissenschaftler :
 - Detektorfläche sollte mindestens 150 mm x 250 mm, besser 200 mm x 200 mm betragen
 - Ortsauflösung von 3 mm x 3 mm
 - Neutronen Empfindlichkeit sollte ≥ 90 % bei einer Wellenlänge von 0,9 Å betragen

DETEKTORKONZEPT

- Pixeldetektor ähnlich zu SKADI, aber
 - 2mm ^6Li glass szintillator
 - MaPMT type H9500/H13700 mit 256 pixel
 - ASIC basierte Ausleseelektronik von IDEAS



- Erste Testmessungen mit einem geliehenen Detektor von KWS-3 wurden Anfang 2020 durchgeführt



ANGER MODE AUSLESESYSYSTEM

Detektor mit ortsauflösenden PMT:

- ^6Li -Glas szintillator
- Photomultiplier mit Mesh-Dynode struktur
- Auslese über ein Widerstandsnetzwerk
- Ortsauflösung nach dem Anger Prinzip
- Sensitive Neutronen Fläche 120mm \varnothing

Anforderungen an das neue System:

- Clock Eingangssignal; TTL 5V und/oder NIM
- PoE Versorgung
- Software Schnittstellen angepasst für Nicos
- Test Programme

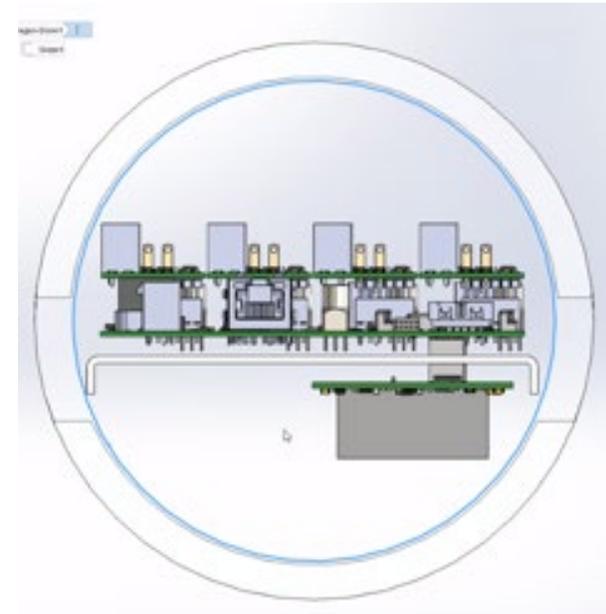
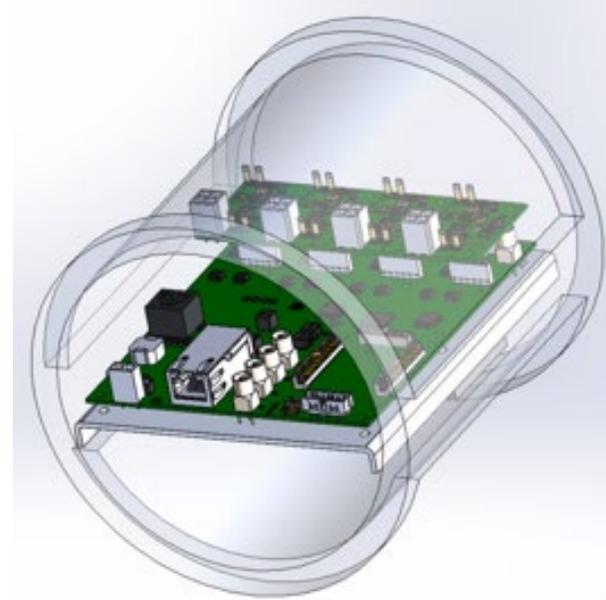
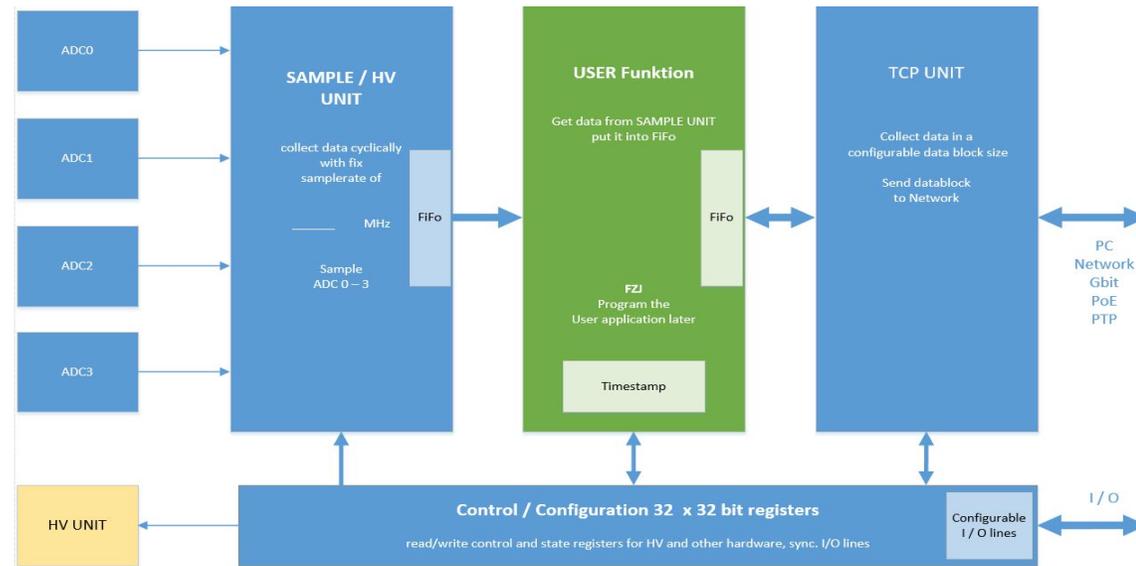


Ortsauflösender PMT mit Ausleseelektronik

ANGER MODE AUSLESESYSYSTEM

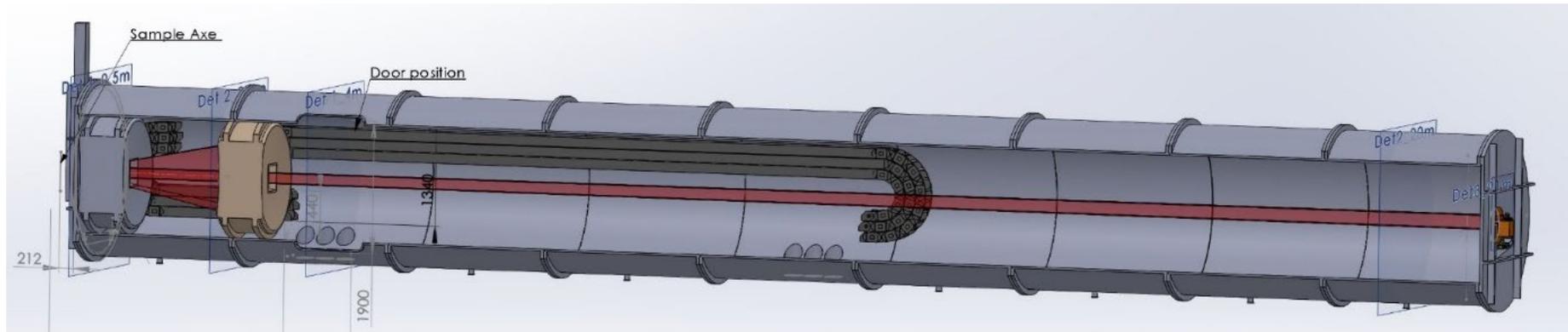
Neu

- Trenz Modul TE0720 mit Xilinx Zynq-7000
- Freilaufende 12bit ADCs zur Pulsabtastung
- Netzwerk Verbindung mit PoE
- HV wird im Gehäuse generiert
- Vorteile:
 - Weniger Rauschen
 - Alles in einem Gehäuse



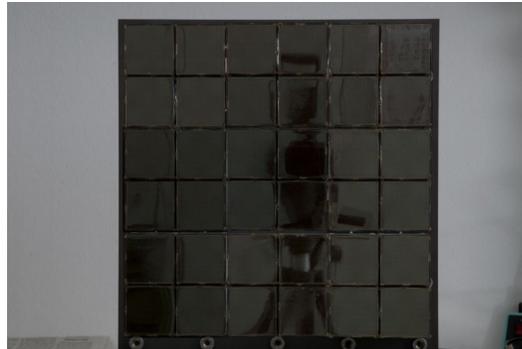
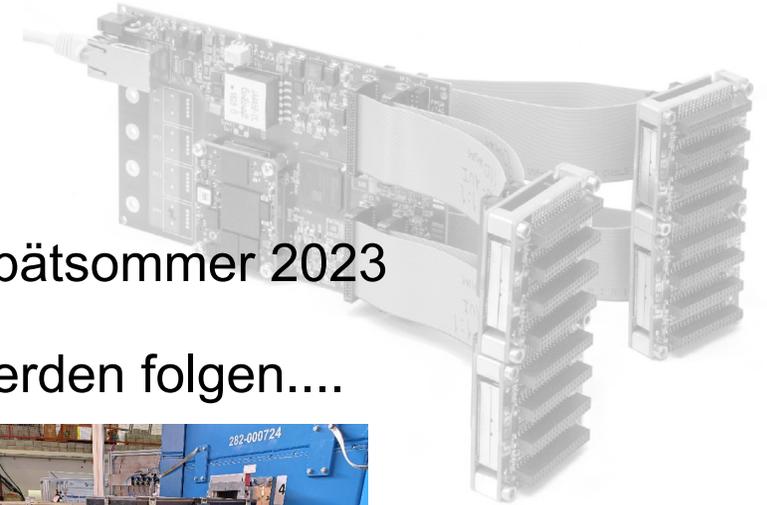
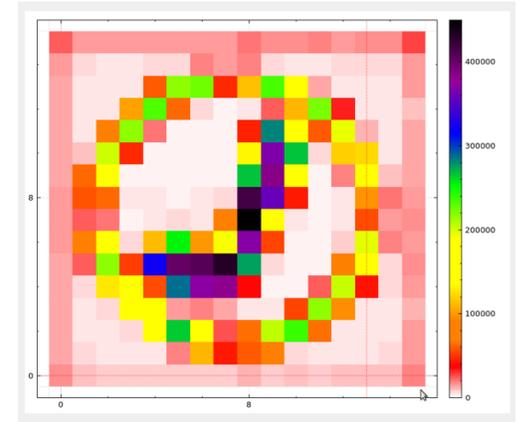
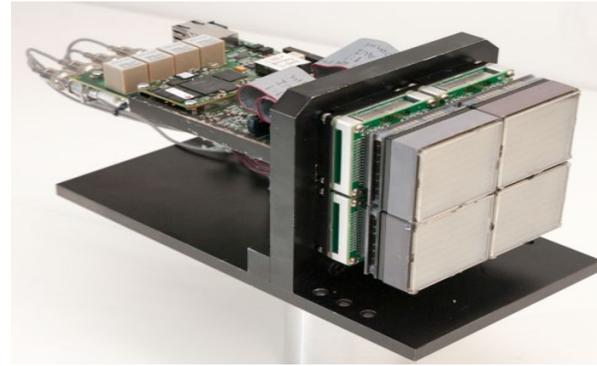
SKADI Detektor

(SMALL-K ADVANCED DIFFRACTOMETER)



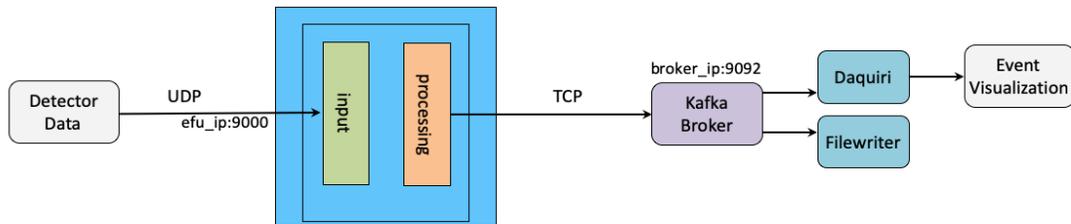
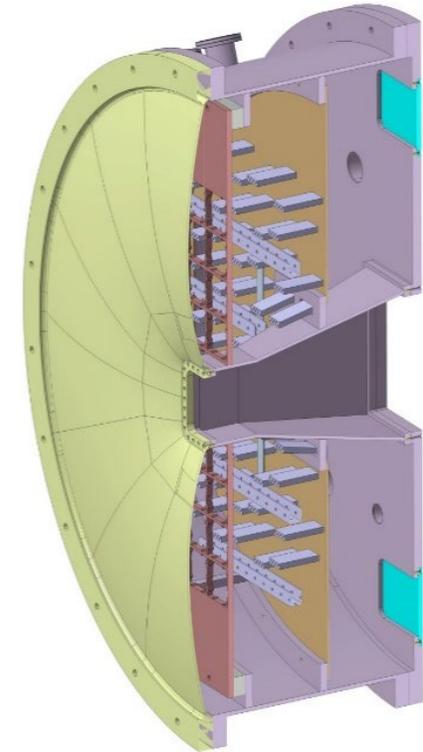
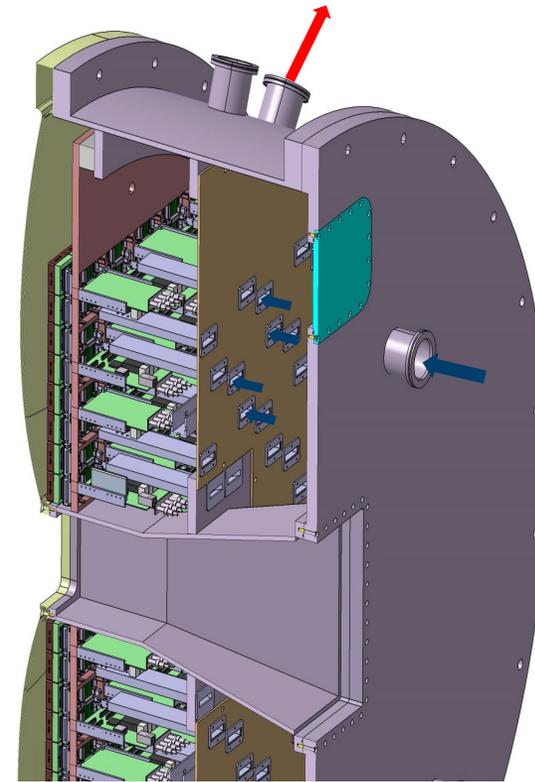
GENERAL UPDATES

- Detektor Test's am ORNL wurden durchgeführt
 - Resultate sehen gut aus, aber es bedarf einiger kleinerer Korrekturen am Design
 - Vielen Dank dem ORNL Team für die Hilfe!!
- DAQ, das von ESS hergestellt werden soll, ist noch nicht fertig
- CB Anpassungen / Änderungen müssen vorgenommen werden - Spätsommer 2023
- Test Messungen bei BigKarl verliefen als erster Test gut. Weitere werden folgen....
- 3x3 Demonstrator

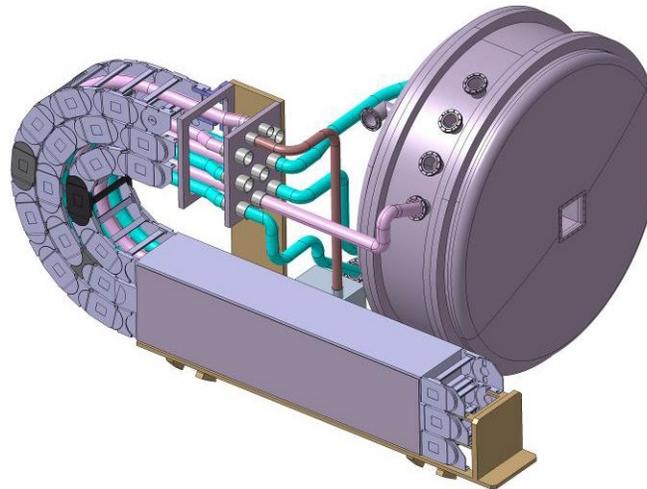
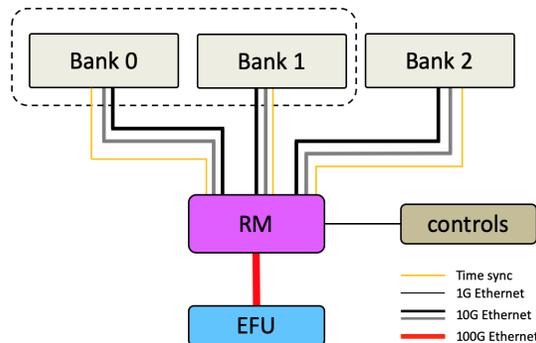


GENERELLES

- Benötigt wird ein Kühlsystem (Wasser/Luft-Wärmetauscher für ca. 1,5 kW
- Optische Fibern für Datentransfer und Einstellungen

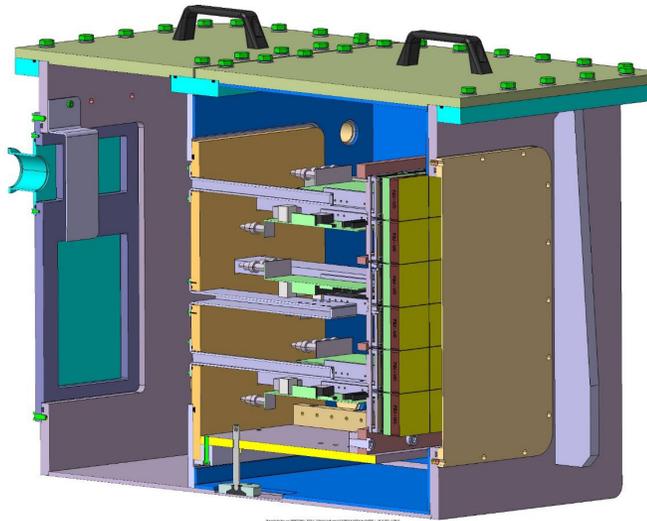
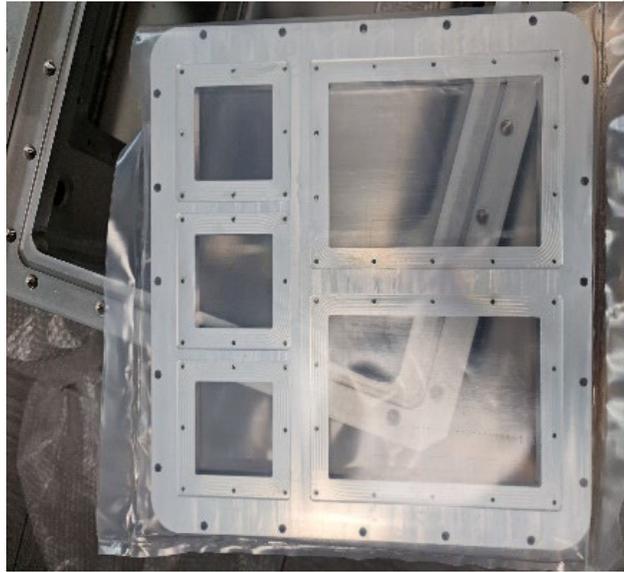
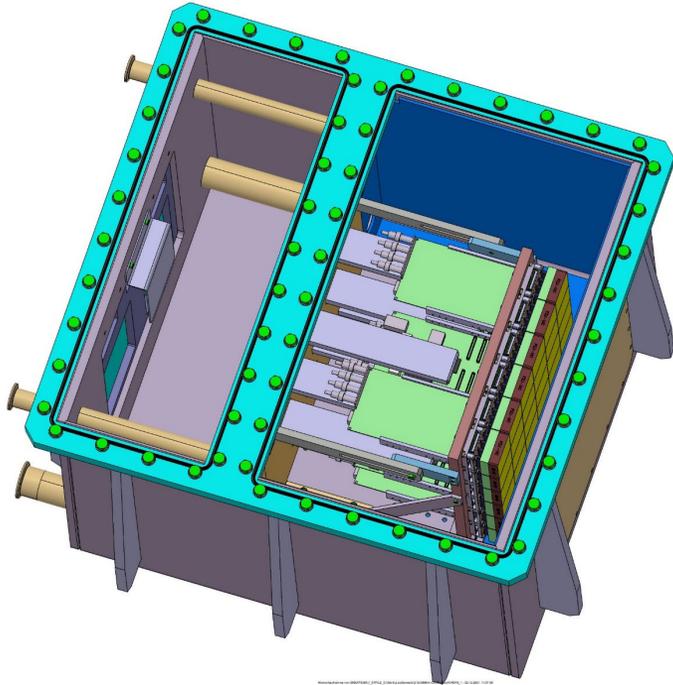


- Aktuelle Diskussionen mit der ESS



3X3 TESTSYSTEM

Gehäuse wird gerade Zusammengebaut



SUMMARY

- POWTEX Detektor Tests
 - Kontrolle korrekte Funktionalität von Detektoren, Soft-/Firmware, Vorbereitung spätere Installation
 - Tests des kompletten Mantle Detektors und eines Teils der SUMO Module abgeschlossen
- Untersuchungen zu SiPM-Neutronendetektoren
 - Voruntersuchung für zukünftige hochauflösende Szintillationsdetektoren
 - Moderate Dunkelzählrate und erste Messungen mit 4x4 SiPM Array mit guter Ortsauflösung
- HEiDi
 - Die mechanische Konstruktion ist abgeschlossen. Die Fertigung kann bald beginnen
 - Komponenten wurden bestellt und teilweise geliefert
- Ausleseelektronik für positionsempfindlichen Detektor ist in Arbeit
 - Erste Tests sind in 2023 geplant
- SKADI
 - Erste Tests @ORNL und @ BigKarl wurden durchgeführt
 - Firmware-Updates aufgrund der Master-Box-Schnittstelle müssen durchgeführt werden

