

Gassystem des OPERA Precision Trackers



bmb+f - Förderschwerpunkt

OPERA

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung



Übersicht

UH



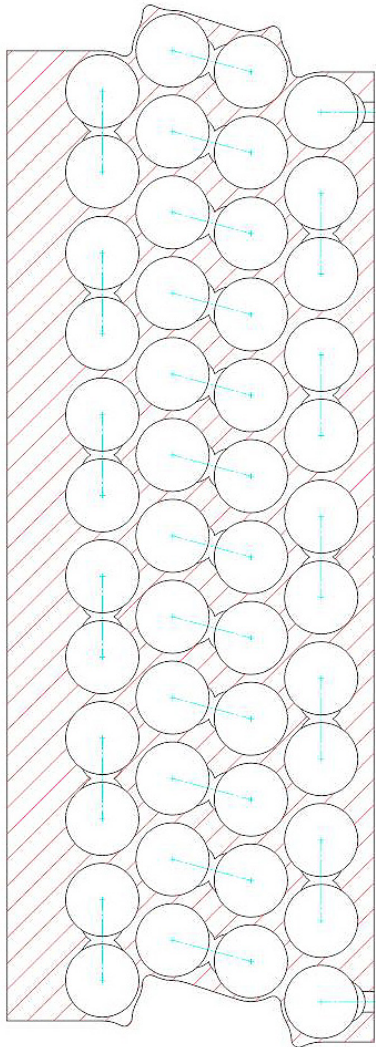
- Einleitung
- Driftröhrendesign
- Das OPERA PT Gassystem
- Gasqualitätsmonitoring/
Einfluss von Sauerstoff
- Zusammenfassung

OPERA Standort: Untergrundlabor (LNGS)

- keine giftigen/brennbaren Gase erlaubt
 - sonst hohe Sicherheitsbestimmungen (z.B. OPERA-RPC: Isobutan)
- keine störungsanfällige Elektronik „im“ Detektor
 - Zugang zu Gas-Subsystemen nur wenn OPERA-BMS ausgeschaltet
- voll ferngesteuertes, wartungsfreies „Gasmonitoring“, keine radioaktiven Quellen
- voller Remote-Zugriff über Internet nötig
 - Wartung aus Hamburg über „experts-on-call“

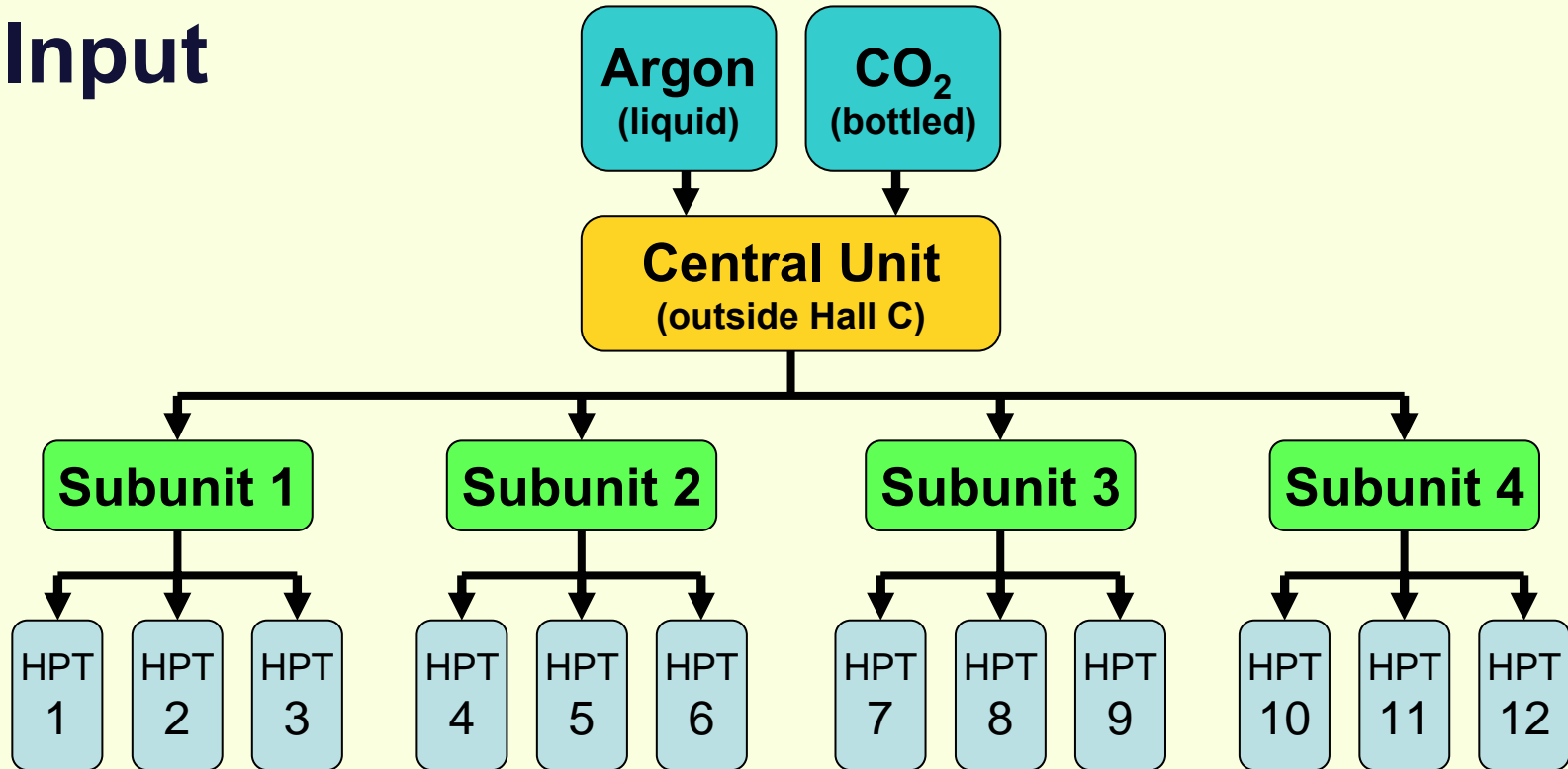
Andere Anforderungen

- großes Gasvolumen (80m^3), fast 80km „Driftröhrenlänge“, ~40.000 O-Ring Dichtungen
- einfache Gasmischung, niedriger absoluter(!) Gasdruck
 - Argon:CO₂ (80:20), ca. 100 mbar Überdruck in Driftröhren
- Einfache Wartung (hohe Modularität)

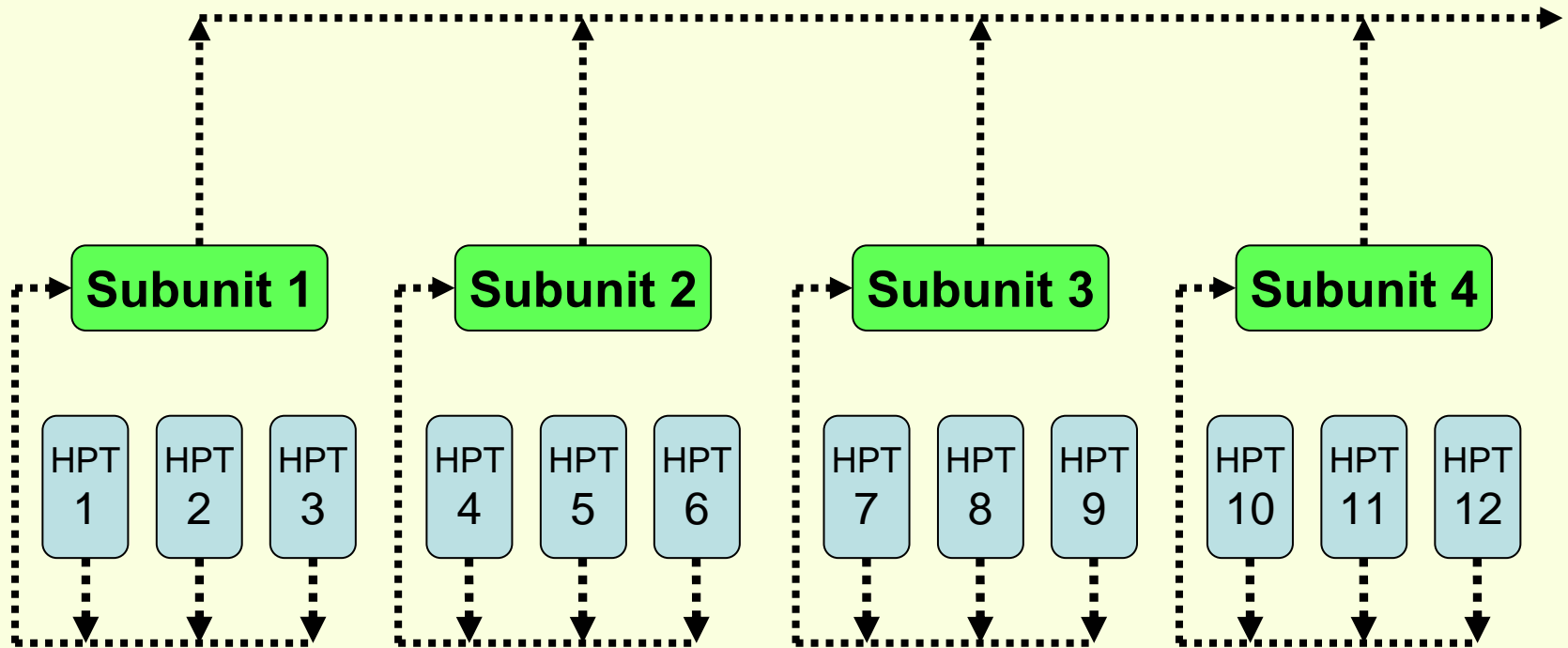


- 2 cm dicke Aluminium-Endplatten (CNC gefr.)
 - Mechanische Fixierung der Röhren
 - Einkerbungen für Dichtungen
- 48 Driftröhren (8m lang) pro Modul
 - alle in Serie geschaltet für Gassystem
 - ca. 400 l Volumen pro Modul
 - ca. 380 m Driftröhrenlänge pro Modul
 - gefräste Gaskänale für benachbarte Röhren
 - Vermeidung zusätzlicher Verbindungen/Dichtungen
- Gasanschlüsse der Module aus Kunststoff
 - galvanische Trennung der Module vom Gassystem
- Anschluss über Edelstahlschläuche

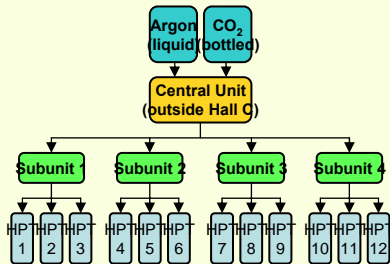
Input



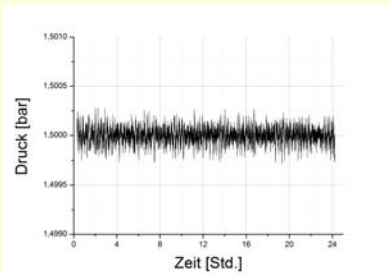
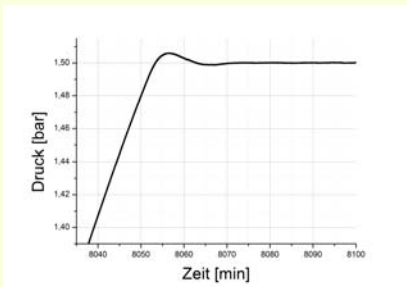
Output



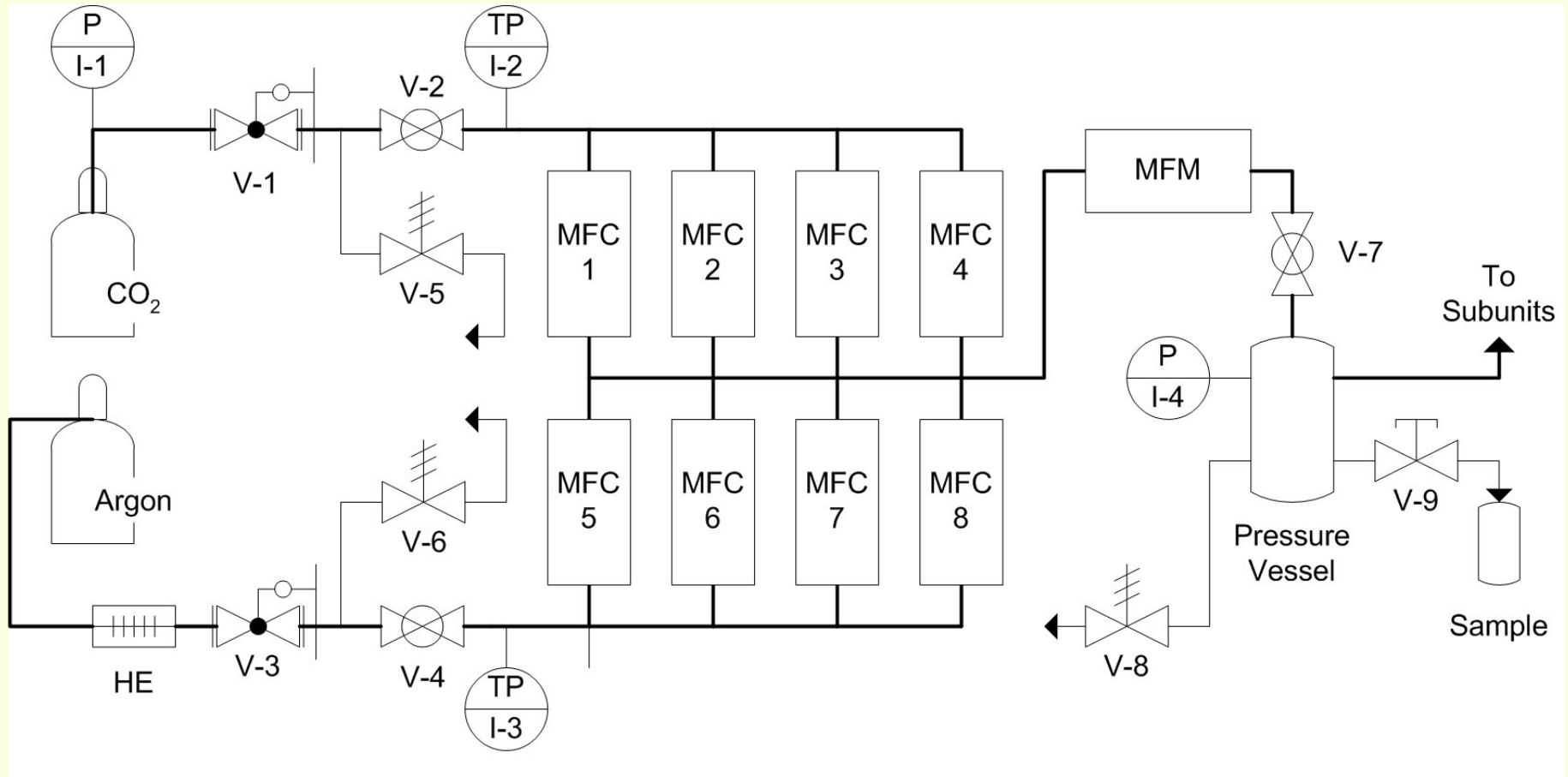
Central Unit



- Regelung (lokale SPS)
 - Vordruck für Subunits (1500mbar)
 - Mischungsverhältnis Ar:CO₂ ($80:20\text{ vol.-%}$)
- Überwachung
 - Gastemperatur ($\sim 15^\circ\text{C}$)
 - Eingangsdruck Argon und CO₂ ($\sim 2.6\text{ bar}$)
 - Flaschendruck CO₂ ($\sim 50\text{ bar}$)
 - (Massen-)Fluss (8 MFCs + 1 MFM) ($\sim 1\text{m}^3/\text{h}$)
- Sicherheit
 - Überdruckventile (3.5 bar und 1.7 bar)



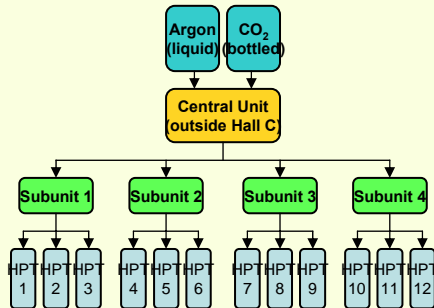
Central Unit



Central Unit



Subunit



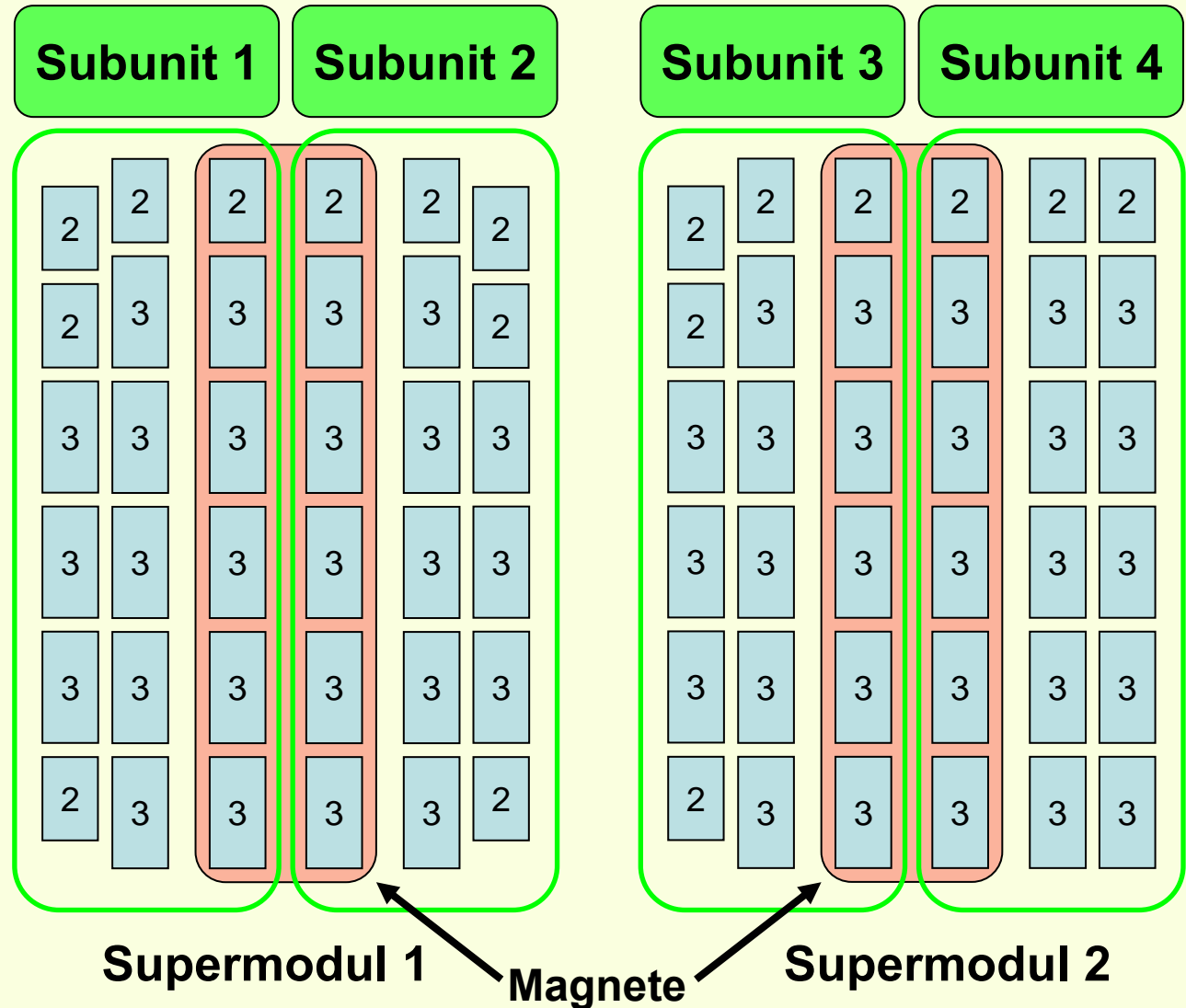
- Regelung/Steuerung/Monitoring
 - Moduldruck ($1005 \pm 5 \text{ mbar}$)
 - Sauerstoffmonitoring ($< 100 \text{ ppm}$)
 - 54 Magnetventile pro Subunit
 - (Vakuum-)Pumpen
- Manuelle Regelung
 - Fluss je Modulgruppe ($\sim 12\text{-}16 \text{ l/h}$)
- Überwachung
 - Druck in der Abgasleitung ($< 930 \text{ mbar}$)

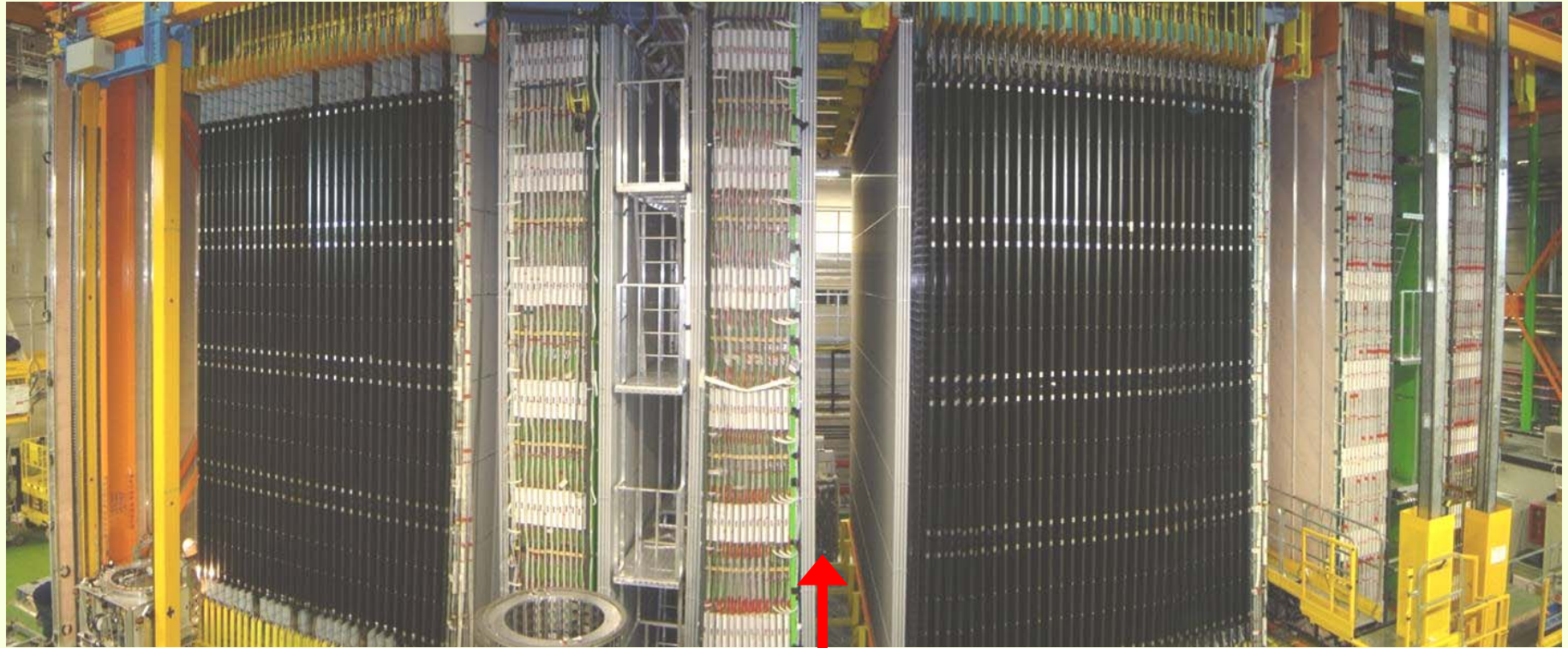
2 (3) Module pro
Modulgruppe
($V=800-1200l$)

6 Modulgruppen pro
HPT-Wall ($V \approx 7000l$)

3 HPT-Walls pro
Subunit ($V \approx 20m^3$)

4 Subunits insgesamt
($V \approx 80m^3$)





Subunit 1

Subunit 2

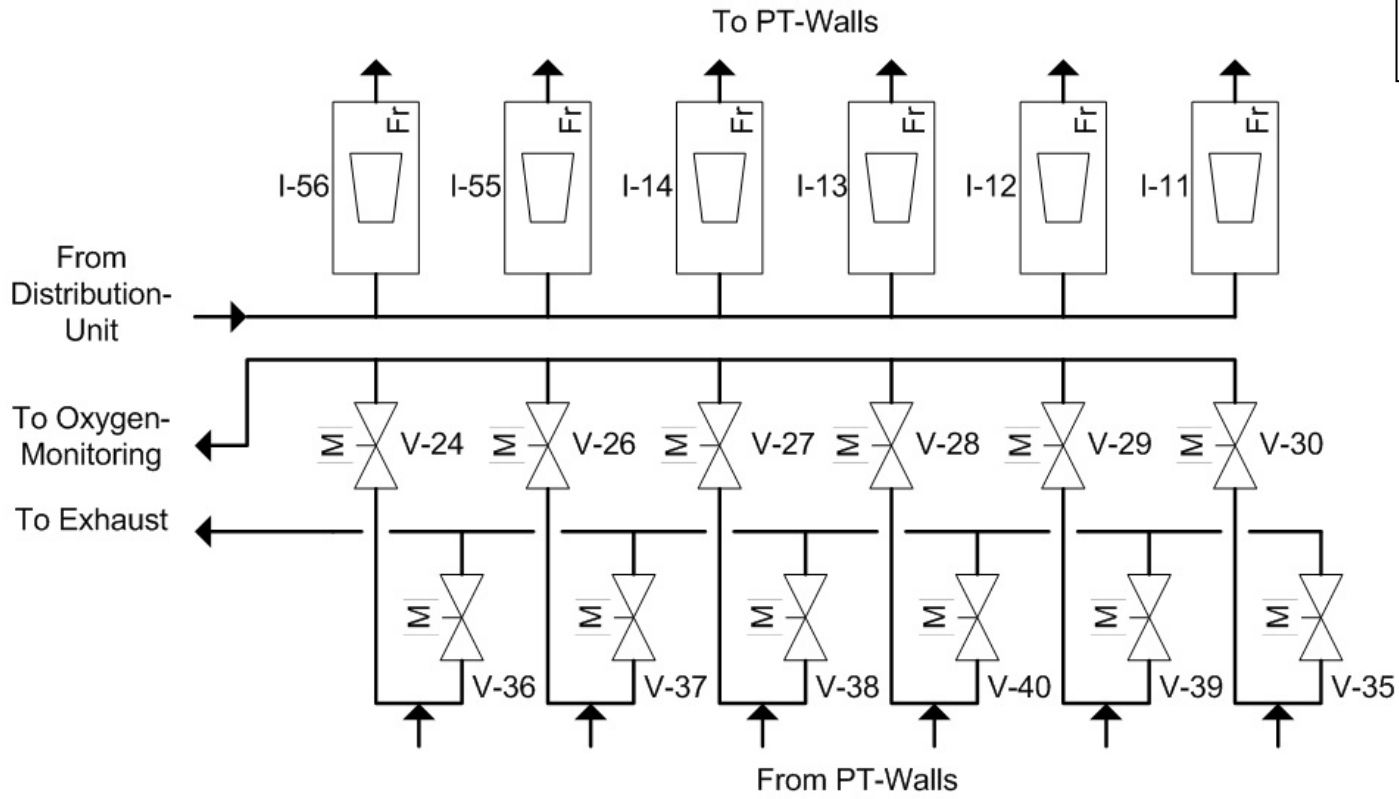
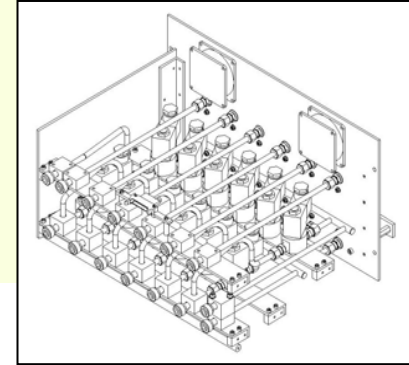
Subunit 3

Subunit 4

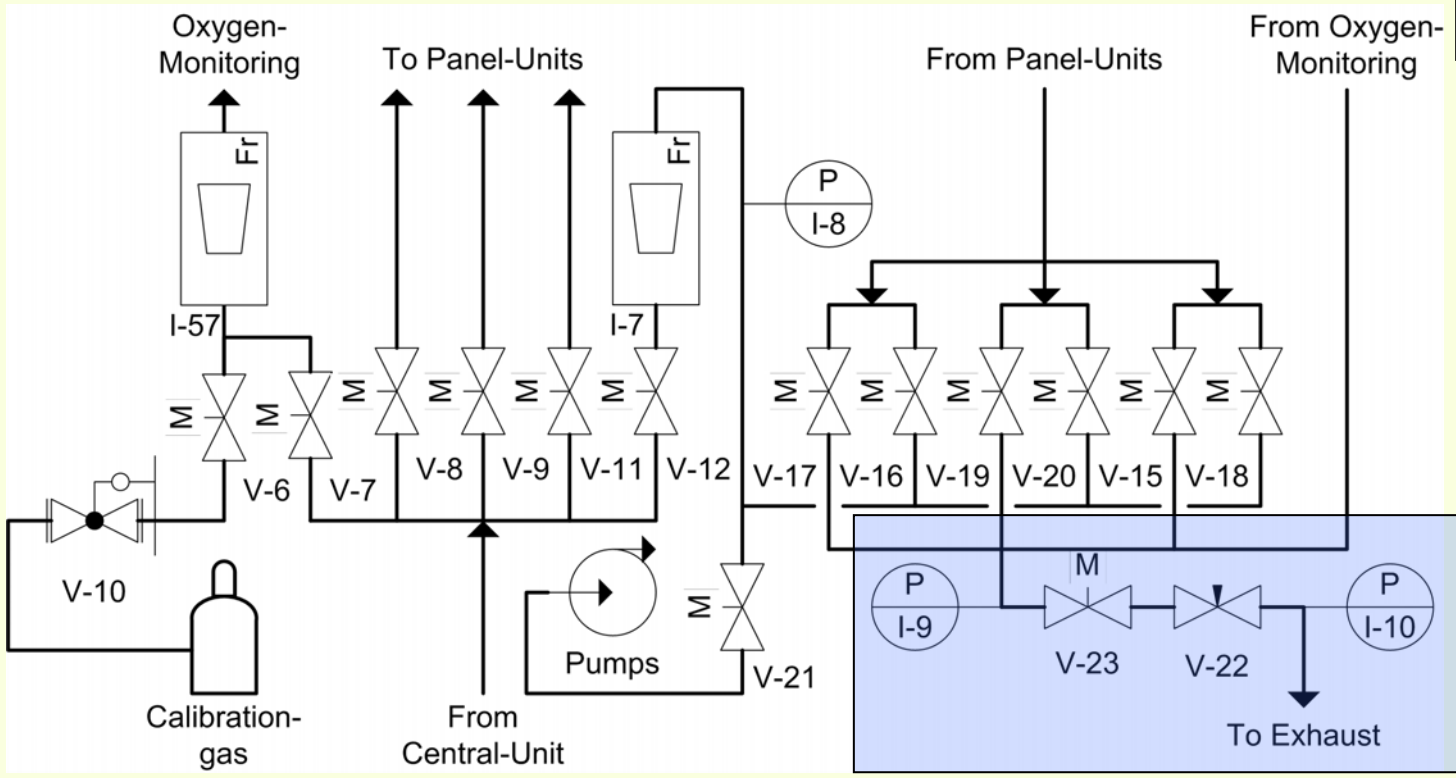
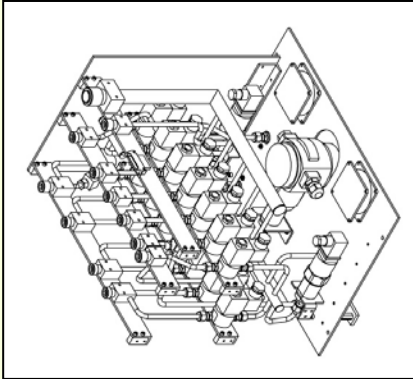
Subunit



Subunit

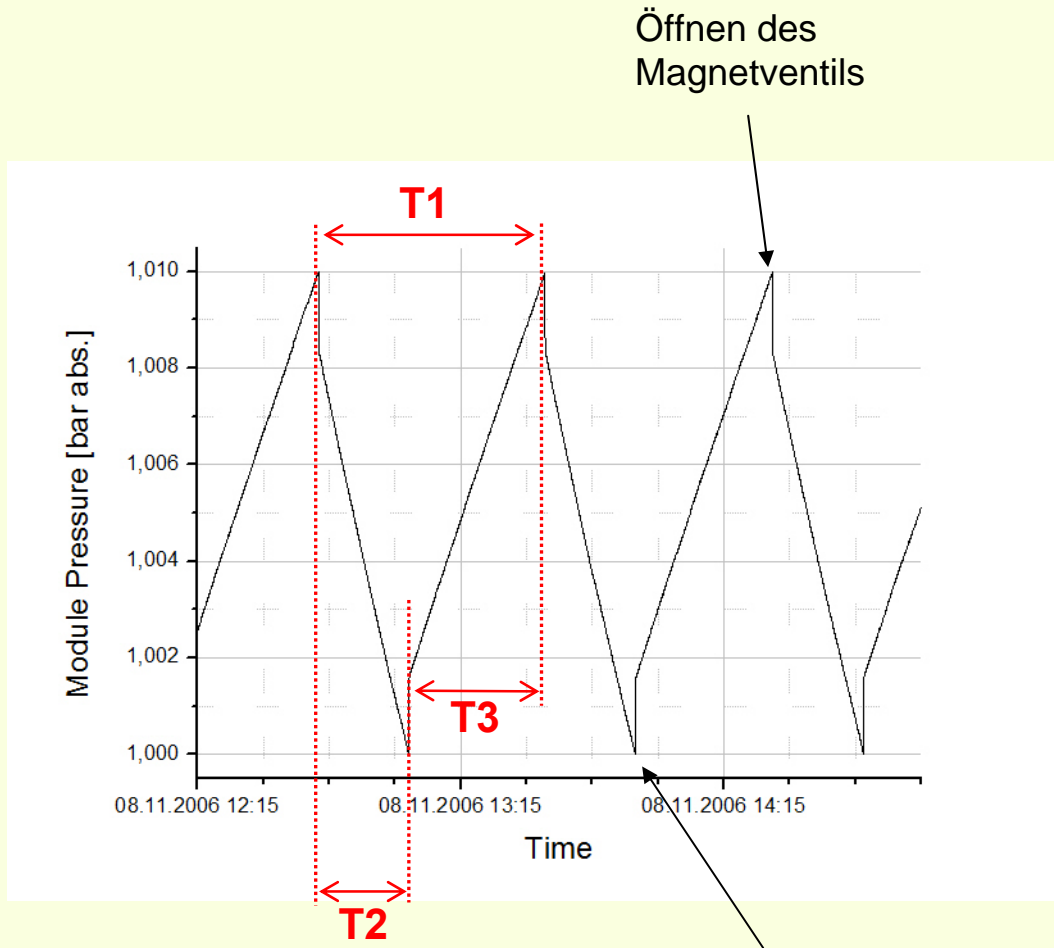


Subunit



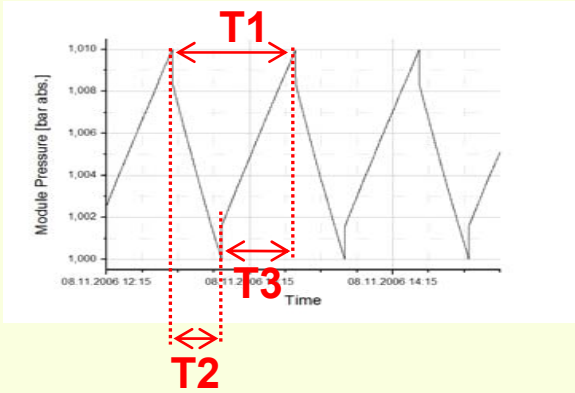
Druckregelung

Druckregelung (1)



- Druckschwankung: kleiner $\pm 0,5\%$ nominal
- Mechanisch einfach, einfache Wartung
- Effektive Möglichkeit Lecks in Zu-/Ableitung zu finden (zeitliche Abfolge der Schaltvorgänge: T1, T2 und T3)

Druckregelung (2)



Abhängig vom Außendruck:

- T1: Gesamtzyklus
- T2: Druckabfall $\rightarrow T2 > T2_{\text{nominal}}$
 - Panel-MV nicht geöffnet (Differenzfluss reduziert)
 - Differenzdruck zu niedrig (Abgasleitung)

Unabhängig vom Außendruck!!!

- T3: Druckanstieg $\rightarrow T3 > T3_{\text{nominal}}$
 - Leck in Modulen oder Subunits
 - Nominalbetrieb: <2s Abweichung (<0,1%!!!)

**Gassystem Subunits 1 und 2 (OPERA Supermodul 1)
laufen stabil seit September-Run 2006!**

Zu überwachende Parameter:

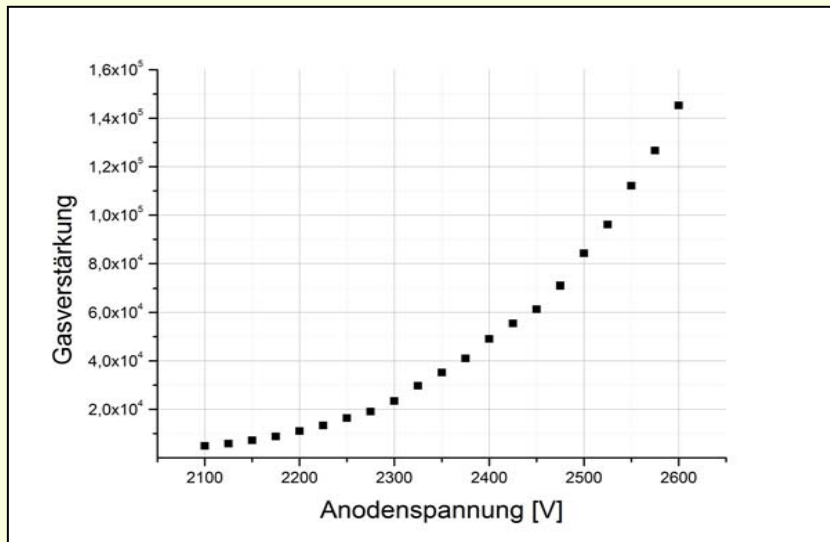
- Mischungsverhältnis Argon/CO₂ ($\pm 1\%$ je Komponente)
- Elektronenaffine Stoffe in Driftgas: H₂O und O₂
 - Wasser(un)durchlässige Materialien im gesamten System (OPERA PT: nur Edelstahl-, Aluminium- und Kupferleitungen, POM Anschlüsse, Viton und NBR Dichtungen)
 - Kontamination der Primärgas (Linde CO₂ 4.5: <5ppm O₂, <5ppm H₂O)
 - Gaslecks
 - O₂ etwa 20% Volumenanteil in Luft, CO₂+N wenig Einfluss auf Driftzeitspektrum
 - H₂O in Luft bei Gasfluss vernachlässigbar

Mischungsverhältnis Ar/CO₂ (80/20 ± 1%)

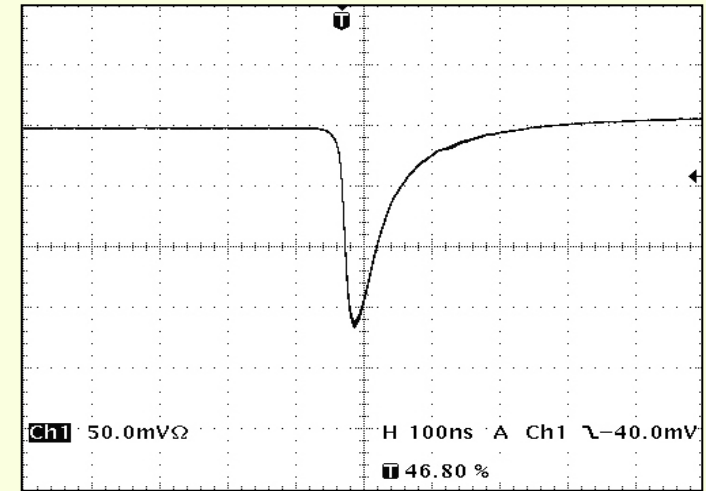
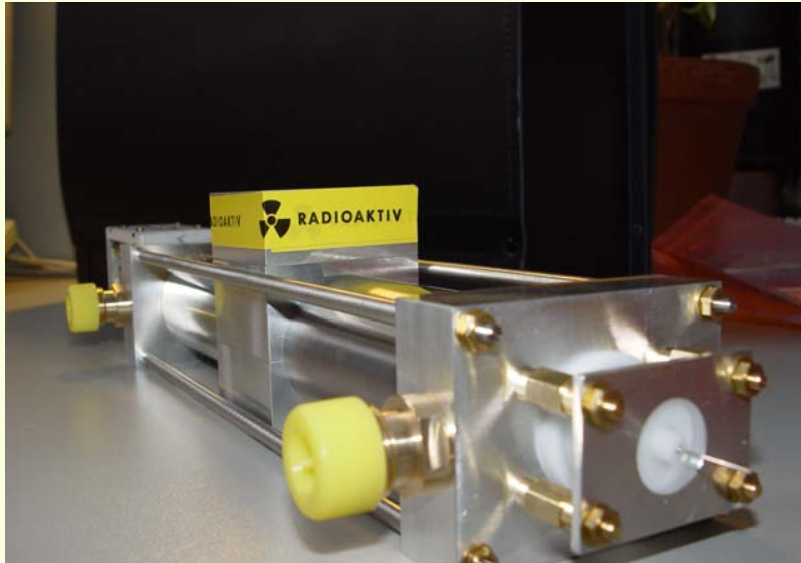
- da Volumenanteile “groß”: Zusätzliche MFM zur Flussüberwachung ausreichend
- MFC/MFM-Kalibration
(zeitliche Drift, HERA-B Erfahrung: etwa jährlich)
- Regelmäßige MFC Selbsttests (derzeit alle 72h)
- Software (SPS):
 - Abweichung Soll/Ist der MFCs
 - Abweichung MFC-Gesamtfluss von MFM-Gesamtfluss

ABER: Elektronenaffine Stoffe in Driftgas

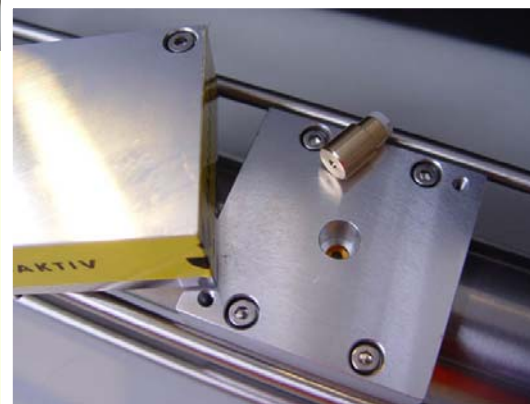
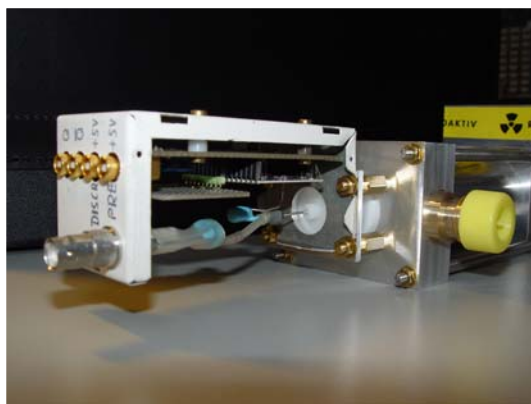
- Üblich: Gasverstärkungsspektren oder Driftgeschwindigkeitsmessungen
 - Erzeugung der Primärionisation über ^{55}Fe -Quelle oder (UV-)Laser
- Empfindlich auf Gaskontamination (bei konst. Betriebsparametern)

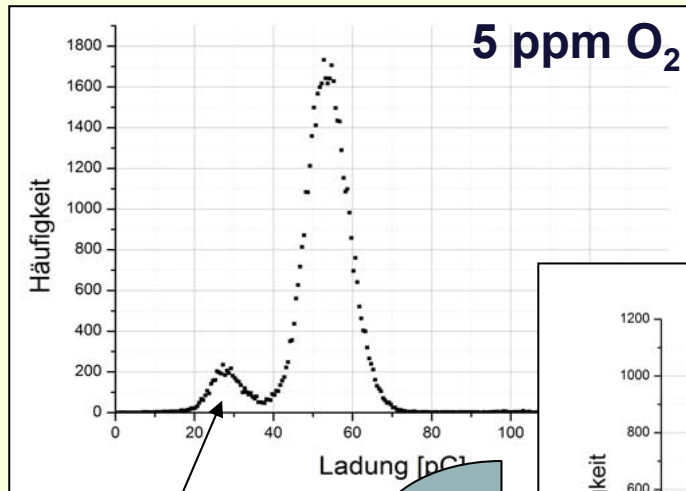


Gasverstärkung in Abhängigkeit von der Anodenspannung (OPERA Mini-PT)

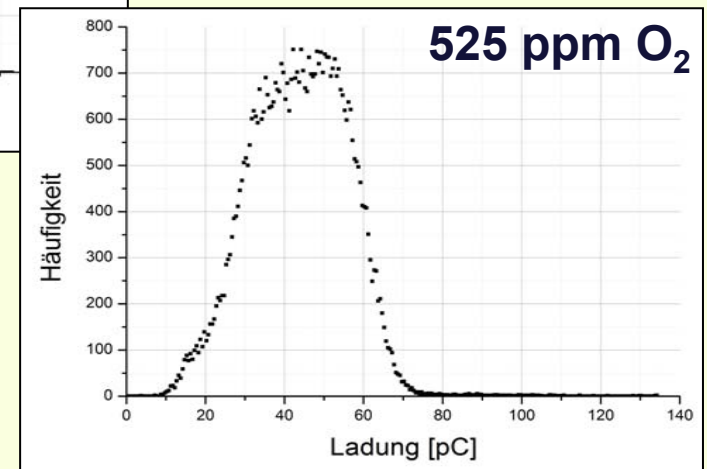
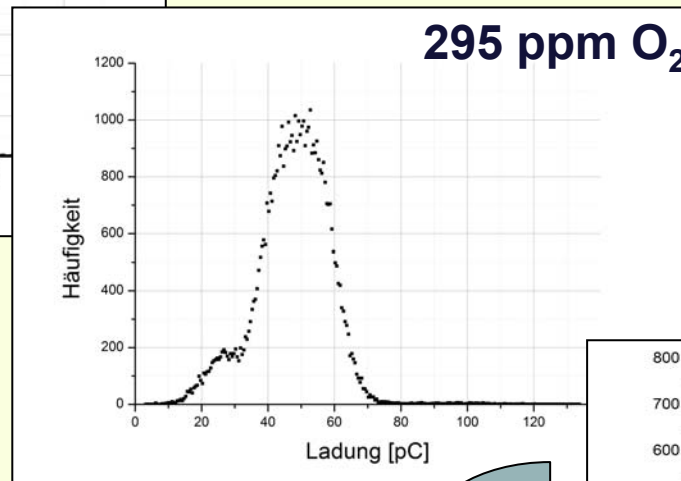


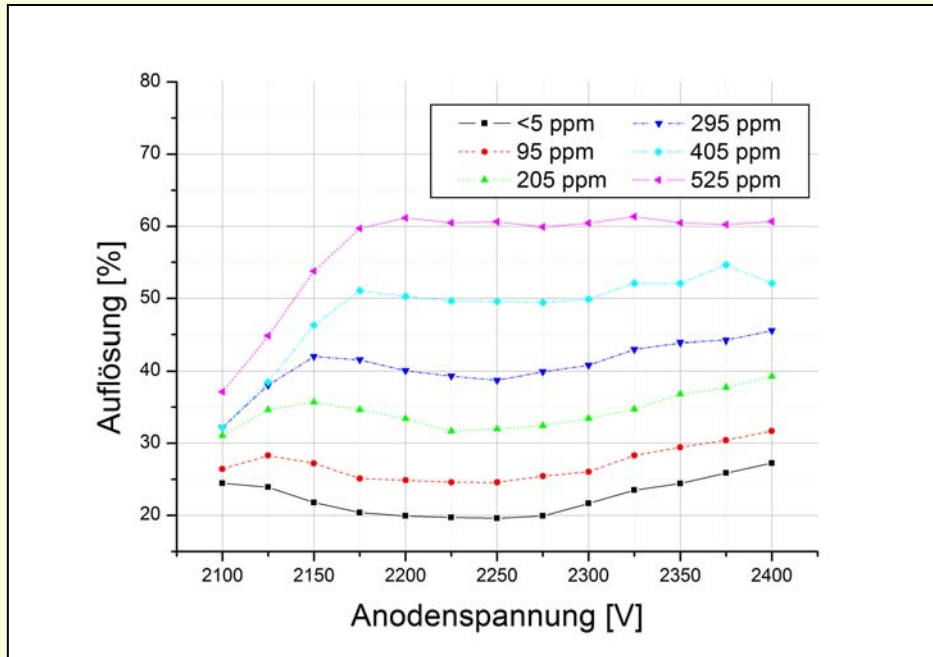
„Eisenpuls“ in OPERA Mini-PT-Röhre nach L3 Verstärker





„Escape“-Peak
Atomphysik (K, L Schale)





Starke Veränderungen der Energieauflösung bei geringer Sauerstoffkontamination

→ **Effektives Monitoring!**

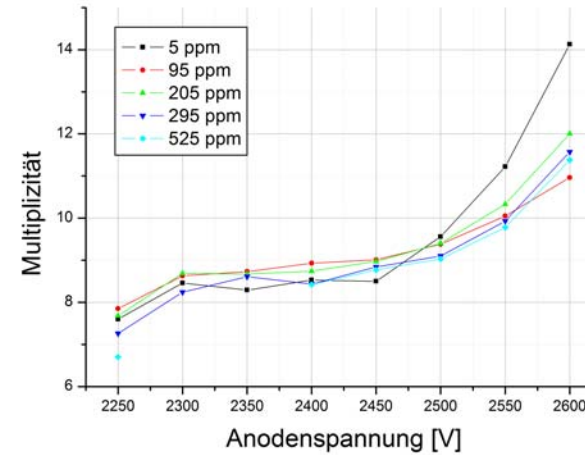
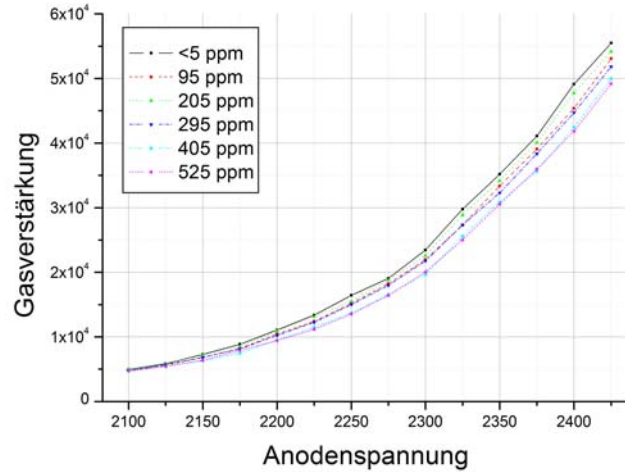
(Energieauflösung hier: Peakposition/FWHM des Hauptpeaks)

ABER 1: Energieauflösung für reine Zeitmessung in Driftröhren wie dem OPERA PT uninteressant!

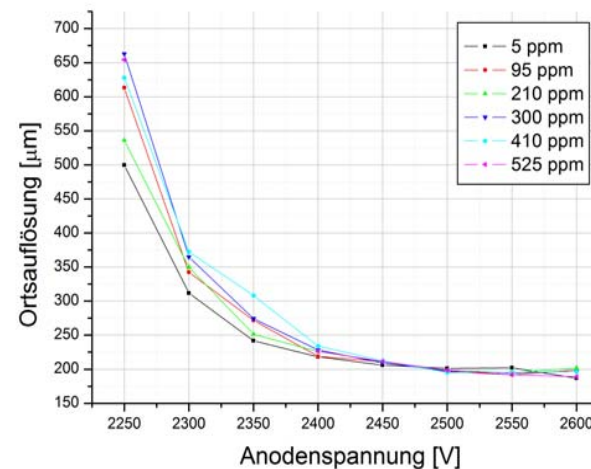
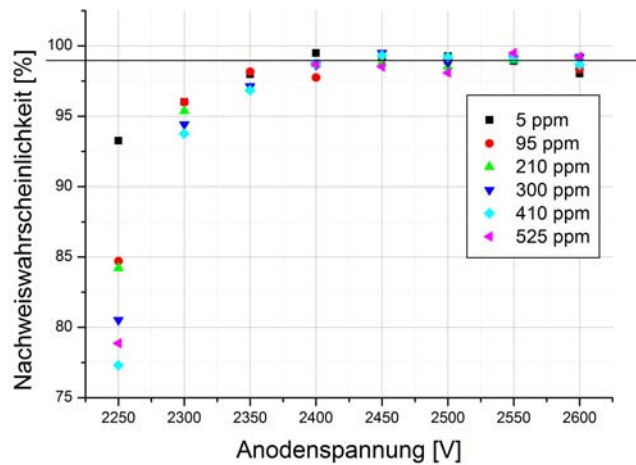
ABER 2: Radioaktive Quellen im LNGS Untergrundlabor verboten! Monitoring-Einheit im Betrieb nicht zugänglich → Industriestandard

Welche quantitative O₂-Obergrenze im nominalen Betrieb?

8 Lagen OPERA PT 1m-Driftröhren (1100mbar, Ar:CO₂ (80:20))



Multiplizität = Treffer pro Ereignis



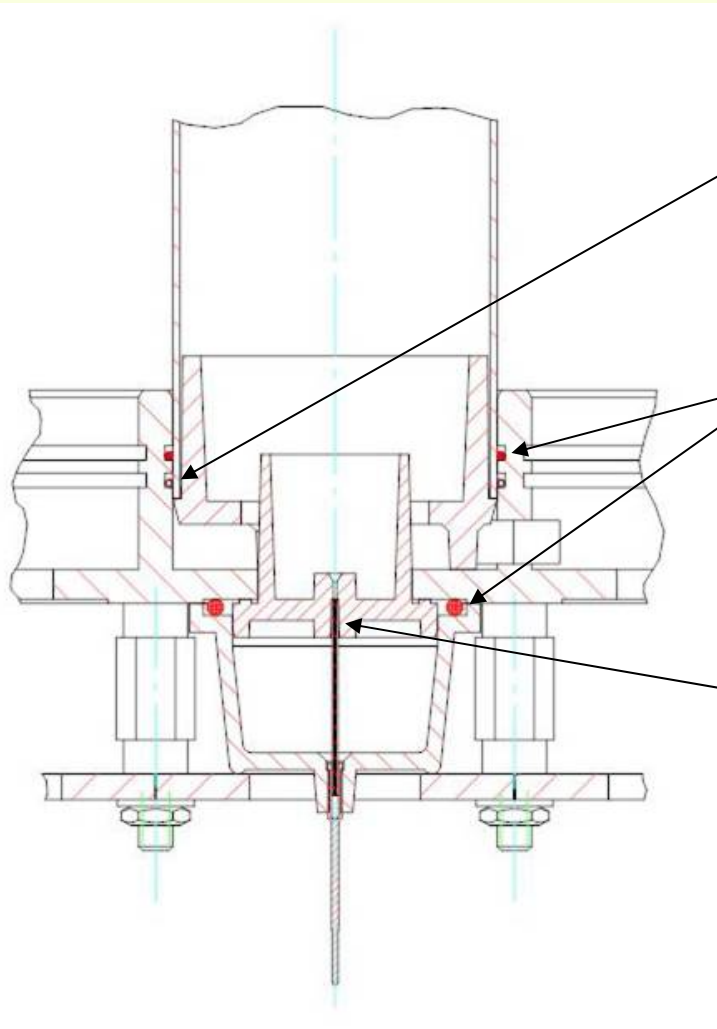
- Multiplizität (Hits pro Event, hier typisch ~8 pro Event)
 - etwa 100ppm O₂ reduzieren die Multiplizität effektiv (Sauerstoff ist „Elektronenquencher“)
 - Gasverstärkung
 - „10%-Effekt“ bei 500ppm O₂
 - Ortsauflösung/Track-Efficiency
 - nur bei geringen Anodenspannung wichtig
- Ziel: ≈100ppm im Driftgas (Sensitiv auf Lecks)**
- Monitoring mit kommerzieller Lambdasonde+SPS (sehr effektiv bei niedrigen O₂-Konzentrationen)**



Ende

weitere Infos: www-opera.desy.de





CuBe-Spiralring

O-Ring Dichtungen

Drahthalter

