

Untersuchungen zu Betriebsparametern des OPERA-Driftröhrenspektrometers

DPG Frühjahrstagung 2009, München



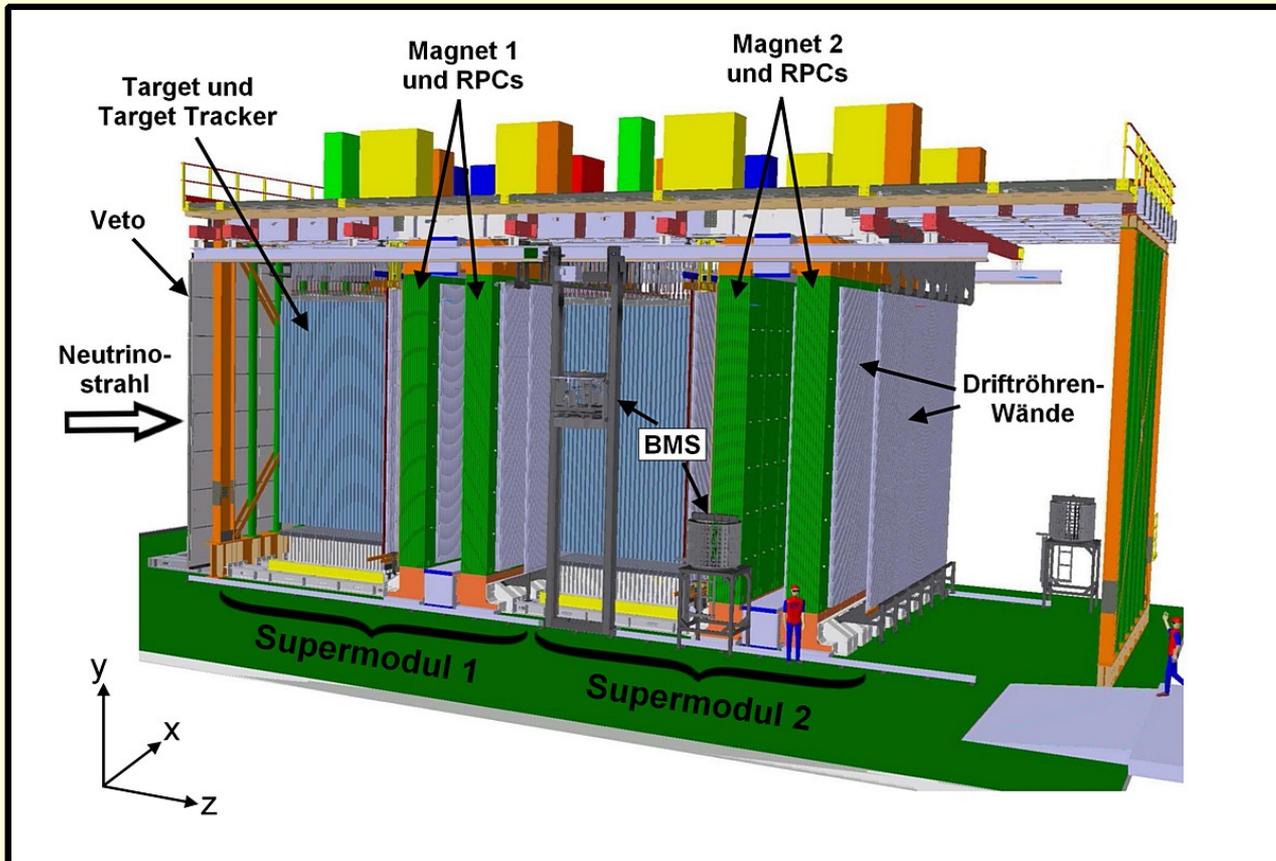
bmb+f - Förderschwerpunkt

OPERA

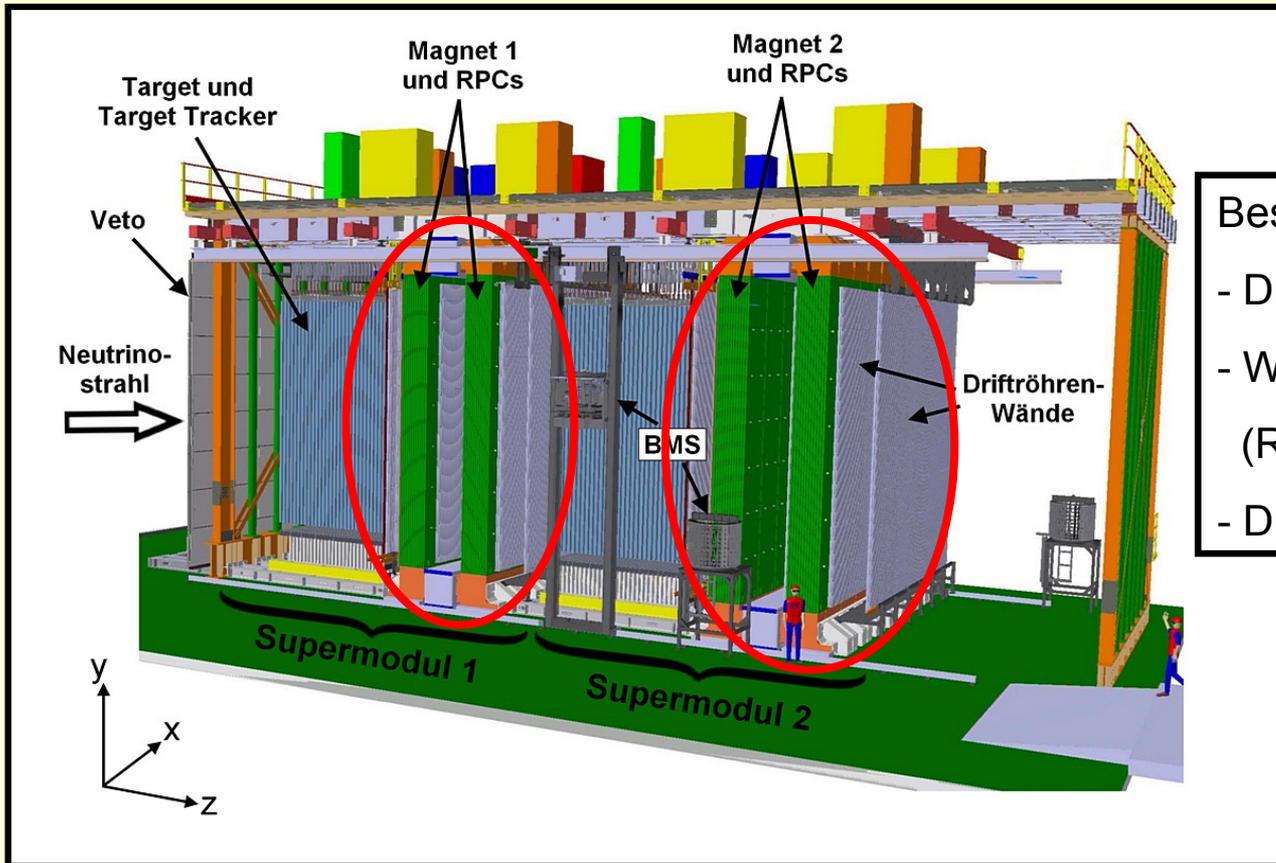
Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

Christian Oldorf
Institut für Experimentalphysik
Universität Hamburg

- Das OPERA-Experiment
 - Aufbau
 - Myon-Spektrometer
 - Driftröhrenspektrometer (Precision Tracker)
- Teststand
- Messungen
 - Gasverstärkung
 - Nachweiswahrscheinlichkeit
 - Ortsauflösung
 - Driftzeit-Ort-Beziehung
- Zusammenfassung



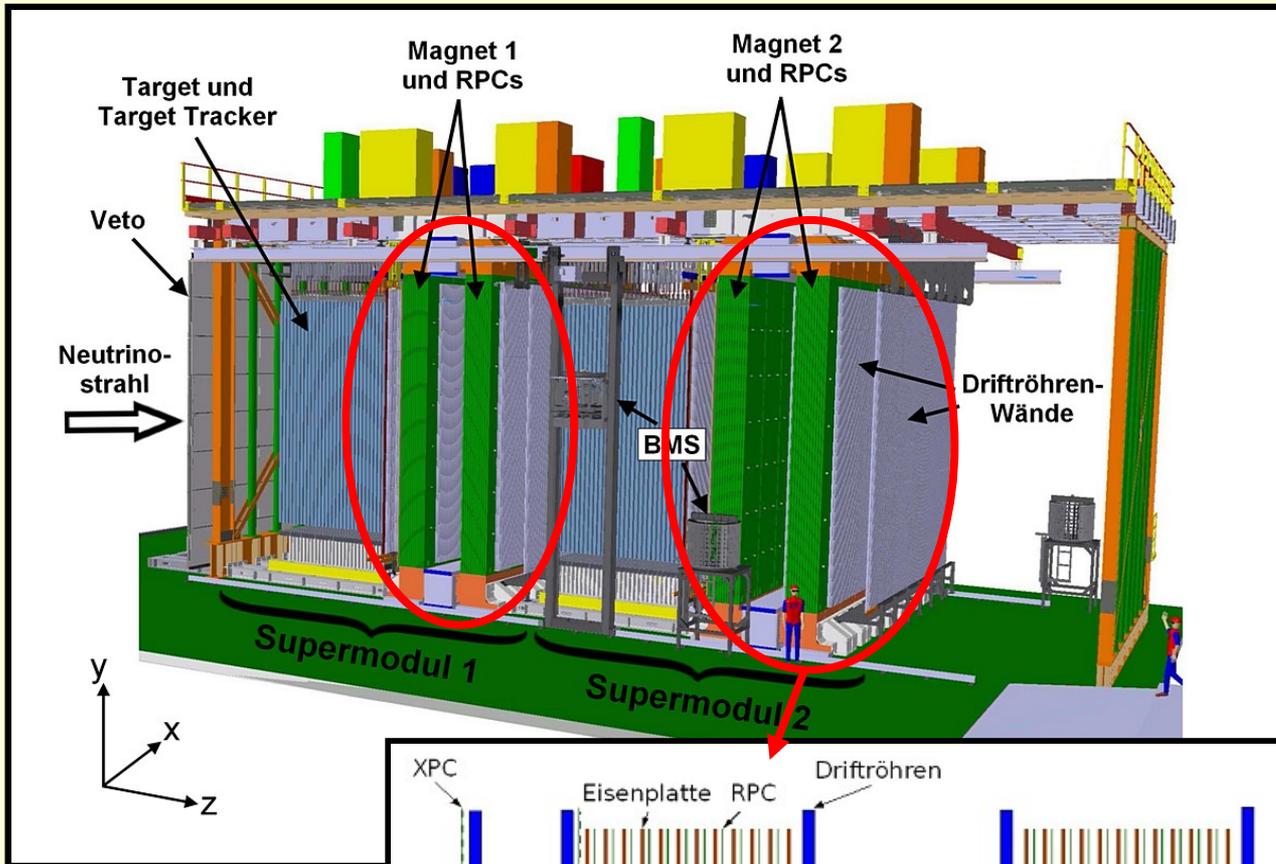
- Aufgebaut am Laboratori Nazionali del Gran Sasso (überdeckt von 1400 m Felsgestein, ~3800 mwe, Rate kosmischer Myonen um Faktor 10^{-6} unterdrückt)
- Strahlbetrieb seit Juni 2008



Besteht jeweils aus

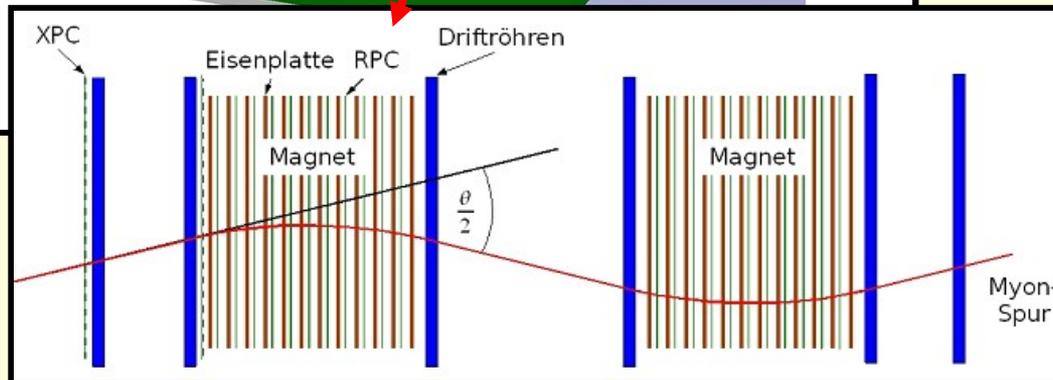
- Dipolmagnet
- Widerstandsplattenkammern (RPCs)
- Driftröhren (Precision Tracker)

Reduzierung des Untergrunds durch Bestimmung des Impulses und des Ladungsvorzeichens der sekundären Myonen



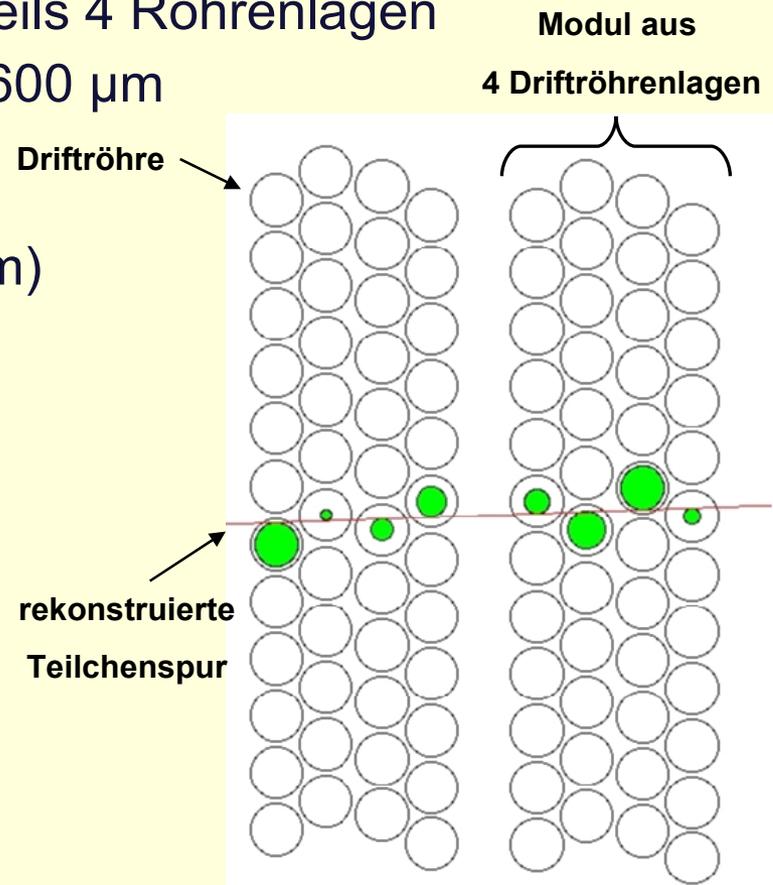
Vor, zwischen und hinter den Magnetarmen messen die Driftröhren in der horizontalen Ebene den Ablenkswinkel:

$$\Theta = \frac{qBd}{p}$$



OPERA Precision-Tracker:

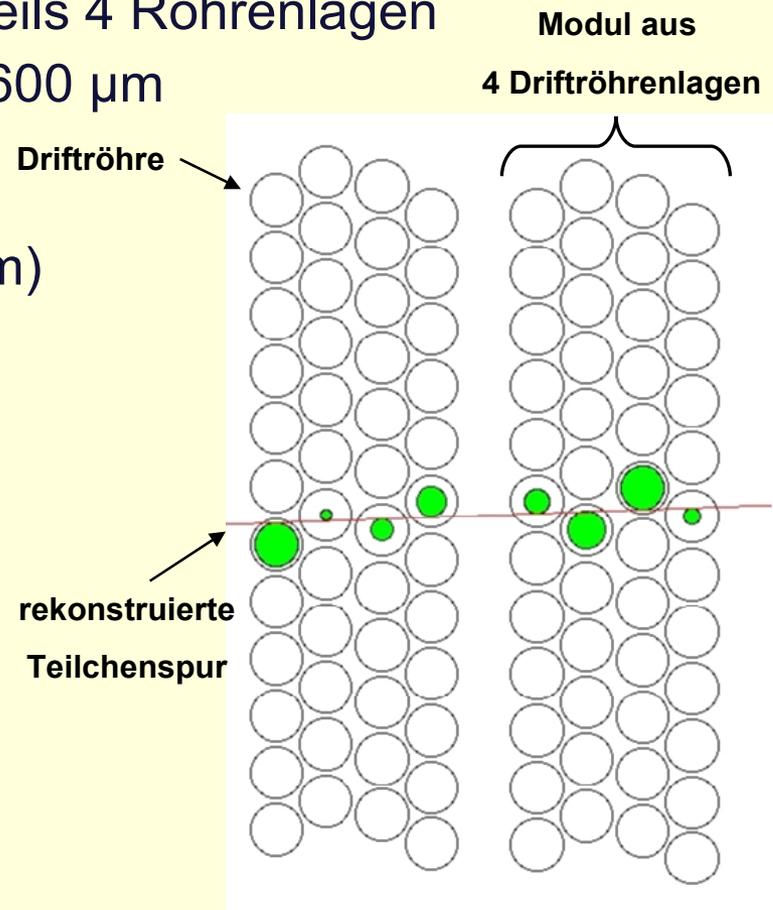
- ~10000 Aluminiumröhren mit einer Länge von 8 m
 - Angeordnet in 12 Wänden mit jeweils 4 Röhrenlagen
 - Geforderte Auflösung: besser als 600 μm
 - Anode: goldbeschichteter Wolframdraht (Durchmesser 45 μm)
 - Anodenspannung: 2,45 kV
 - Driftgasgemisch: Ar-CO₂ (80:20)
 - Druck: (1005 \pm 5) mbar
 - Temperatur: (17 \pm 3) °C
- Dichte: (1,70 \pm 0,03) kg/m³

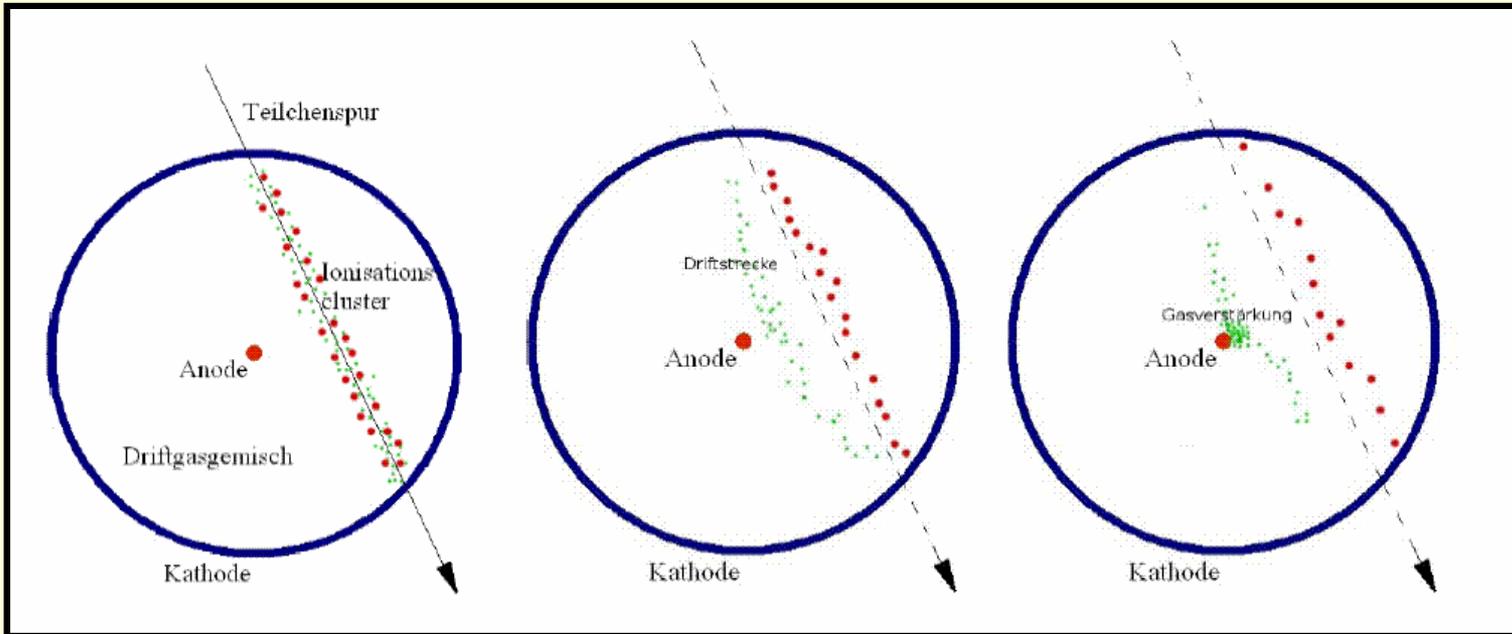


OPERA Precision-Tracker:

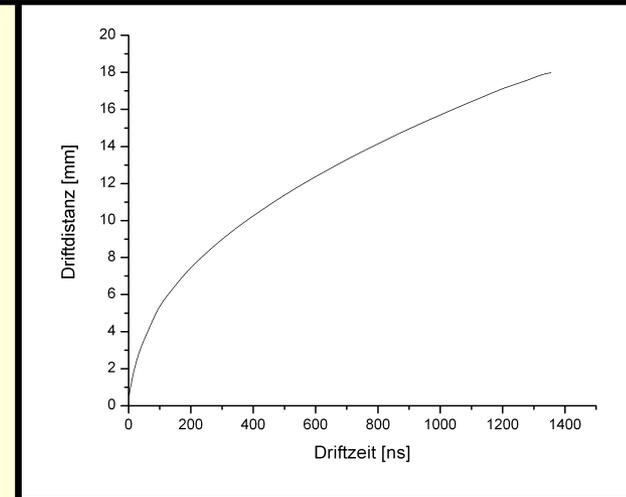
- ~10000 Aluminiumröhren mit einer Länge von 8 m
 - Angeordnet in 12 Wänden mit jeweils 4 Röhrenlagen
 - Geforderte Auflösung: besser als 600 μm
 - Anode: goldbeschichteter Wolframdraht (Durchmesser 45 μm)
 - Anodenspannung: 2,45 kV
 - Driftgasgemisch: Ar-CO₂ (80:20)
 - Druck: (1005 \pm 5) mbar
 - Temperatur: (17 \pm 3) °C
- Dichte: (1,70 \pm 0,03) kg/m³

Auswirkung auf die Ortsauflösung?





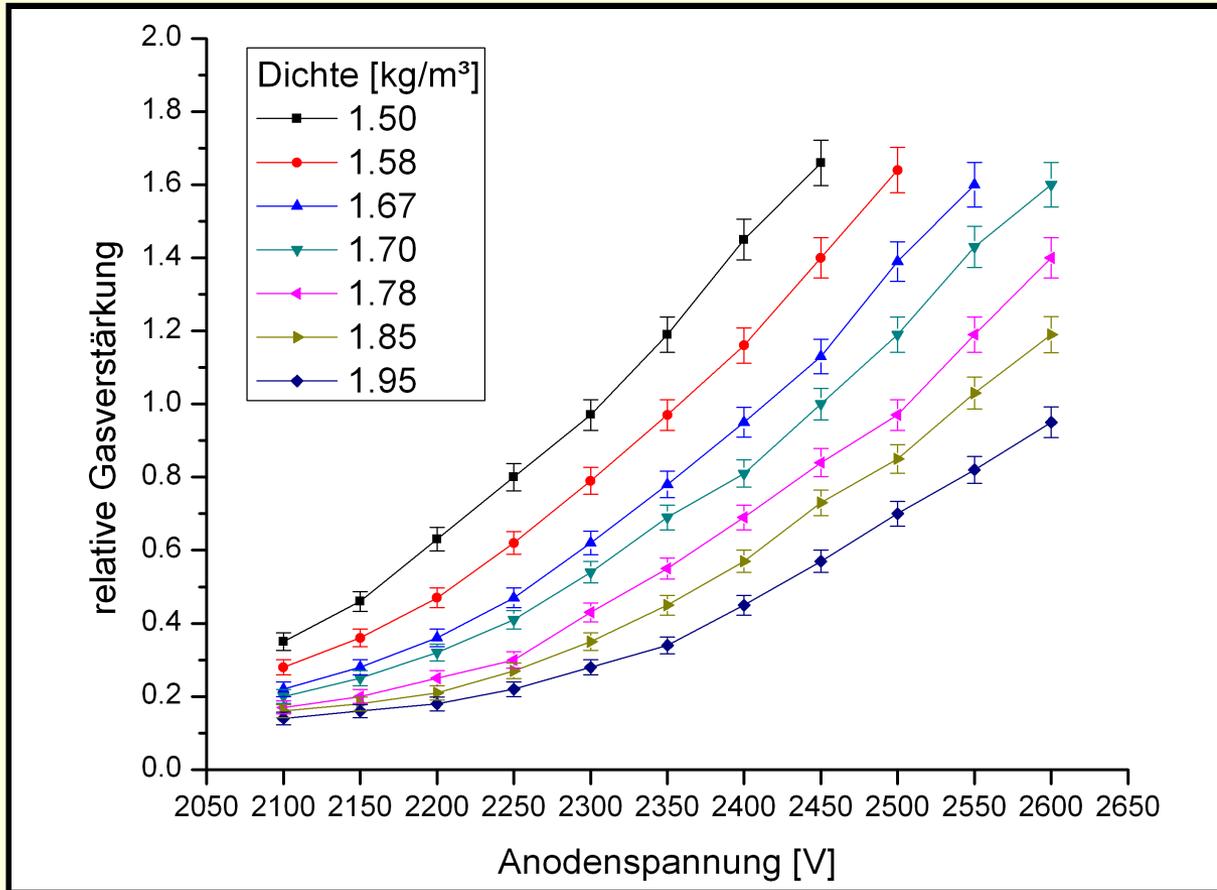
- Zeitmessung wird gestartet durch Signal auf dem Anodendraht
- Stopp der Zeitmessung durch verzögerte RPC-Signale
- Kenntnis der Driftzeit-Ort-Beziehung ist elementar für die Ortsbestimmung



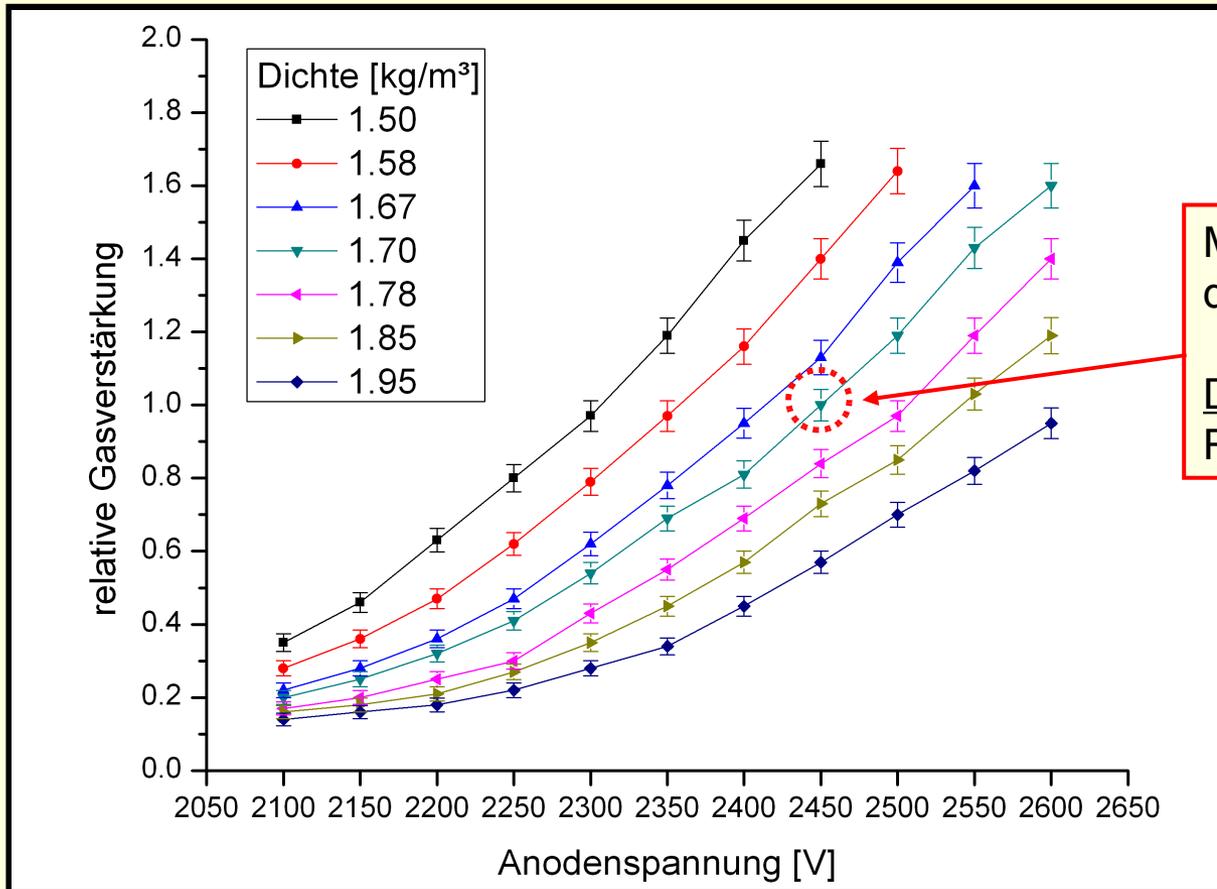
- Kalibration des OPERA-PT am LNGS schwer möglich:
 - Pro Tag nur $\sim 10^3$ Myon-Spuren aus der kosmischen Höhenstrahlung
 - Verbot von radioaktiven Präparaten am LNGS



- Teststand an der Universität Hamburg (DESY):
 - 2 Module (je 48 Röhren) aus der Serienproduktion
 - $\sim 10^5$ Myon-Events pro Tag (1,7 Hz Ereignisrate)
 - Änderung der Betriebsparameter möglich
(Anodenspannung, Dichte, Diskriminatorschwelle, Gasgemisch)



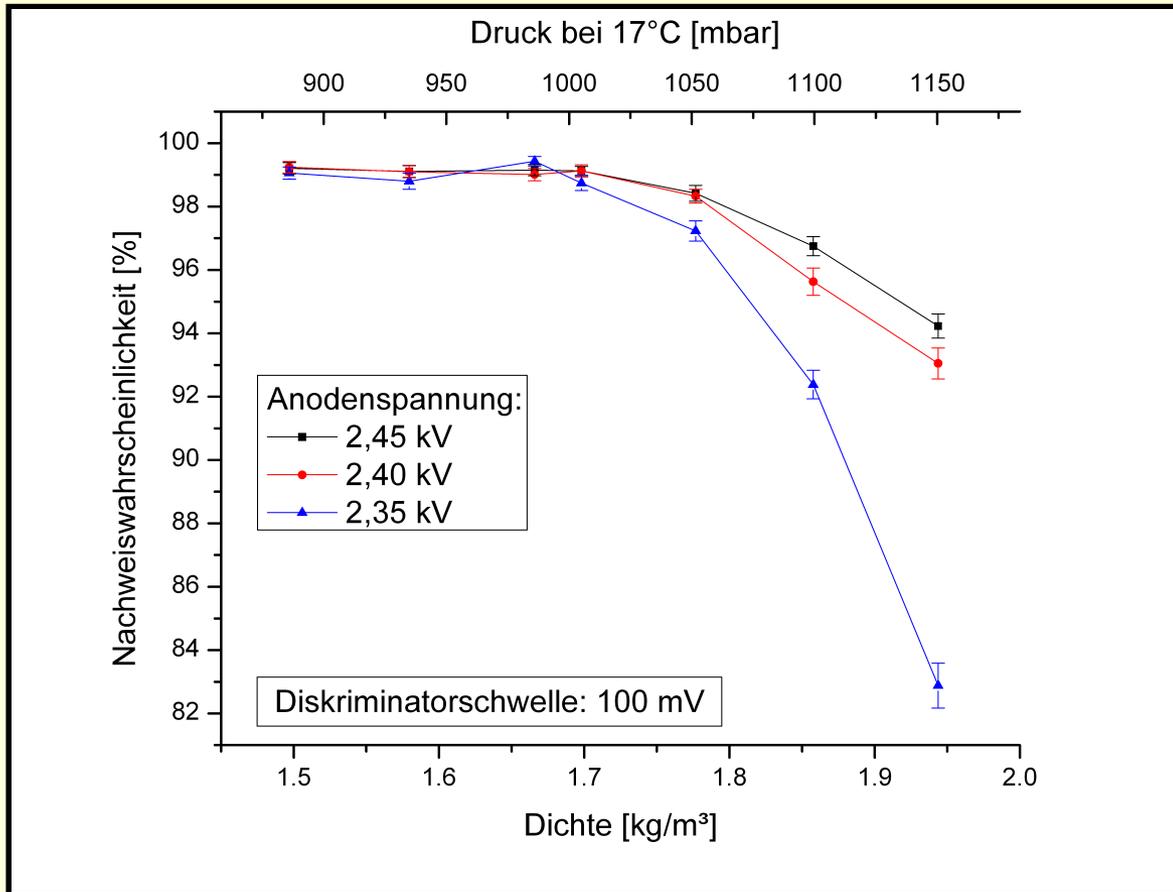
- Exponentieller Anstieg der Gasverstärkung mit der Anodenspannung
- Anstieg fällt zu höheren Dichten kleiner aus



Momentane Betriebsparameter des OPERA-PT

Definition:
Relative Gasverstärkung $G^* = 1$

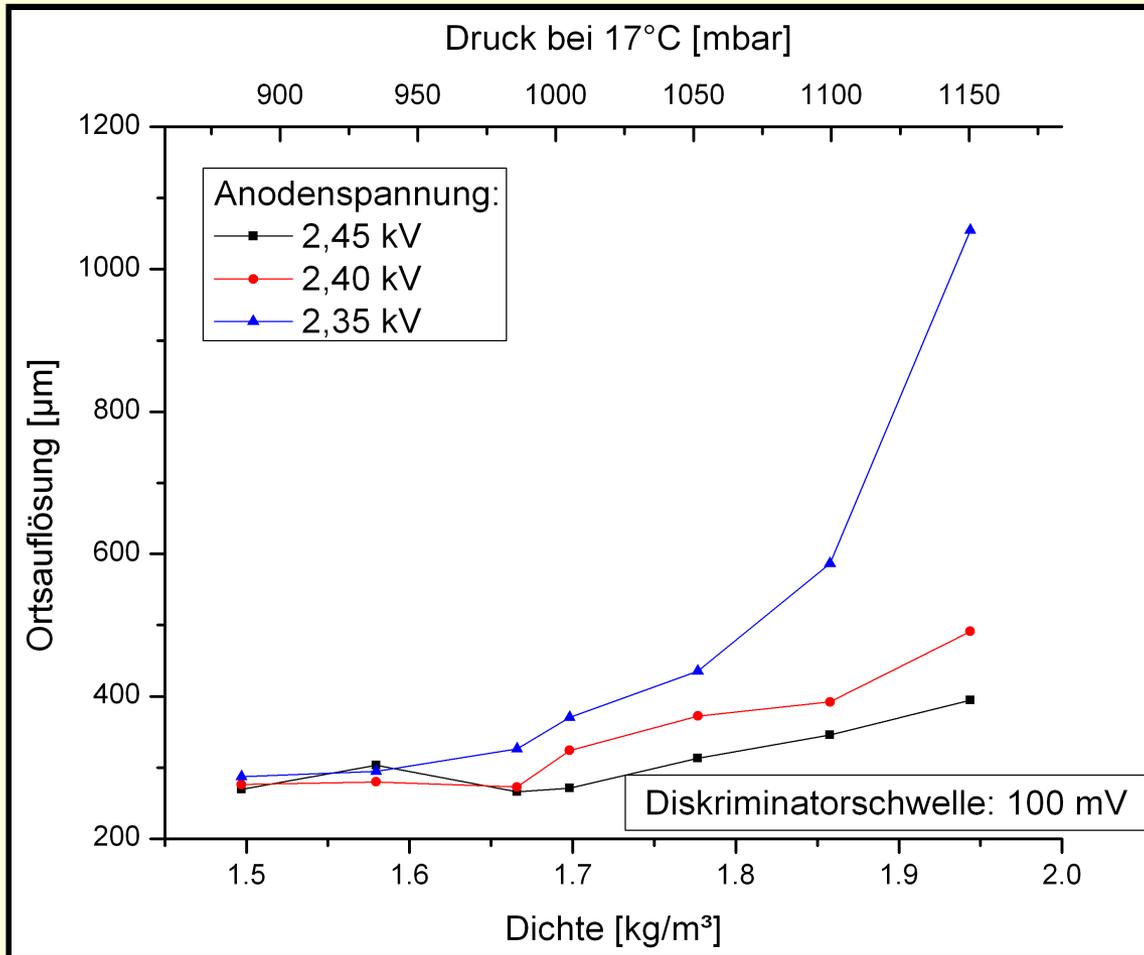
- Exponentieller Anstieg der Gasverstärkung mit der Anodenspannung
- Anstieg fällt zu höheren Dichten kleiner aus



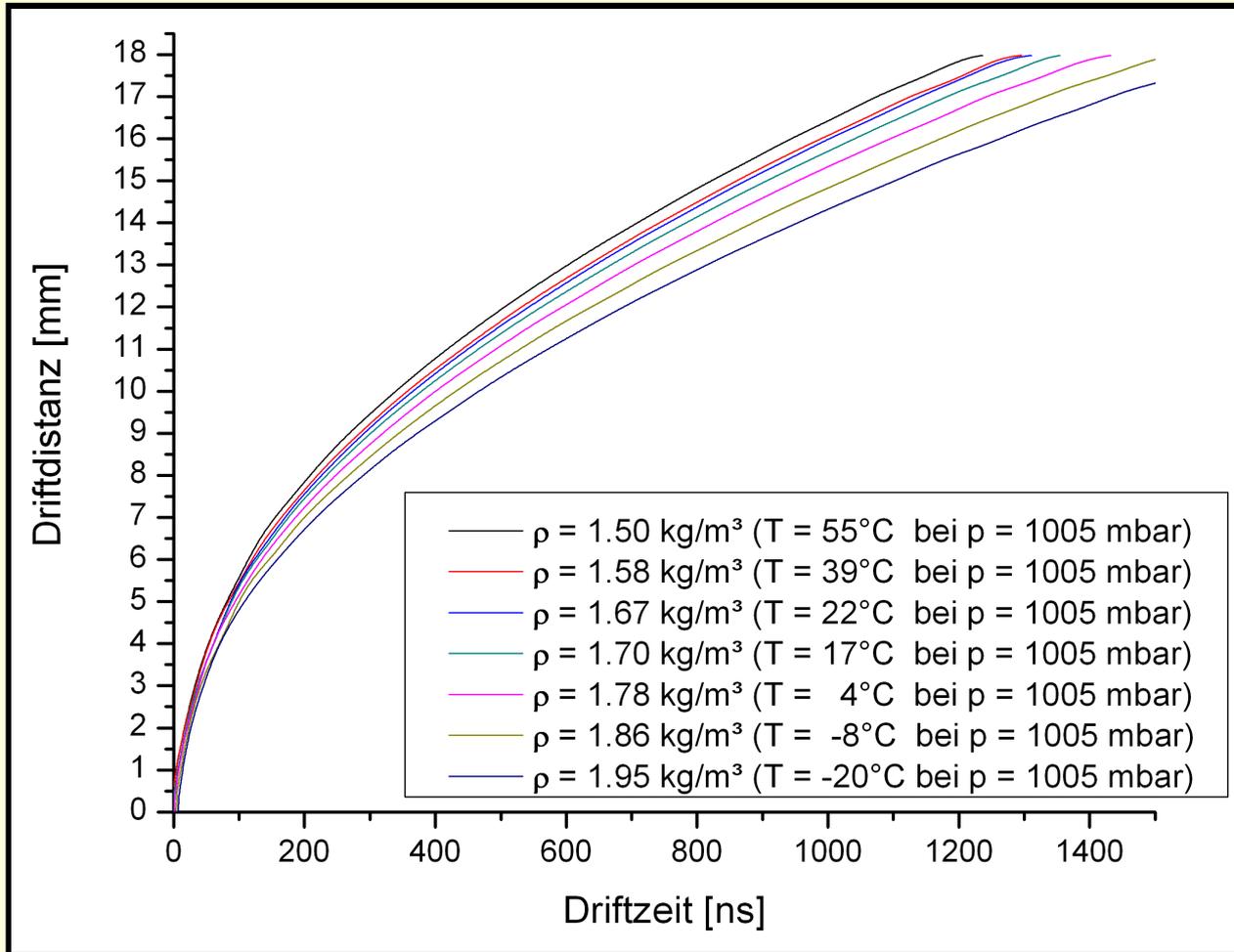
Nachweiswahrscheinlichkeit einer Einzelröhre:

$$\eta_i = N_{\text{Röhre}} / N_{\text{Spur}}$$

- Nachweiswahrscheinlichkeit nimmt mit steigender Dichte ab
- Je kleiner die Anodenspannung, desto stärker die Abnahme

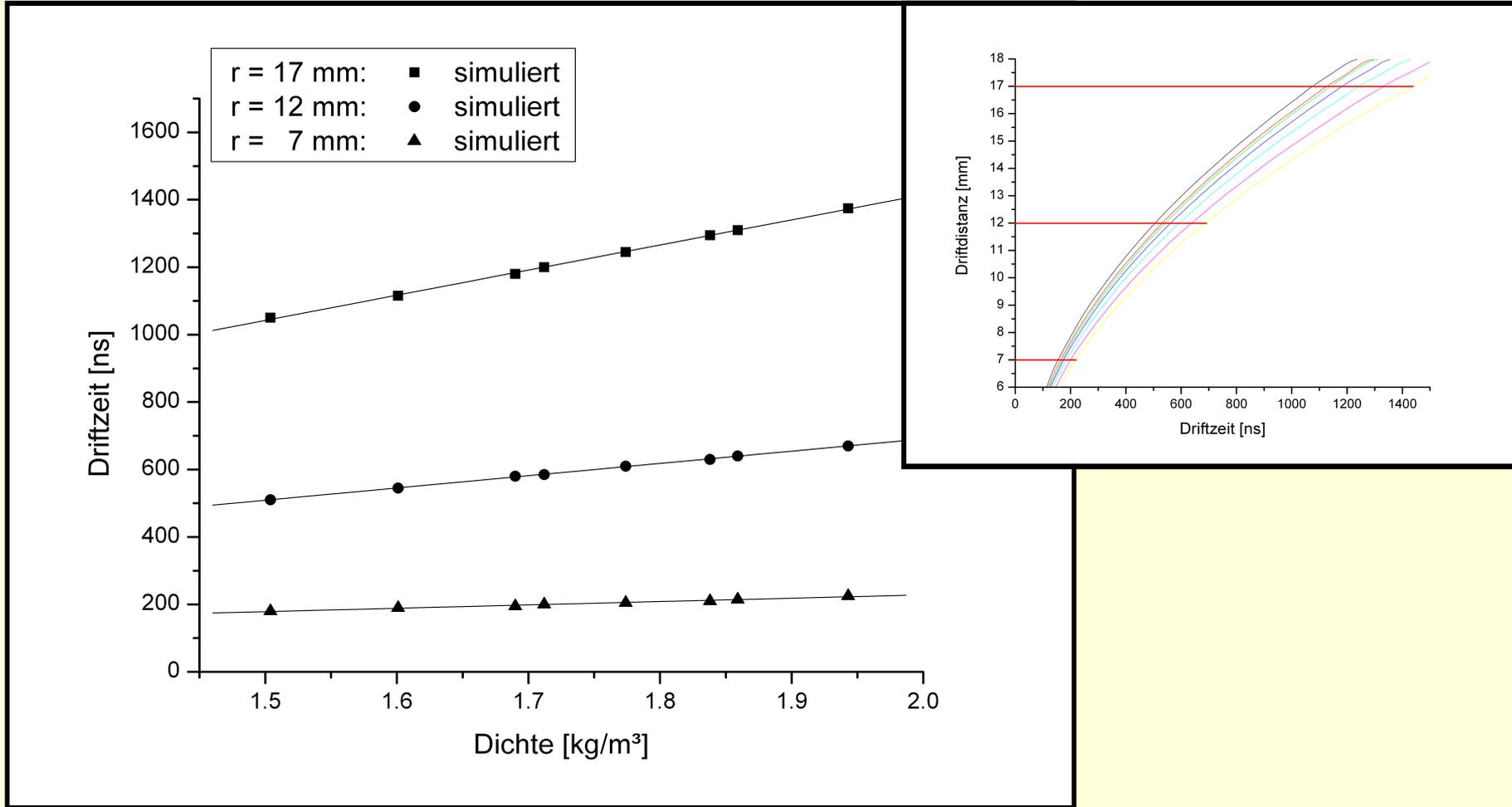


Verschlechterung der Ortsauflösung bei höheren Dichten
(auf Grund der verschlechterten Nachweiswahrscheinlichkeit)

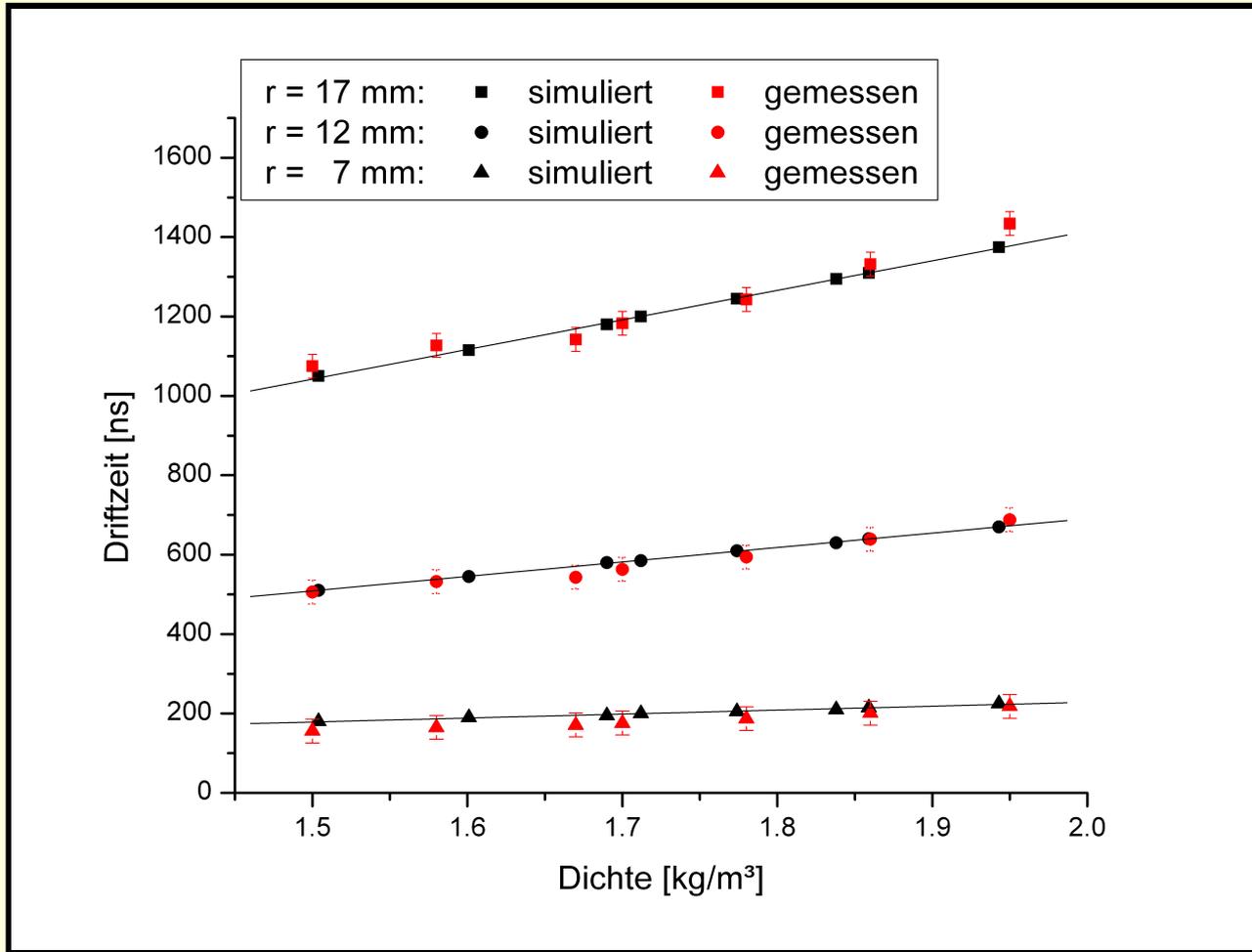


Flacherer Verlauf hin zu höheren Dichten

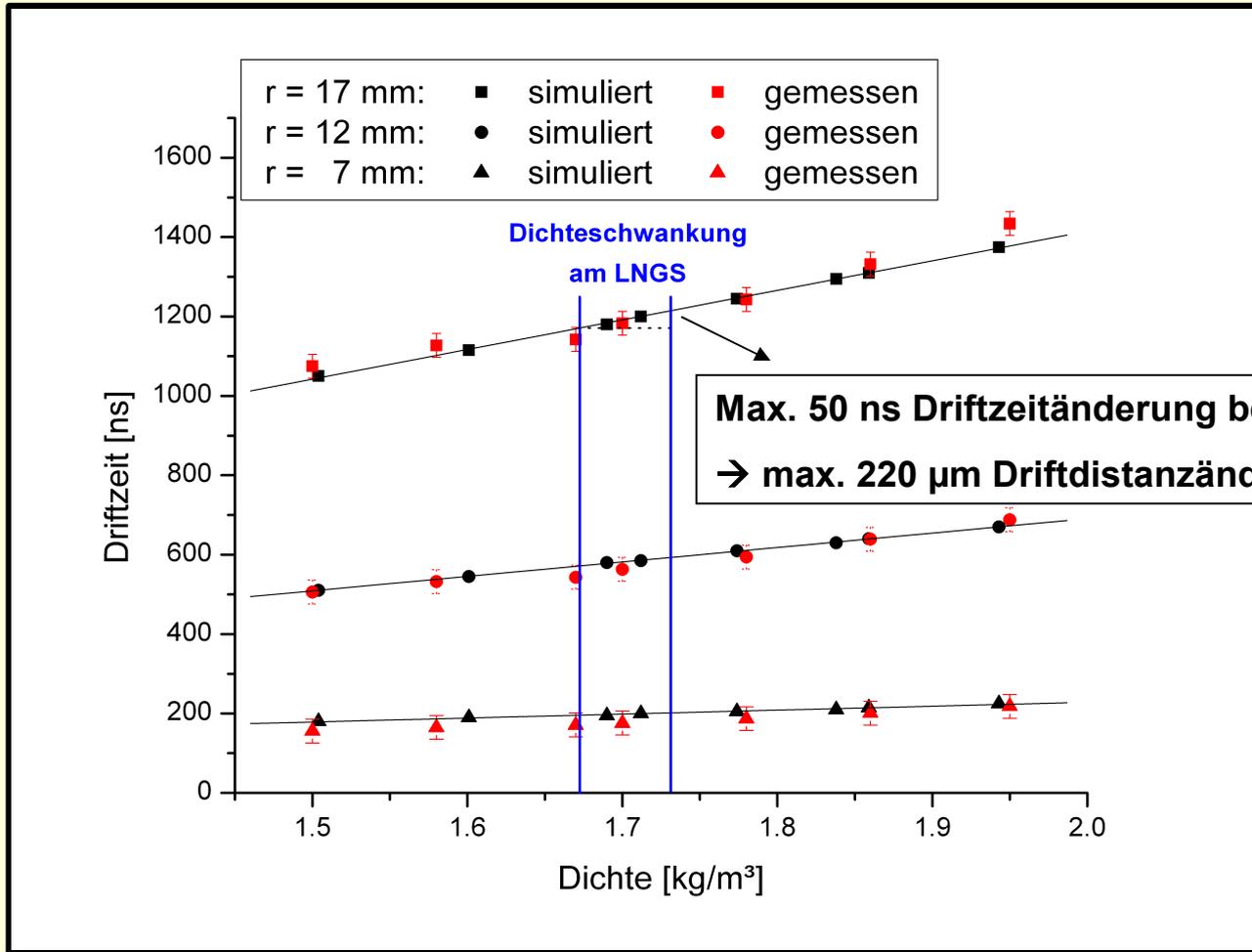
→ Driftgeschwindigkeit der Elektronen nimmt ab



Mit GARFIELD / MAGBOLTZ simulierte Änderung der Driftzeit
(Diplomarbeit Carsten Kreyser)



Gemessene Driftzeit-Ort-Beziehungen stimmen sehr gut mit Simulation überein



Änderungen der Driftzeit-Ort-Beziehung sind tolerierbar für die Ortsauflösung

- Aufbau und Inbetriebnahme des OPERA-PT abgeschlossen (Strahlbetrieb seit Juni 2008)
- Verhalten des Precision Trackers ist gut verstanden (Simulation und Messung stimmen überein)
- Temperaturschwankungen am LNGS limitieren nicht die Ortsauflösung

- Aufbau und Inbetriebnahme des OPERA-PT abgeschlossen (Strahlbetrieb seit Juni 2008)
- Verhalten des Precision Trackers ist gut verstanden (Simulation und Messung stimmen überein)
- Temperaturschwankungen am LNGS limitieren nicht die Ortsauflösung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Vorträge zu OPERA:

Gruppenbericht T 75.6 Mi 18:10 A022 Torben Ferber

Analyse der ersten Daten des OPERA-Experiments

T 75.7 Mi 18:30 A022 Belina von Krosigk

Parametrisierung von Hadronschauern im Target des OPERA-Detektors

Gruppenbericht T 67.2 Fr 14:20 A016 Jan Lenkeit

Status des OPERA-Experiments nach dem CNGS-Strahlbetrieb 2008

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



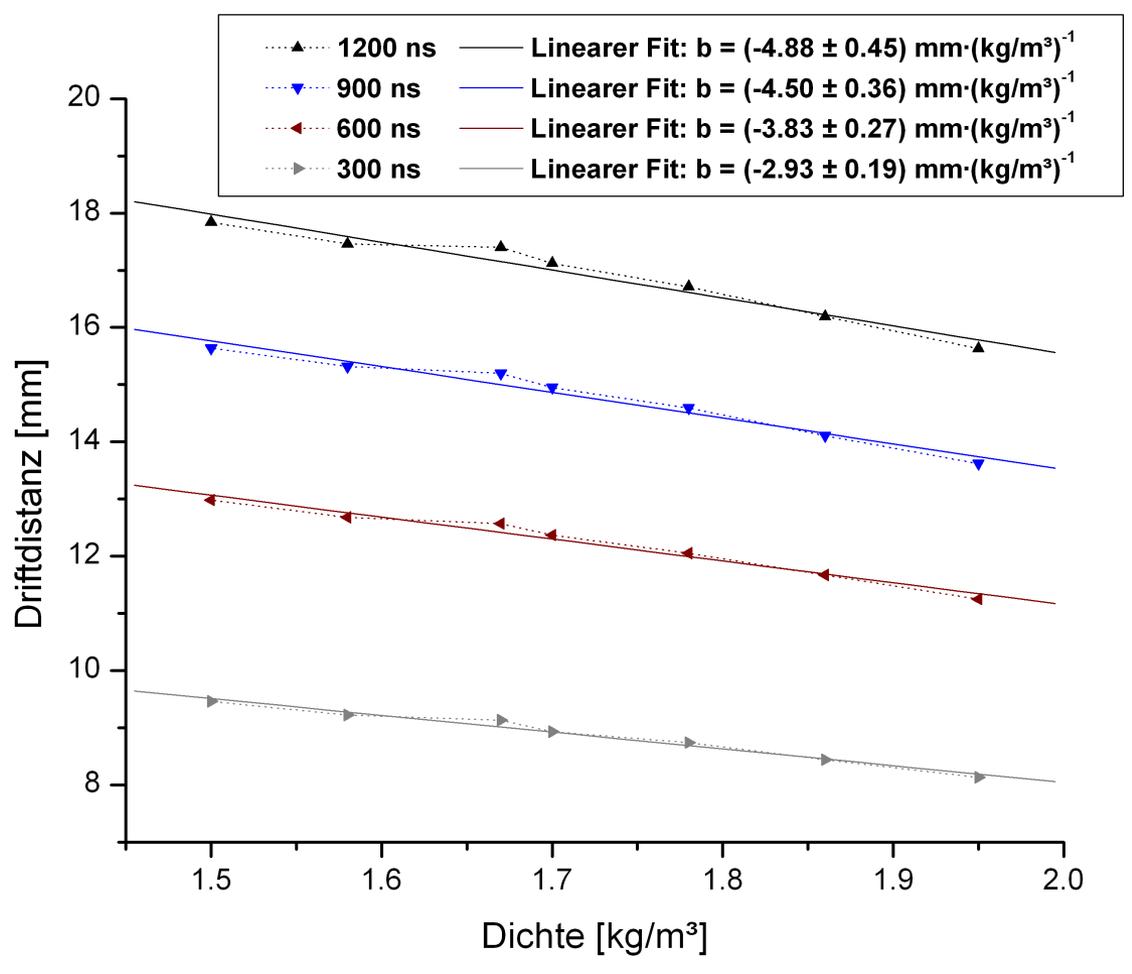
Hilfsfolien

U+H

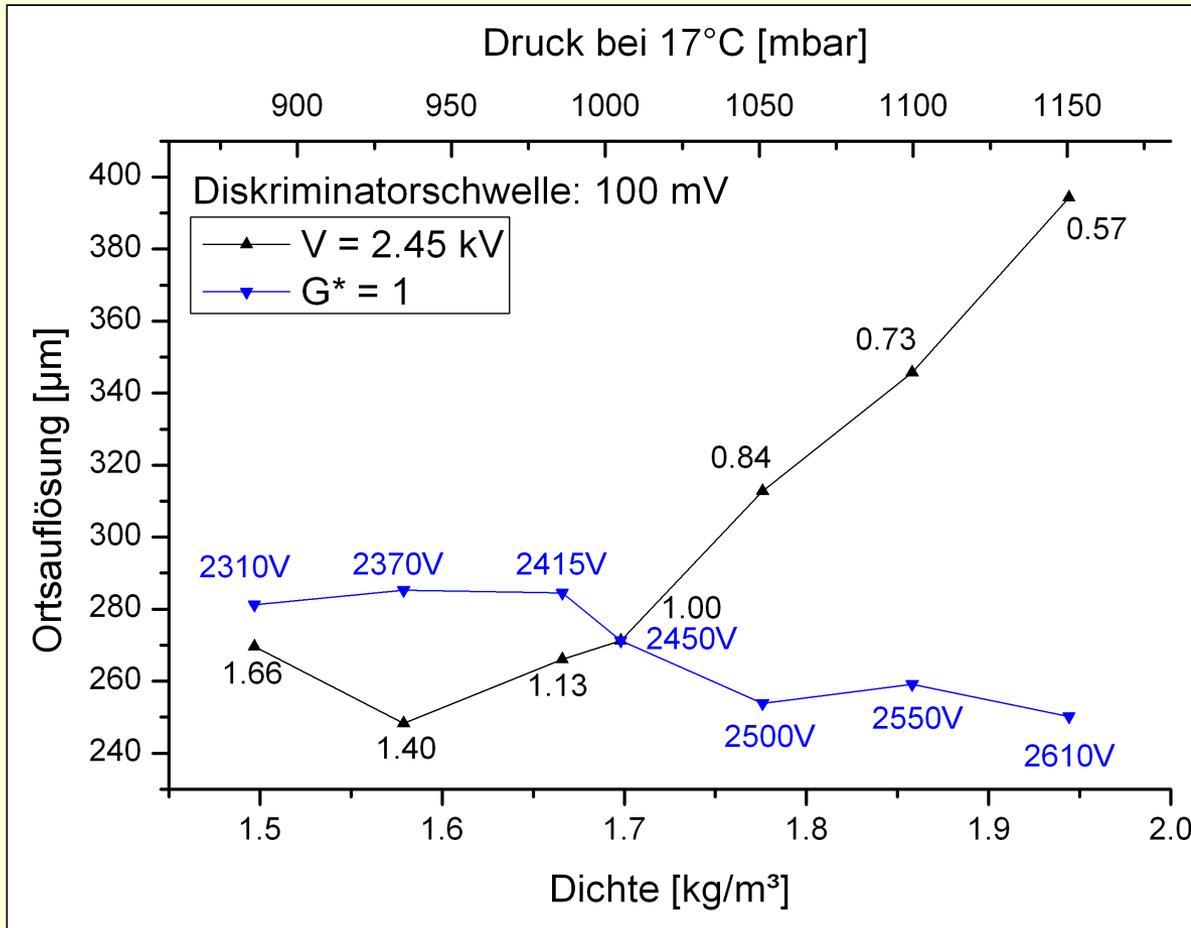


starten hier...

Max. Driftdistanzänderung



Maximale Driftdistanzänderung für für $0,06 \text{ kg/m}^3$ bei 1200 ns: 220 μm



- Konstante Gasverstärkung: Verbesserung der Ortsauflösung bei höheren Dichten (Diffusionsverhalten der Elektronen, Primärionisationsstatistik)

Thermische Zustandsgleichung idealer Gase :

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{p}{T} \cdot \frac{M}{R} \equiv \frac{p}{T} \cdot c$$

Definition "LNGS - Bedingungen":

$$c = \frac{M_{\text{Ar:CO}_2(80:20)}}{R} = 0,49023 \frac{\text{K}}{\text{mbar}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_{\text{LNGS}} = 1005 \text{ mbar}, T_{\text{LNGS}} = 17^\circ \text{C} \approx 290 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{LNGS}} = 1,70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{qVt}(T, \rho) = \underbrace{Q_{L3}}_{N_S \cdot e = G \cdot N_P \cdot e} \cdot V_{L3} \cdot V_{\text{Spannungsteiler}}$$

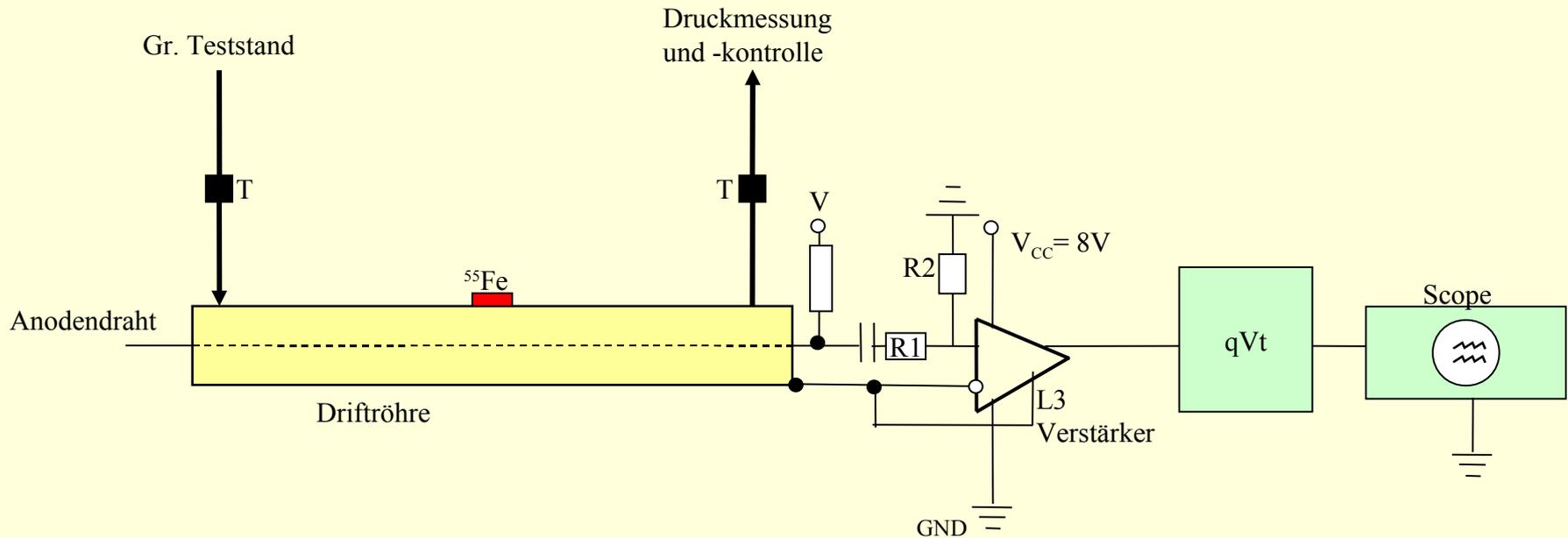
Fehler auf G wird sehr groß

Definition der relativen Gasverstärkung G^* :

$$G^* = \frac{Q_{qVt}}{Q_{qVt}(2450V, 1.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})} \Rightarrow G^*(2450V, 1.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) = 1$$

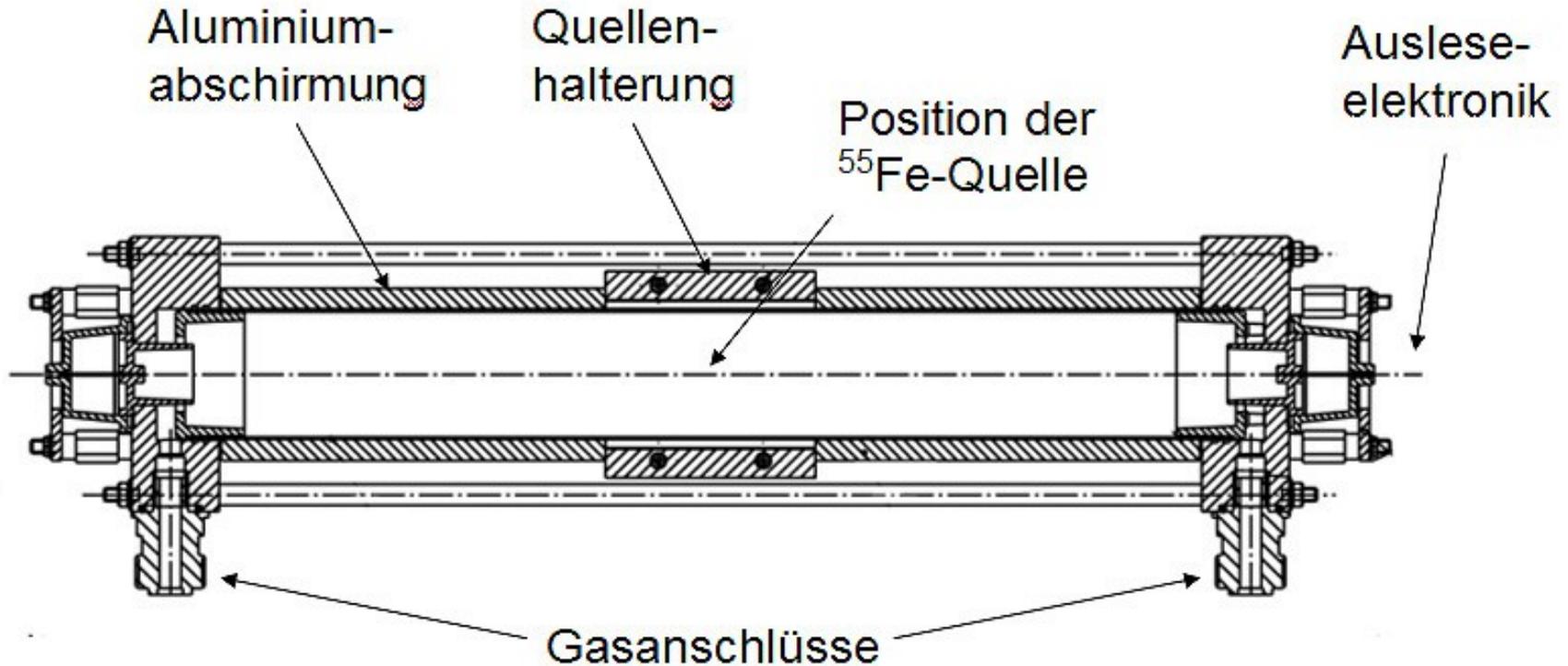
G^* gibt also die relative Veränderung der Gasverstärkung in Bezug auf die am LNGS herrschenden Verhältnisse an.

Fehler von G^* ist durch die Messgenauigkeit des qVt gegeben.



Gemessen wird die Ladung $Q_{qVt}(T, \rho)$

Kalibration des qVt erfolgte über einen Pulsgenerator



OPERA Precision-Tracker:

- ~10000 Aluminiumröhren mit einer Länge von 8 m
- Angeordnet in 12 Wänden mit jeweils 4 Röhrenlagen
- Geforderte Auflösung: besser als 600 μm
- Anode: goldbeschichteter Wolframdraht (Durchmesser 45 μm)
- Anodenspannung: 2,45 kV
- Driftgasgemisch: Ar-CO₂ (80:20)
- Druck: (1005 \pm 5) mbar
- Temperatur: (17 \pm 3) °C

→ Dichte: (1,70 \pm 0,03) kg/m³

Auswirkung auf die Ortsauflösung?

