Myon-Messungen am 8m Opera-Teststand

Teil I:
Messung der Ortauflösung und der Nachweiseffizienz in Abhängigkeit der Gasdichte

Inhalt

- Osub-Temps im Gran Sasso
- Veränderungen am Teststand
- Messungen und Ergebnisse

Osub-Temps Übersicht

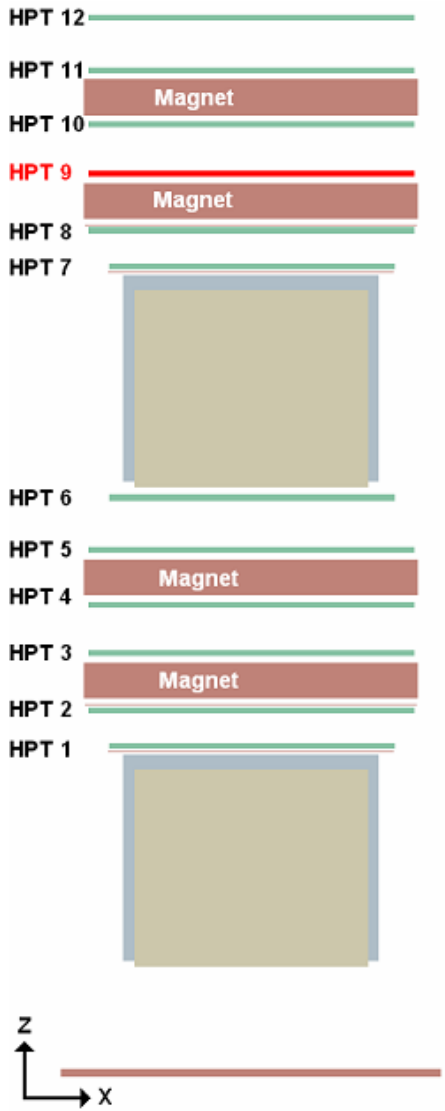
- 112 Temperatursensoren verbaut
- Davon 7 verschollen, 6 liefern offensichtlich falsche Werte, 1 funktioniert nicht
- 74 in den HPT-Wänden, 24 in der Elektronik
- Problem bei allen Sensoren (Abschätzung):
  - Systematische Fehler:
    - ±1.5 K (Fertigung) als Offset
    - ±0,25 K (Osub-Auslese)
  - Statistischer Fehler der einzelnen Messungen: ±0.25 K

HPT 9

Temperaturen in [°C]
Gemittelt über 23000 Messwerte
Magnet an

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		14,9					15,3									16,8
								18,5		17,5						
		15,0		15,8			20,0					16.3				17,1
		15,9														
										17,5						
				14,9								17,3				

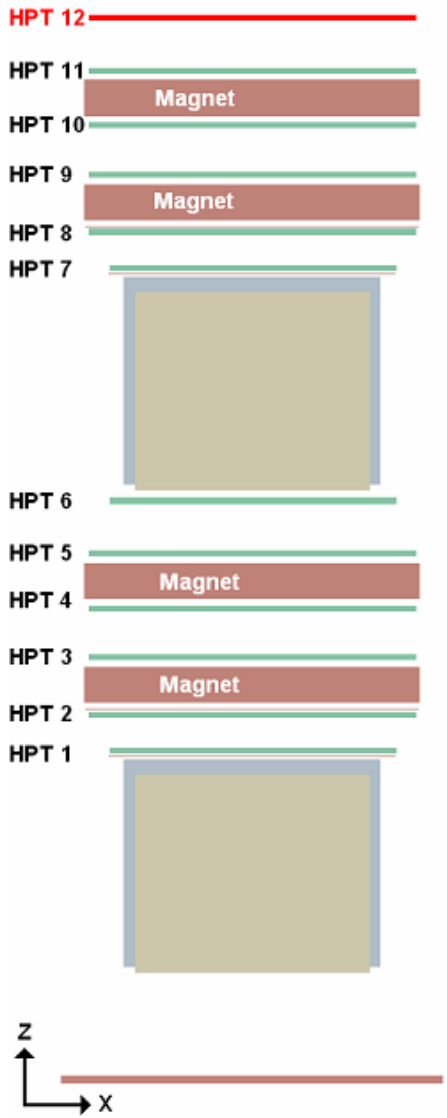
2/16/2009



HPT 12

16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
			17,2	17,2												
			16,0	15,5												
			14,9	14,8												

Temperaturen in [°C]
Gemittelt über 23000 Messwerte
Magnet an



Zusammenfassung Osub-Temps

- Temperaturdifferenz zwischen Magnet an/aus:
  - (0,95 ± 0,10) K im Magneten (43 Sensoren)
  - (0,12 ± 0,10) K außerhalb der Magnete (31 Sensoren)
  - (0,61 ± 0,08) K im gesamten Detektor

Für den laufenden Betrieb:

- Abschätzung der Temperaturdifferenz: $\Delta T < 6$ K
- Mittlere Röhrentemperatur: (16,85 ± 0,23) °C

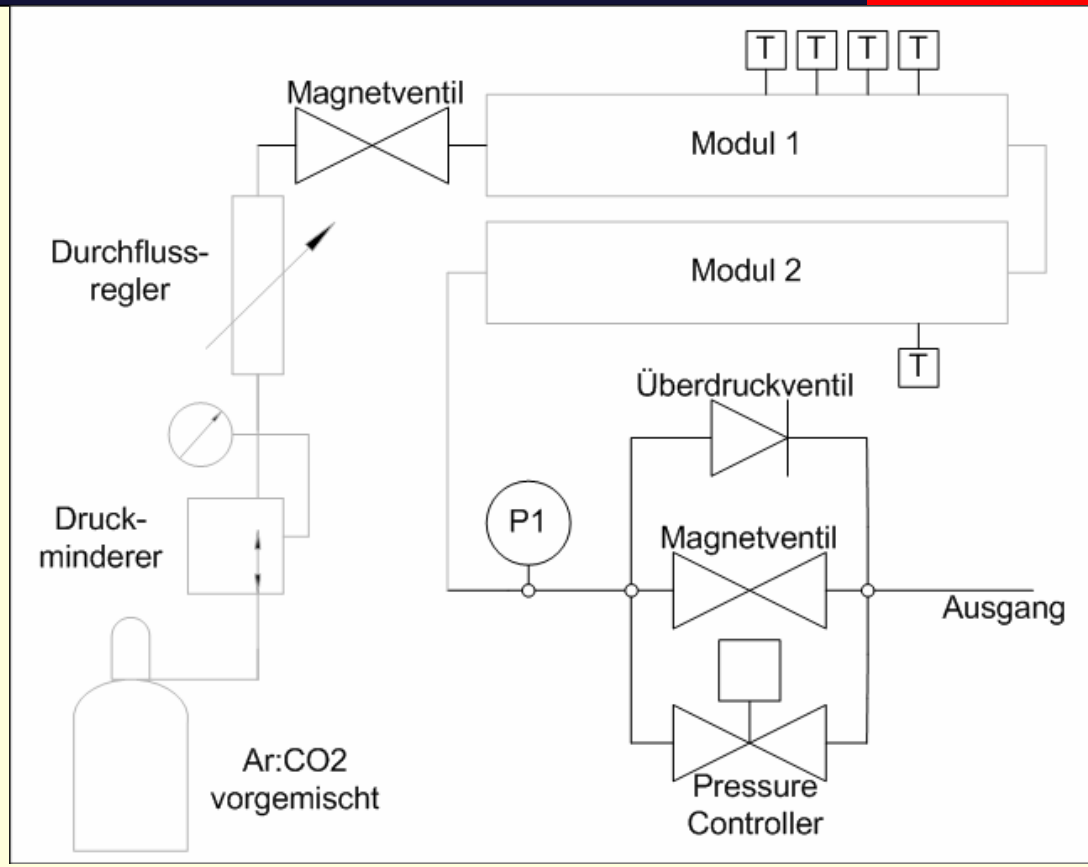
Motivation

- Die Driftzeit-Ort-Beziehung ist dichteabhängig
- Am großen Teststand keine Temperatursensoren
- Bisher keine Gasdruckregulierung der Module (Moduldruck ≈ Luftdruck)
- Daher wenig Information über die Gasdichte und auch keine Möglichkeit diese zu beeinflussen

Übersicht großer Teststand

- Zwei Driftröhrenmodule aus der Serienfertigung
- Mehrere tausend Teilchenspuren zur Kalibration nötig (wenig Statistik im LNGS-Untergrundlabor)
- Trigger: Zwei Szintillatoren mit Photomultipliern in Koinzidenzschaltung (Rate ~1,7 Hz, ~6000 Events/h)

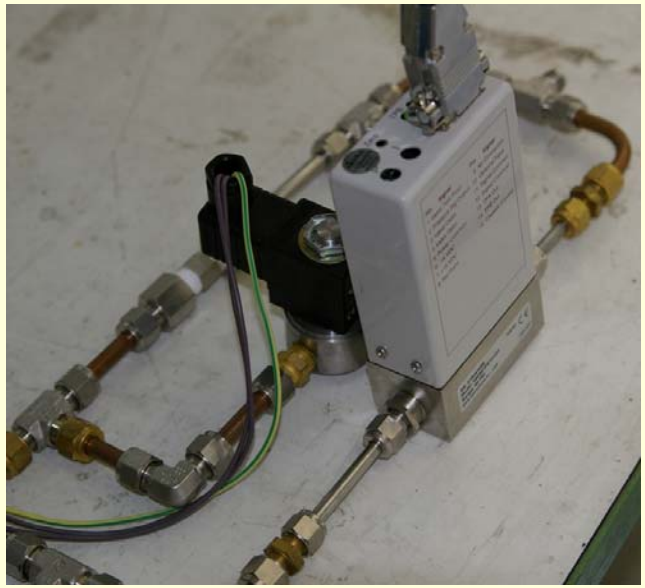
Gassystem



Verbaute Komponenten:

- 2 Magnetventile
- Überdruckventil
- Pressure Controller
- 2 Druckmessumformer
  - Messung von Moduldruck und Außendruck
- 6 Temperatursensoren
  - 5 zur Bestimmung der Gastemperatur, 1 für die Hallentemperatur

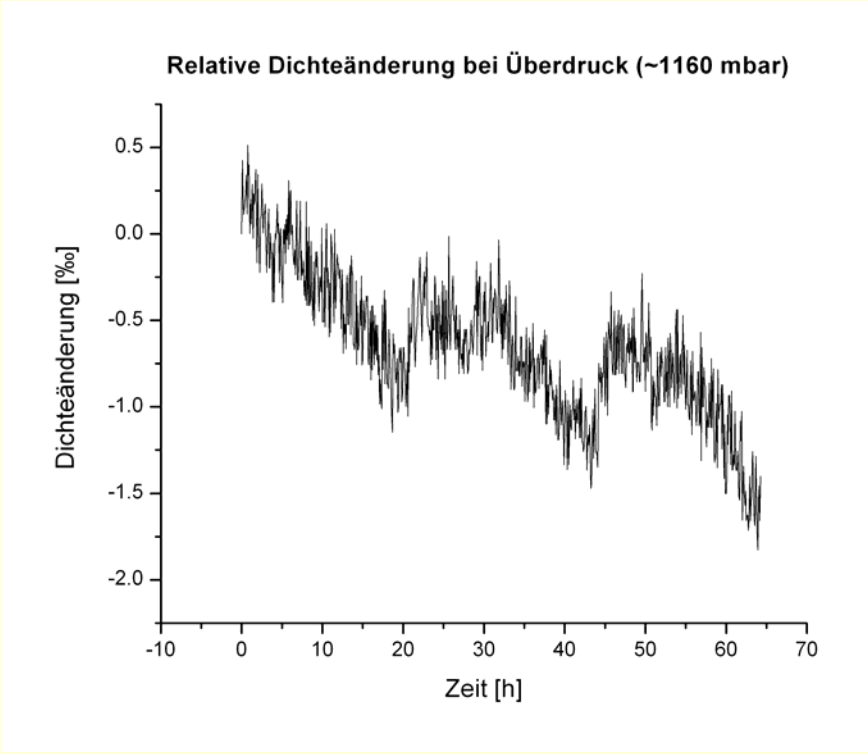
Durchflussbetrieb



- Druck wird mit dem Pressure Controller kontrolliert
- Sauerstoff wird fortlaufend abtransportiert
- Bei großen Temperaturgradienten keine konstante Dichte (Messung in kurzen Zeitintervallen notwendig)
- Geeignet wenn Moduldruck ≥ Luftdruck

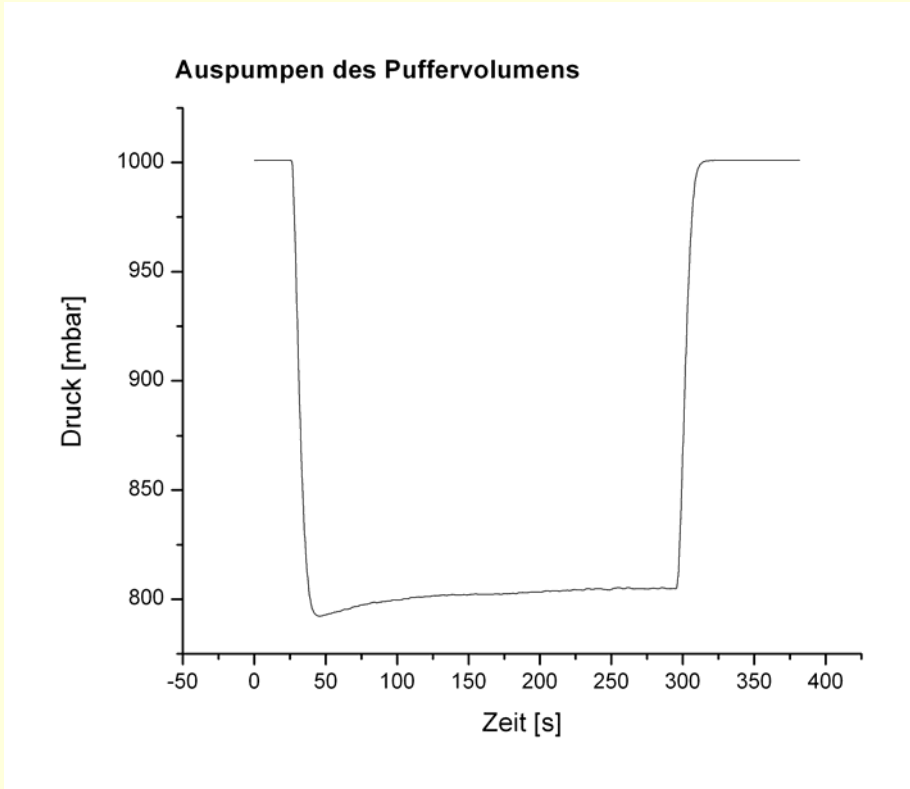
Geschlossener Betrieb

- Beide Magnetventile und der Pressure Controller werden geschlossen
- Abgeschlossenes System, konstante Dichte
- Kein Abtransport von Sauerstoff
- Geeignet für Messungen bei Überdruck
- Einzige Möglichkeit bei Unterdruck zu messen



Unterdrucksystem

- Industriestaubsauger FESTO SR 5E
- 57 l Drucktank als Puffervolumen
- Maximaler Unterdruck: ~200 mbar



Gastheorie

Thermische Zustandsgleichung idealer Gase:

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

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

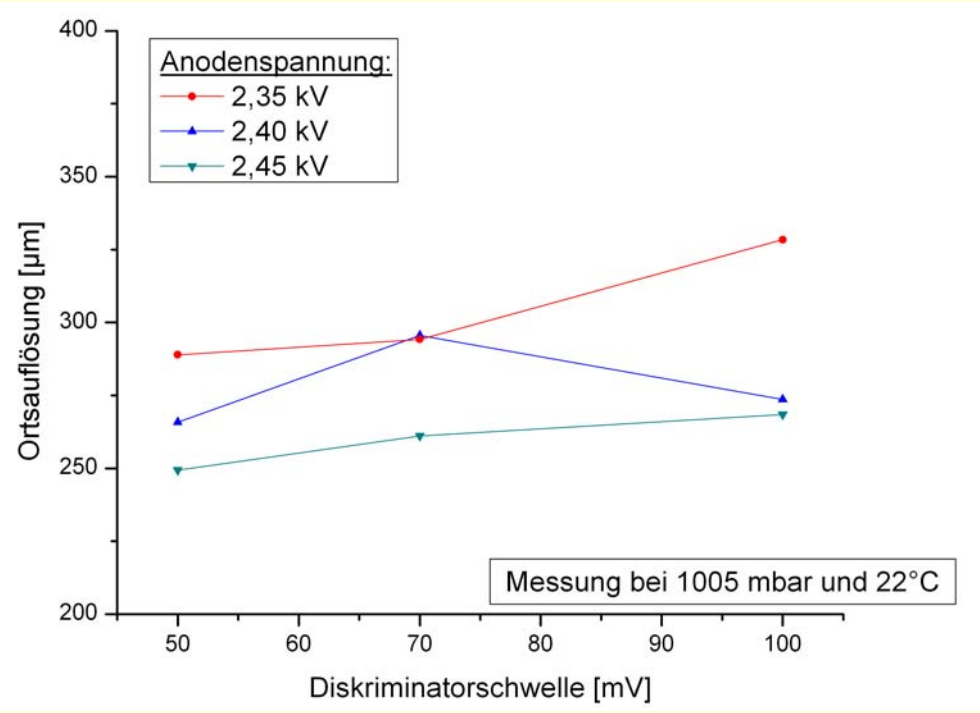
Definition "LNGS-Bedingungen":

$$c = \frac{M_{Ar:CO_2\,(80:20)}}{R} = 0{,}49023 \frac{K}{mbar} \frac{kg}{m^3}$$

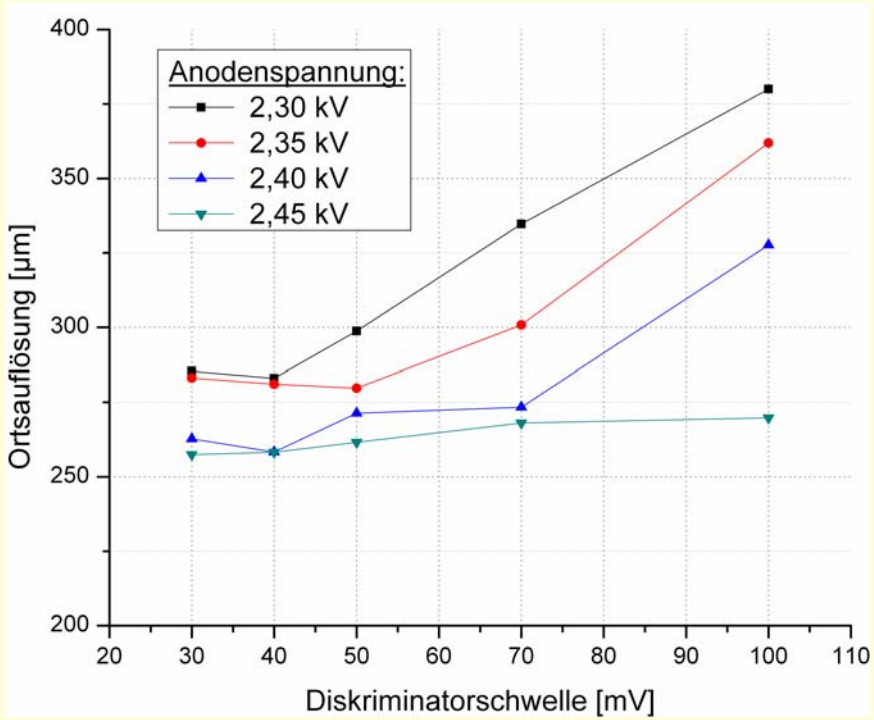
$$p_{LNGS} = 1005\ mbar,\ T_{LNGS} = 17°C \approx 290\ K$$

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

Ortsauflösung

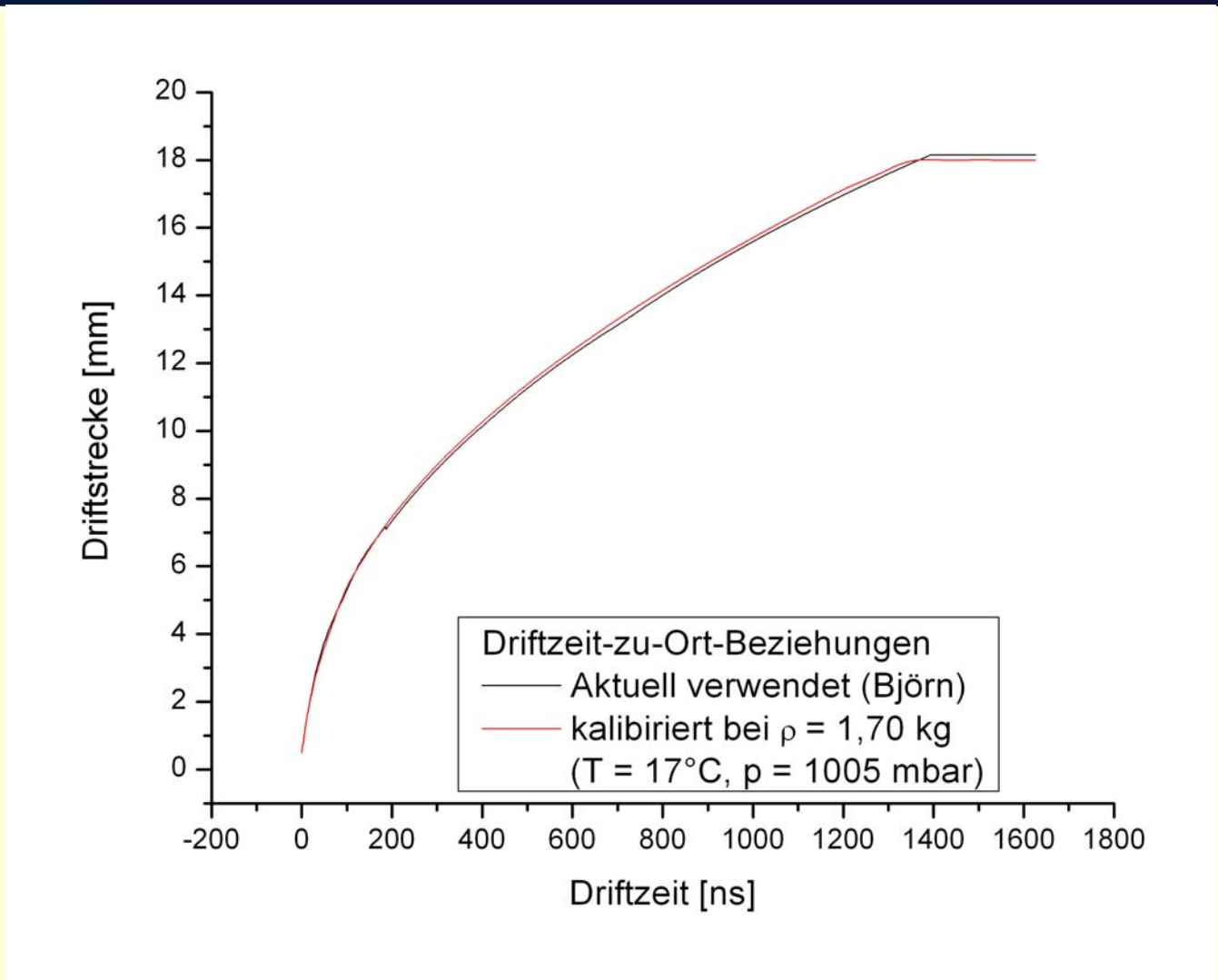


Messung Frühjahr 2008



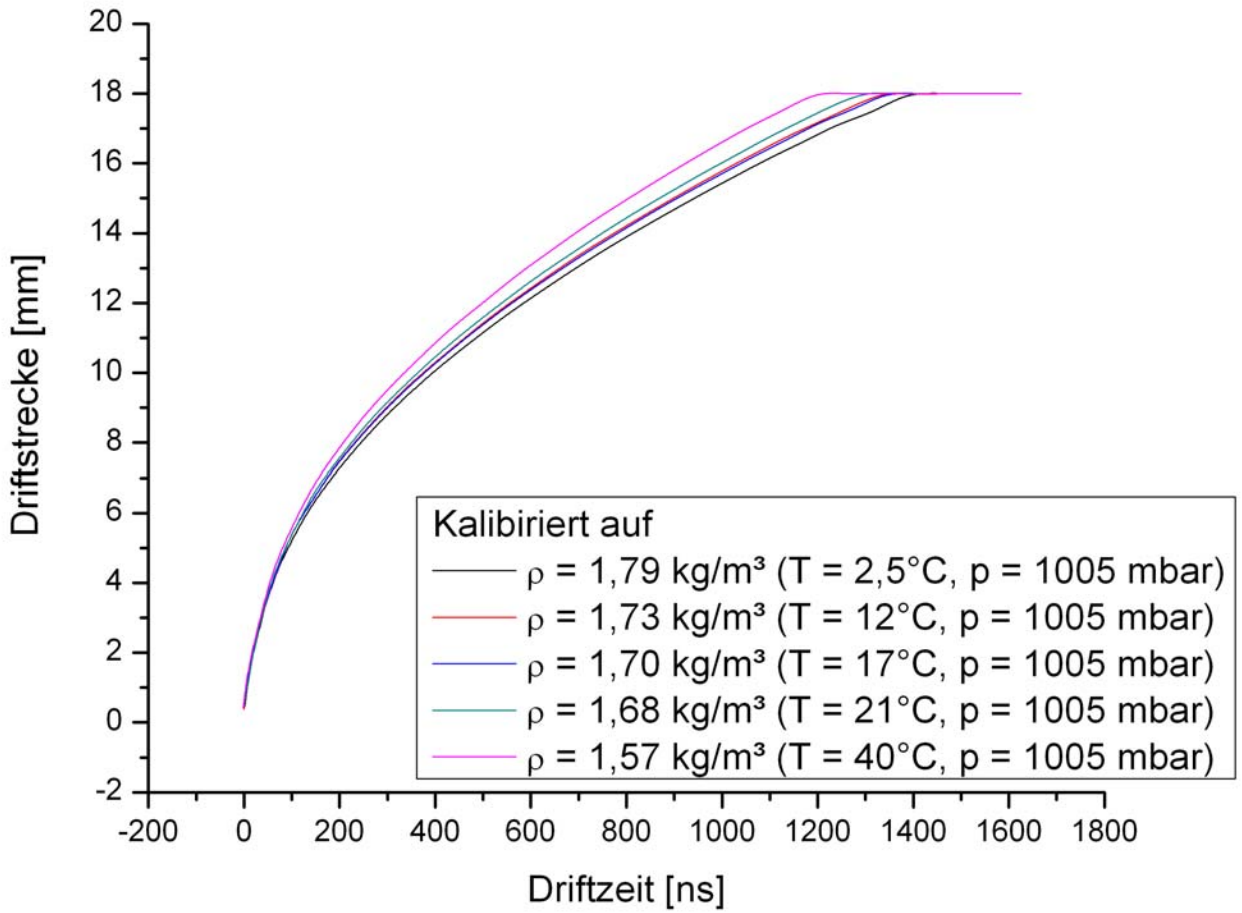
Messung 2007 (Jan Lenkeit)

Temperaturabhängigkeit I



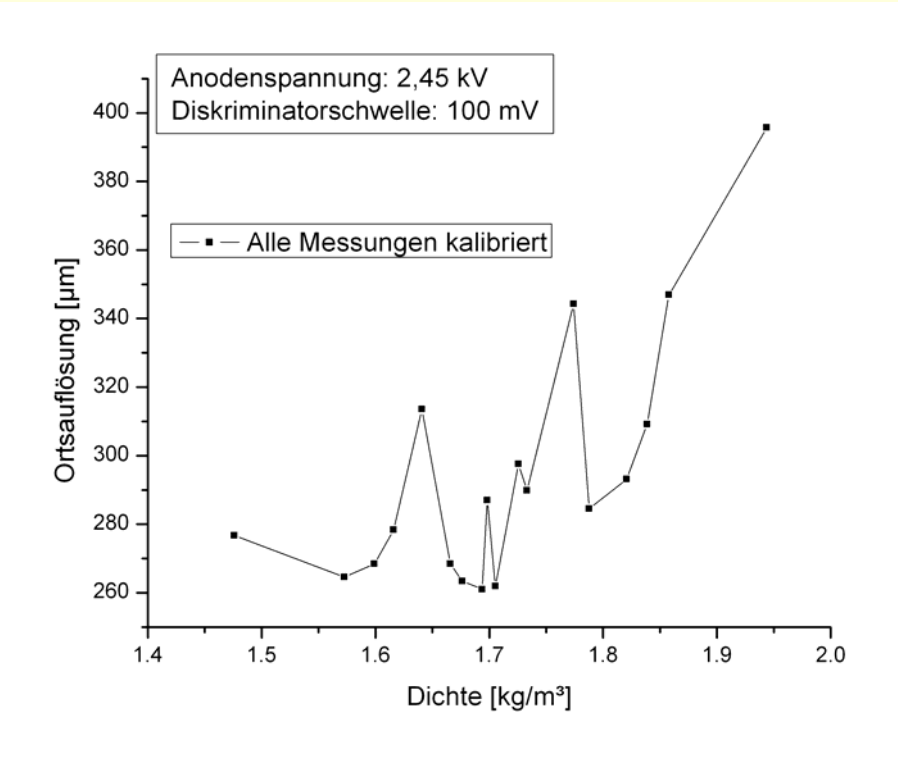
- Leichte Abweichungen der DOBs zwischen Hamburg und LNGS

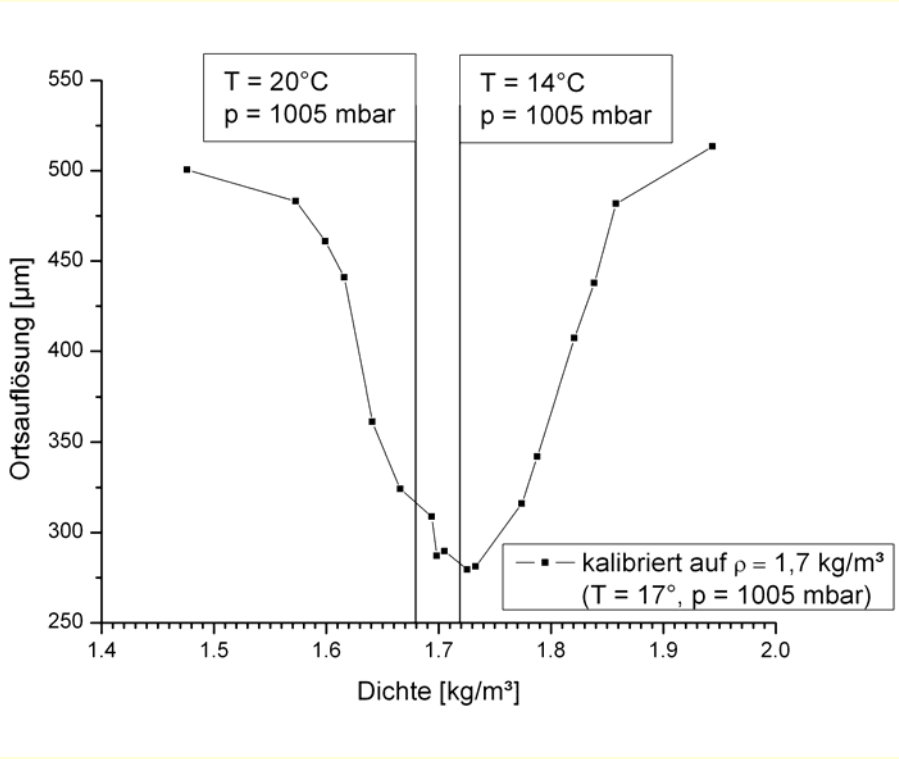
Temperaturabhängigkeit II



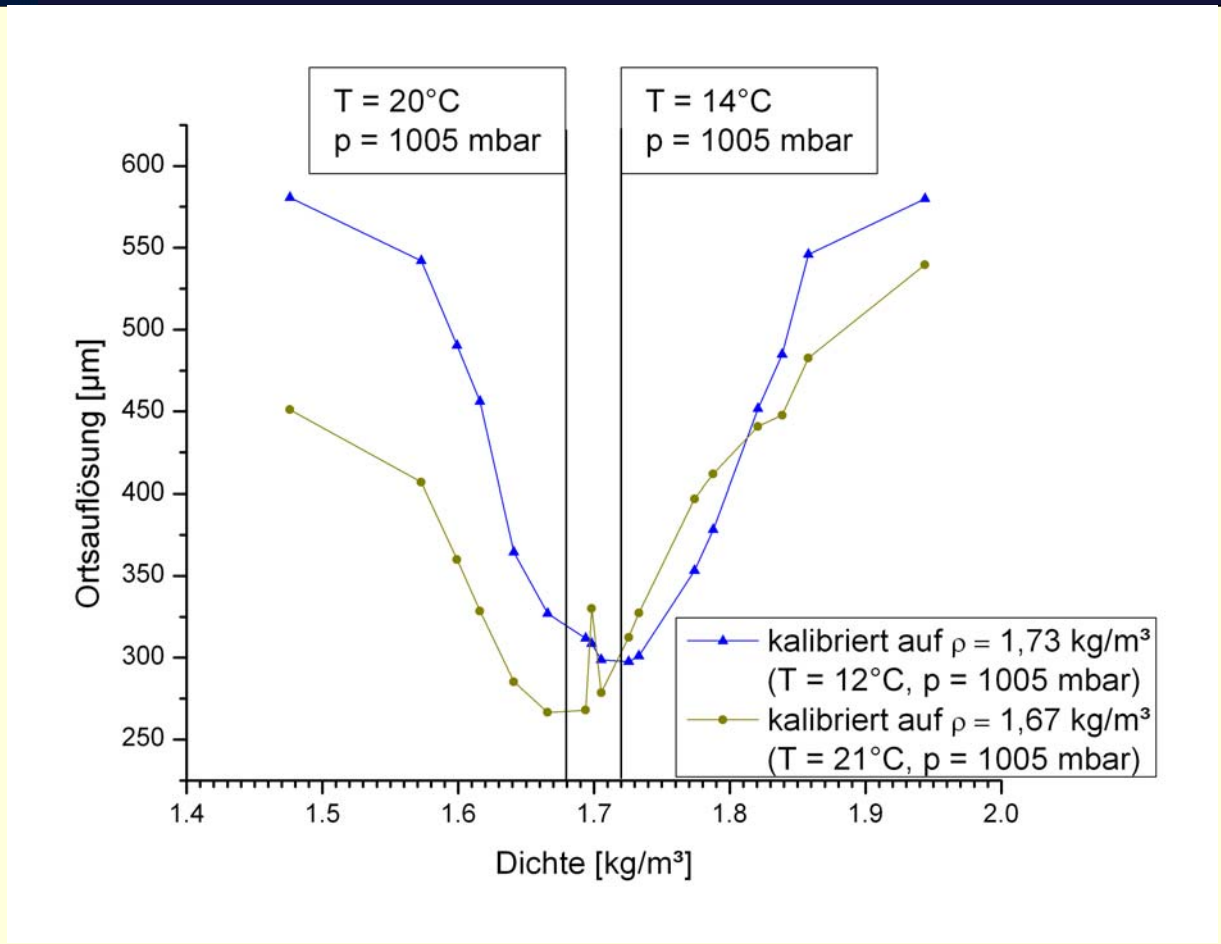
- starke Temperaturabhängigkeit der DOB

Temperaturabhängigkeit III



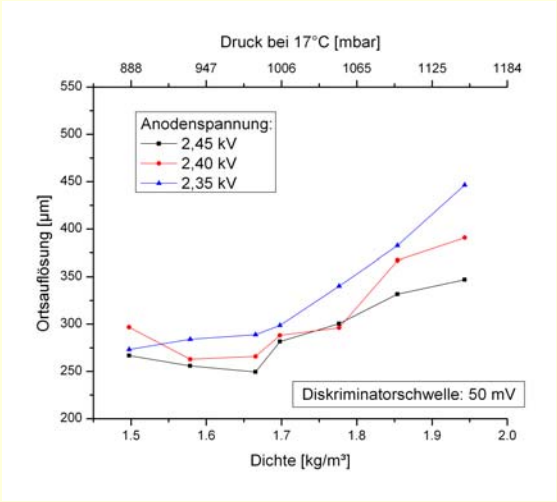


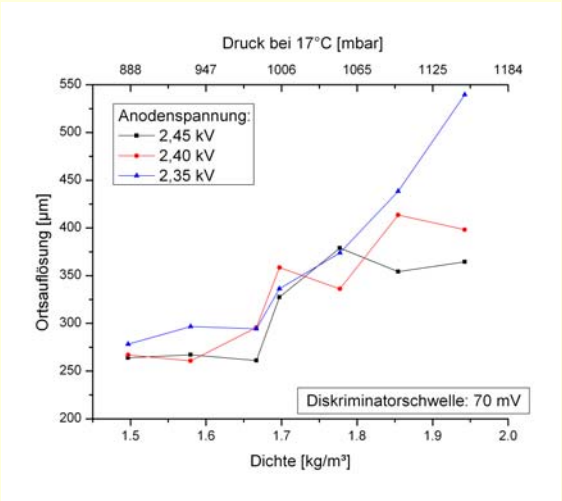
Temperaturabhängigkeit IV

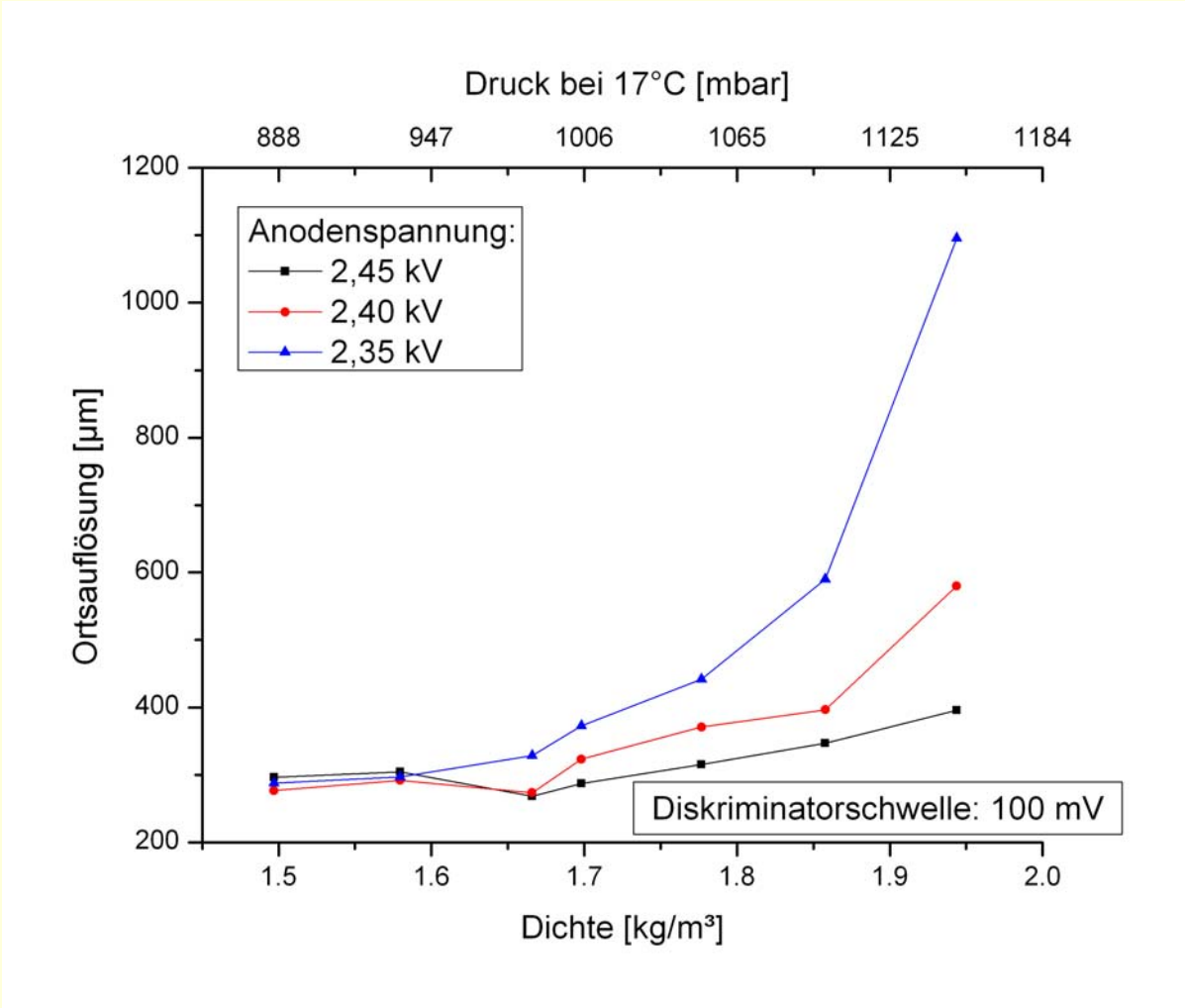


- Betriebsparameter im LNGS fast im Minimum der Ortsauflösung
- Geringe Verschlechterung der Auflösung durch Temperaturdifferenzen

Druckabhängigkeit I

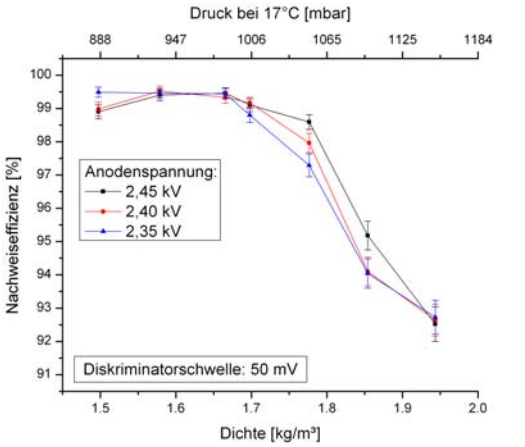


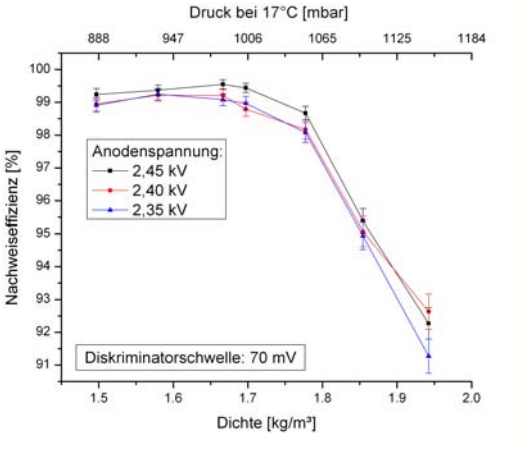


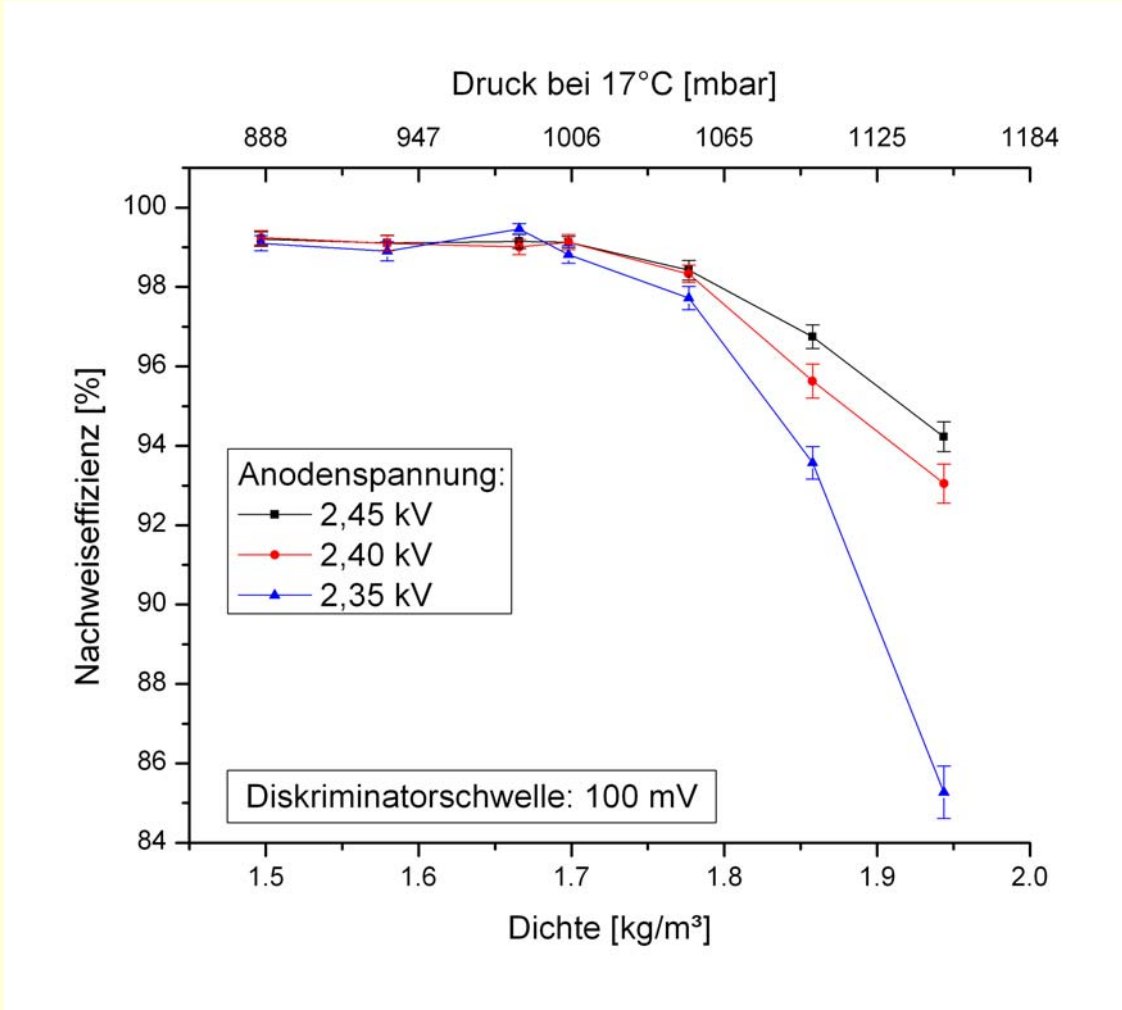


- Minimum der Ortsauflösung liegt für 17°C bei etwa 975 mbar

Druckabhängigkeit II







- Nachweiseffizienz verschlechtert sich ab 1050 mbar

Zusammenfassung

- Bisherige Messungen:
  - Temperaturabhängigkeit der Ortsauflösung und der DOB für die im LNGS auftretenden Temperaturdifferenzen
  - Druckabhängkeit der Ortsauflösung und der Nachweiseffizienz für verschiedene Spannungen und Diskriminatorschwellen
- Noch zu tun:
  - Veränderung der Drahtpositionen bei großen Temperaturdifferenzen
  - ???

Myon-Messungen am 8m Opera-Teststand

Teil II:

Messung der Gasverstärkung und Auswirkungen auf das Auflösungsvermögen in Abhängigkeit der Gasdichte

Was bisher geschah… I

Aus der thermischen Zustandsgleichung idealer Gase:

$$\Rightarrow \rho = \frac{p}{T} \cdot c$$

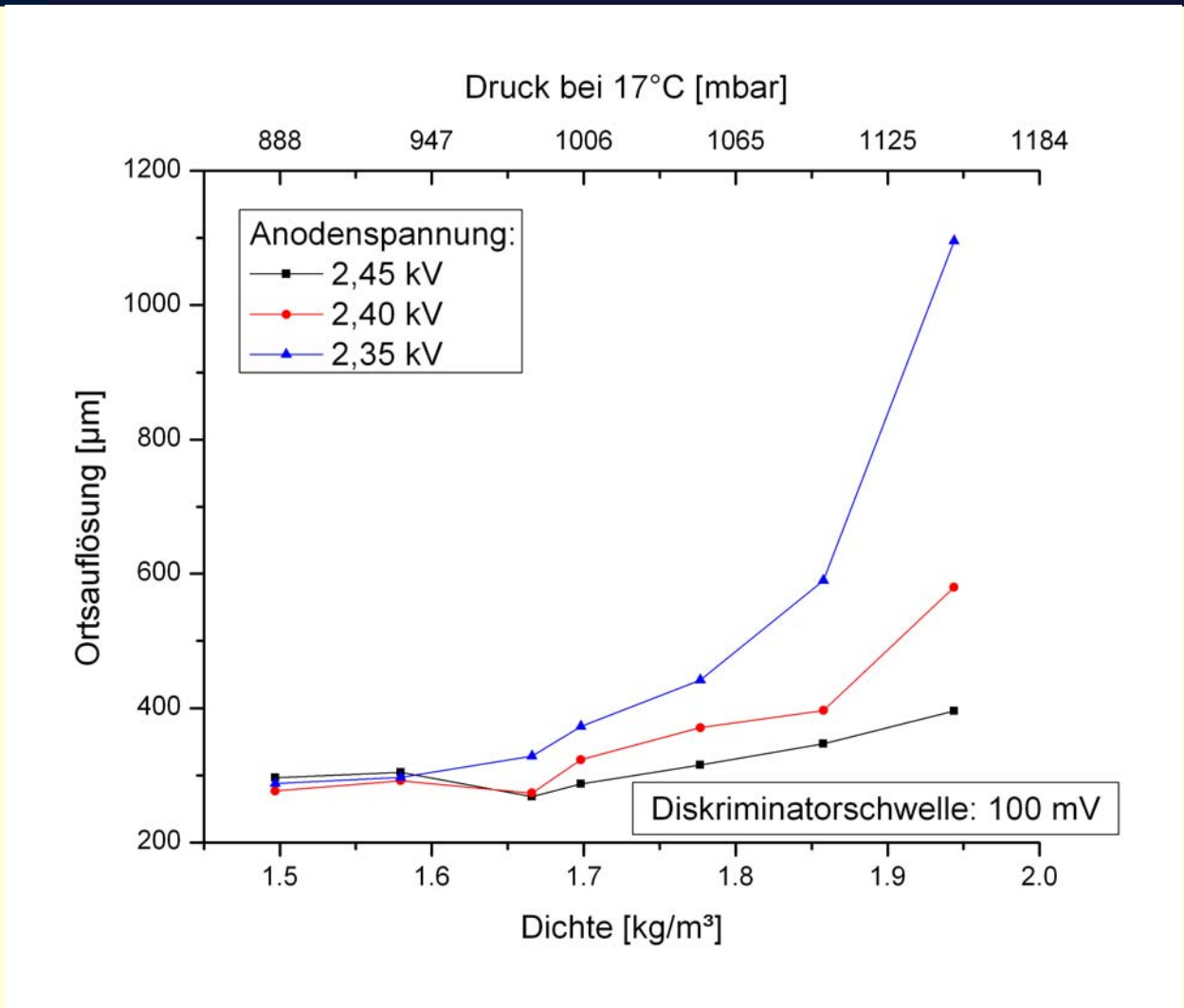
$$c = \frac{M_{Ar:CO_2\,(80:20)}}{R} = 0{,}49023 \frac{K}{mbar} \frac{kg}{m^3}$$

Definition "LNGS-Bedingungen":

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

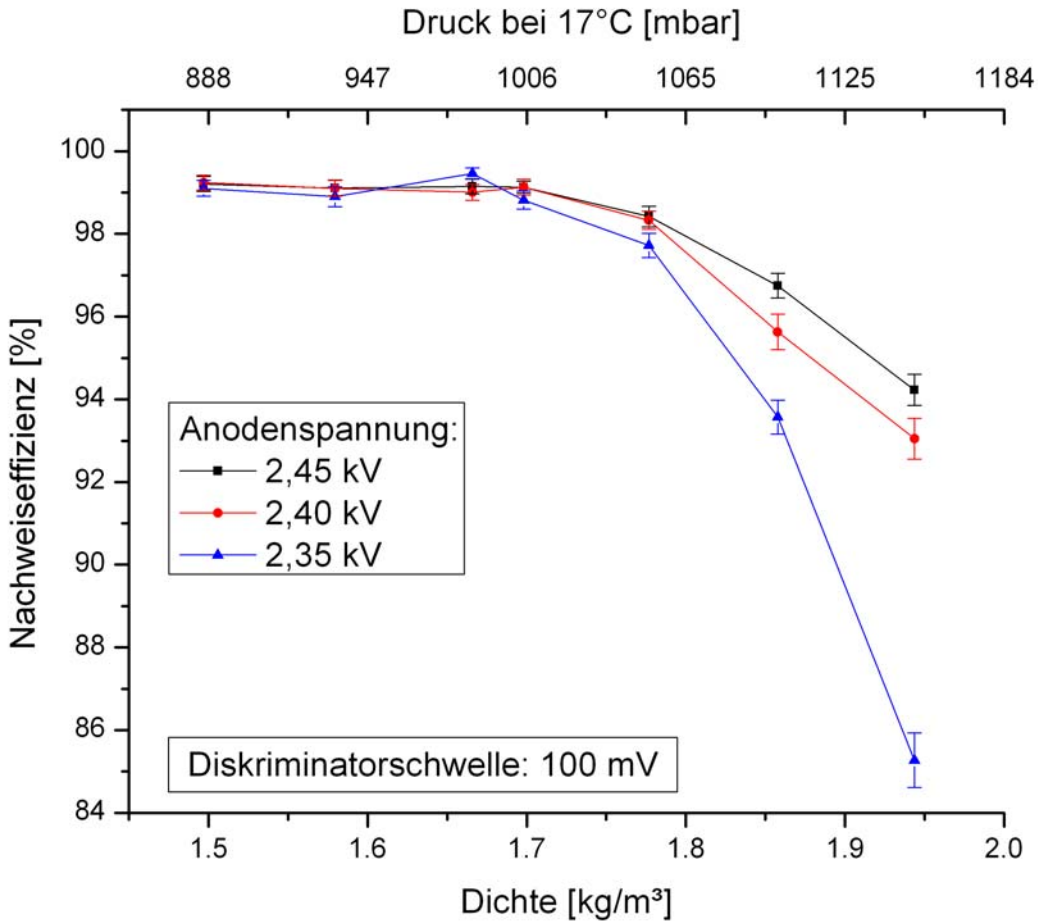
$$\Rightarrow \rho_{LNGS} = 1{,}70 \frac{kg}{m^3}$$

Was bisher geschah… II



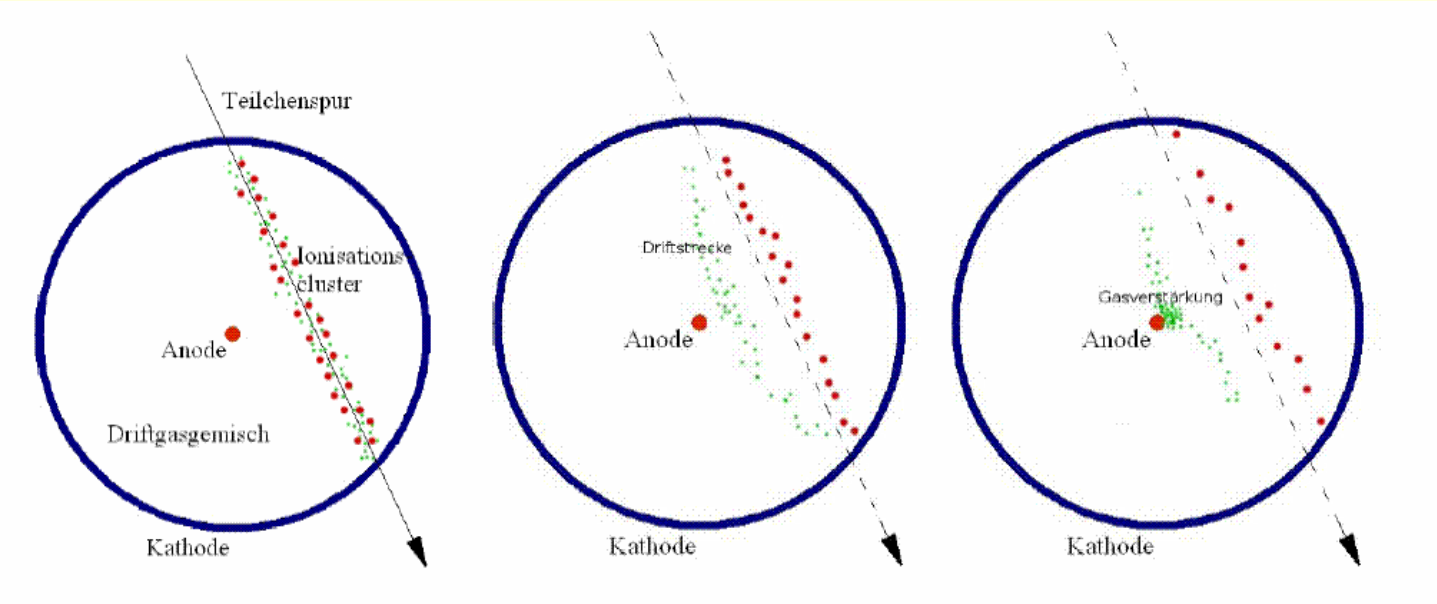
- Minimum der Ortsauflösung liegt für 17°C bei etwa 975 mbar

Was bisher geschah… III



- Nachweiseffizienz verschlechtert sich ab 1050 mbar

Gasverstärkung



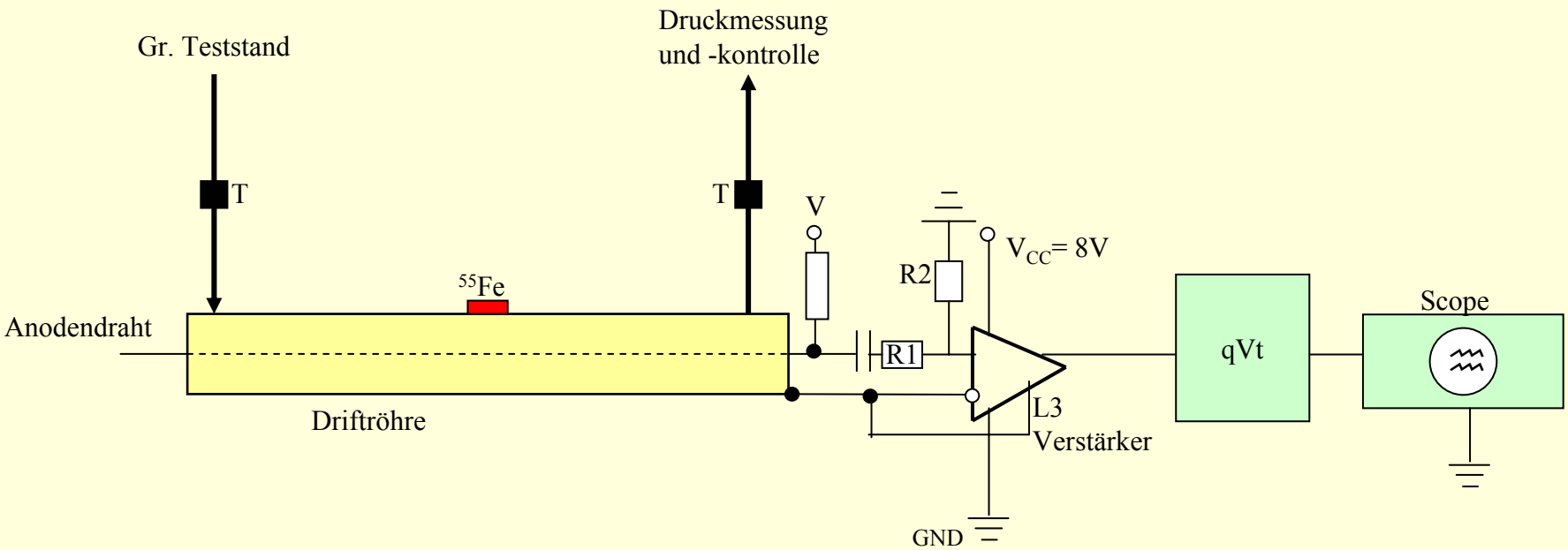
Definition der Gasverstärkung :

$$G = \frac{N_S}{N_P}, G = G(V, \rho, N_{P0}, E_{min}(\rho_0), \Delta V, r_A, r_K)$$

Für Myonen: ~28 Cluster /cm mit durchschnittlich 1,3 Elektronen

Für ^{55}Fe: Genau 1 Cluster mit durchschnittlich 277 Elektronen

Messung der Gasverstärkung



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

Kalibration des qVt erfolgte über einen Pulsgenerator

Relative Gasverstärkung

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

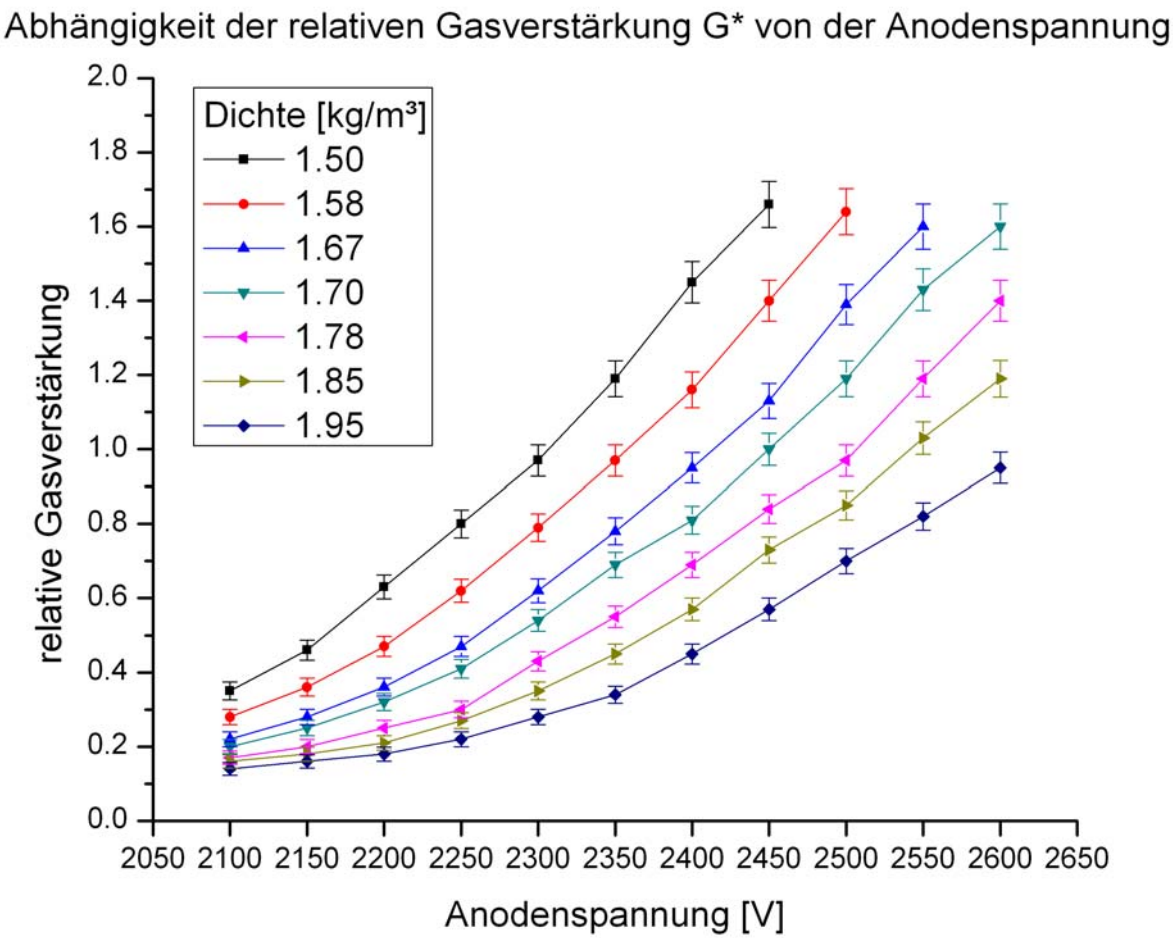
Fehler auf G wird sehr groß

Definition der relativen Gasverstärkung G*:

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

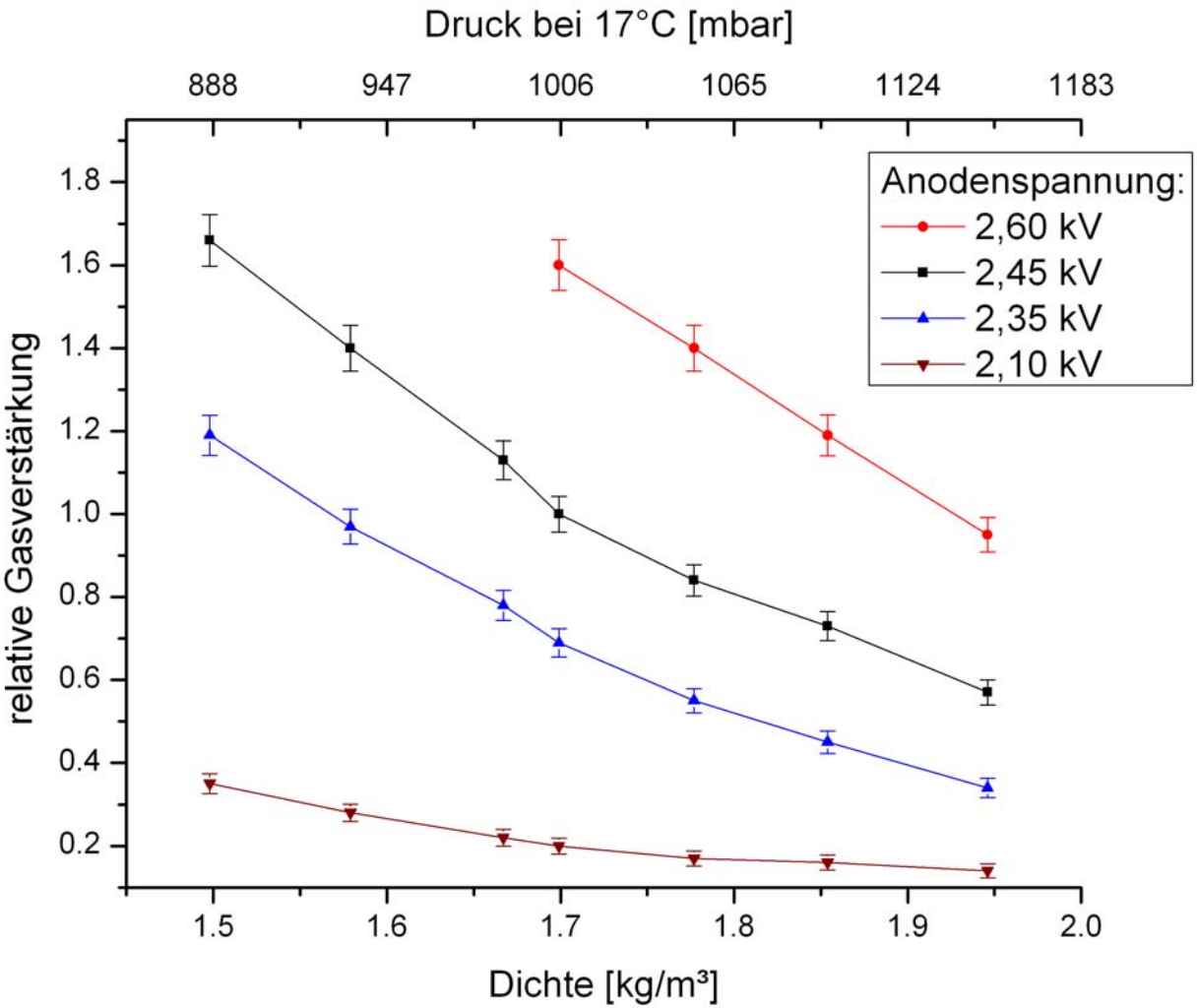
- G* gibt also die relative Veränderung der Gasverstärkung in Bezug auf die am LNGS herrschenden Verhältnisse an.
- Fehler von G* ist durch die Messgenauigkeit des qVt gegeben.

Messung I

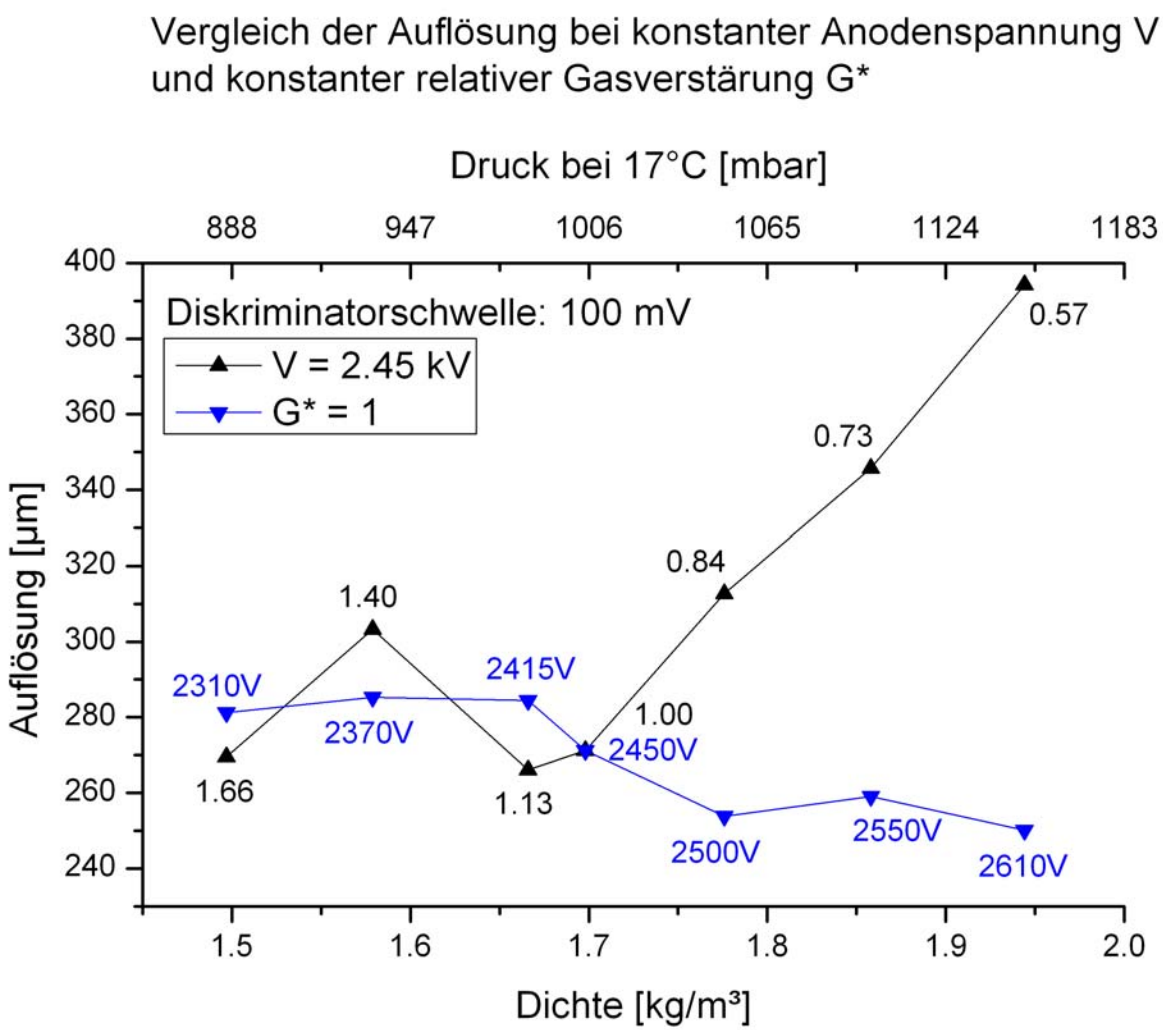


- Es wird theoretisch ein exponentieller Anstieg mit der HV erwartet

Messung II

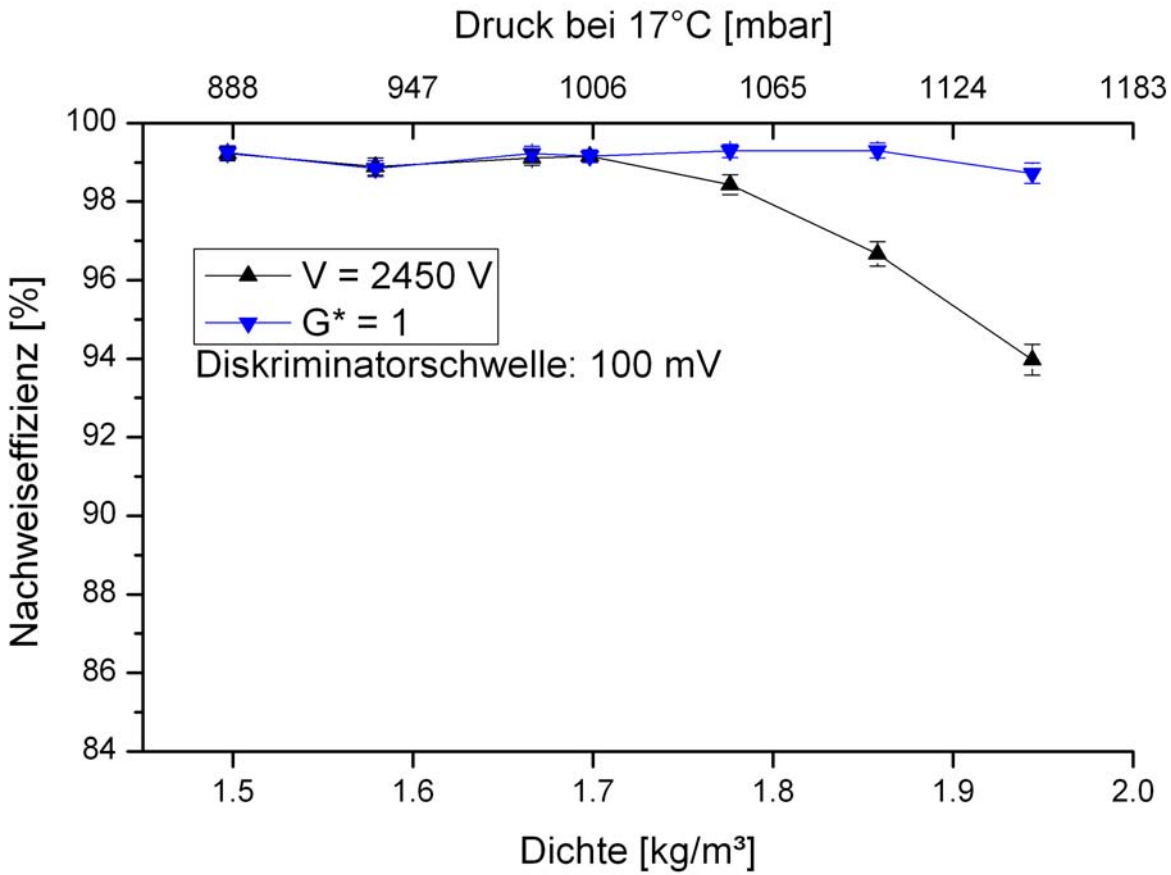

Druck bei 17°C [mbar]
888
947
1006
1065
1124
1183
relative Gasverstärkung
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
2.0
Dichte [kg/m³]
Anodenspannung:
2,60 kV
2,45 kV
2,35 kV
2,10 kV

Vergleich Auflösung



Vergleich Nachweiseffizienz

Vergleich der Nachweiseffizienz einer Einzelröhre bei konstanter Anodenspannung V und konstanter relativer Gasverstärung G*



Zusammenfassung

- Steigende Dichte sorgt bei konstanter Gasverstärkung für eine Verbesserung der Auflösung (Primärionisationsstatistik, Diffusion?)
- Steigende Dichte sorgt bei konstanter Hochspannung zu einer Verschlechterung der Auflösung (Nachweiseffizienz der Röhren sinkt)

- Was noch fehlt: Auswirkung von Dichte und elektrischem Feld auf die Diffusion und das Driftverhalten von Elektronen in Ar:CO_2

Ende