

Praktikum: 09.05. - 20.05.2011

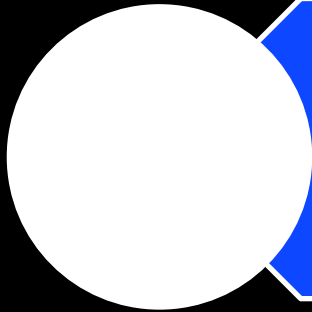
Vakuumtechnik

**TE-VSC : Technology department –
Vacuum, surfaces and coating**

LBV (LHC Beam Vacuum)

Betreuer: Gerhard Schneider

Vakuum – viel Arbeit für Nichts



Vakuum – was ist das?



Schaffung eines Vakuums

- Pumpen und Messgeräte
- Ausheizen und ausgasen



Mein Praktikum

- Carbon- und Titanrohrtests
- Gasinjektionssystem
- Lecktests

Das Vakuum

- lat.: *vacuus* = ‚leer‘
- umgangssprachlich:
(weitestgehend) leerer Raum



Definition: Vakuum

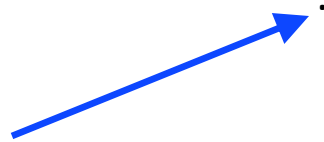
- *„Vakuum heißt der Zustand eines Gases, wenn in einem Behälter der Druck des Gases und damit die Teilchenzahldichte niedriger ist als außerhalb
oder
wenn der Druck des Gases niedriger ist als 300 mbar, d.h. kleiner als der niedrigste auf der Erdoberfläche vorkommende Atmosphärendruck“*

(Definition in der [DIN 28400](#))

Normaler Luftdruck: 1 bar

- ~ 10.000 Punkte $\Rightarrow 1.000$ mbar = 1.000 hPa
- Freier Weg zwischen Teilchen: 68 nm
- $2.7 * 10^{19}$ Moleküle pro cm^3

Vakuum



– 1 Punkt => 0.1 mbar = 10^{-1} mbar

– Freier Weg zwischen Teilchen: 0.7 mm

– $2.7 * 10^{15}$ Moleküle pro cm^3



Isolier-Vakuum

– 10^{-6} mbar

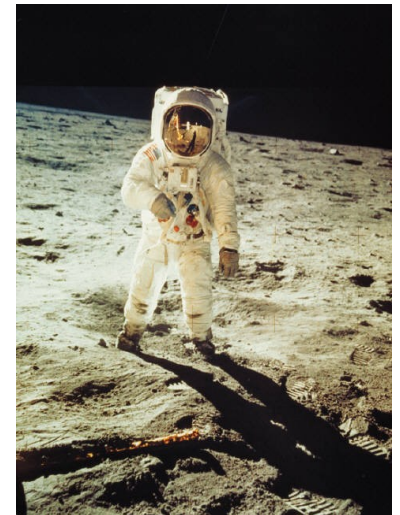
– Freier Weg zwischen Teilchen: 7 m

– $2.7 * 10^{10}$ Moleküle pro cm^3



Vakuum für das ALICE-Experiment

- 10^{-11} mbar
- Freier Weg zwischen Teilchen: 70 km
- $2.7 * 10^5$ Moleküle pro cm^3



Das LHC Vakuum System

- Die längste Thermoskanne der Welt:
2x ca. 21 km Isoliervakuum ($< 10^{-6}$ mbar)
- Strahlvakuum ($< 10^{-9}$ mbar bis 10^{-11} mbar)
 - Ca. 2x 21 km kaltes Vakuum
 - Ca. 6 km Raumtemperatur-Vakuum

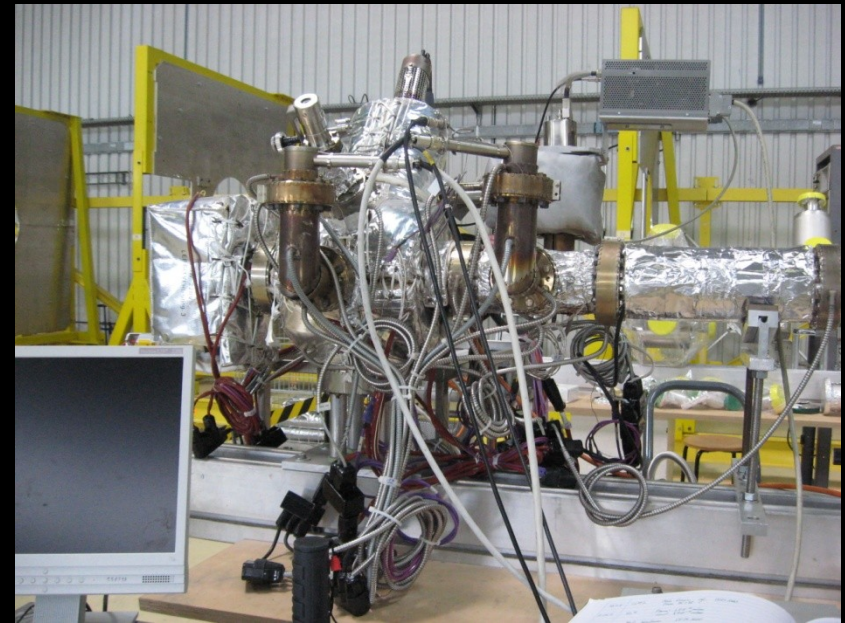
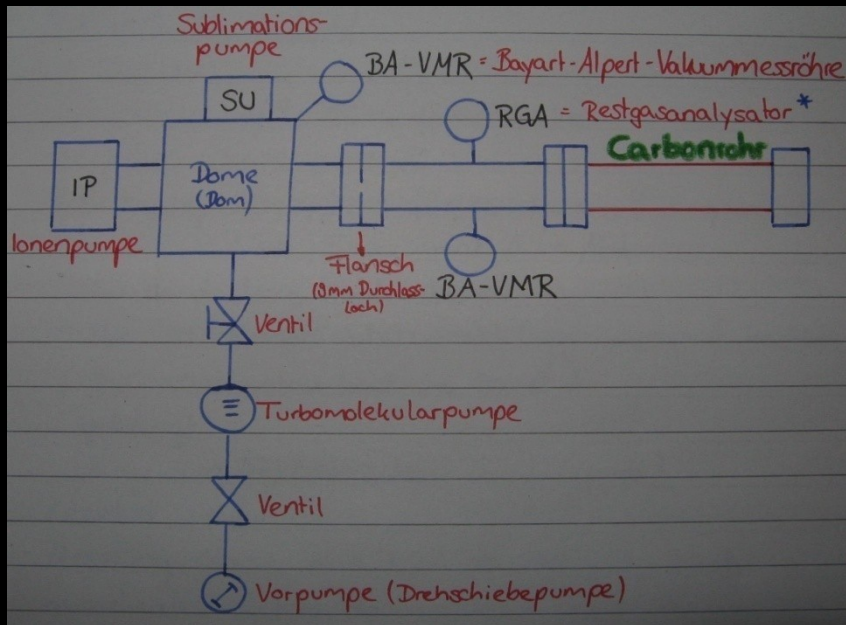


Vakuum-Arten

Druckbereich	Druck in mbar
Umgebungsdruck	1013,25
Grobvakuum	300...1
Feinvakuum	1...10 ⁻³
Hochvakuum (HV)	10 ⁻³ ...10 ⁻⁷
Ultrahochvakuum (UHV)	10 ⁻⁷ ...10 ⁻¹²
extrem hohes Vakuum (XHV)	<10 ⁻¹²

Schaffung eines Vakuums

- Aufbau komplizierter Pumpsysteme und Messgeräte



Pumpen

– Pumpen ohne Gasauslassöffnung

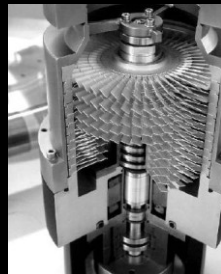


Ionpumpe



Sublimationspumpe

– Verdrängerpumpen (positive displacement pump)



Turbomolekularpumpe



**Drehschieberpumpe
(Vorpumpe)**

Messgeräte

– Grundprinzip:

Zusammenhang Elektrik ↔ Vakuumtechnik

=> Abhängigkeit des Leitwerts eines Gases vom Gasdruck

– Beispiele:

Massenspektrometer

– Restgasanalysator (RGA)

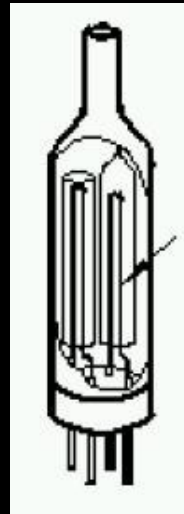


Messgeräte

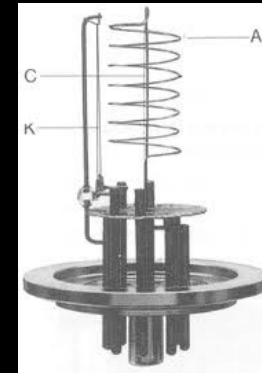
– Vakuummessröhren (Gauges)



**Penning
(Kalte Ionisation)**



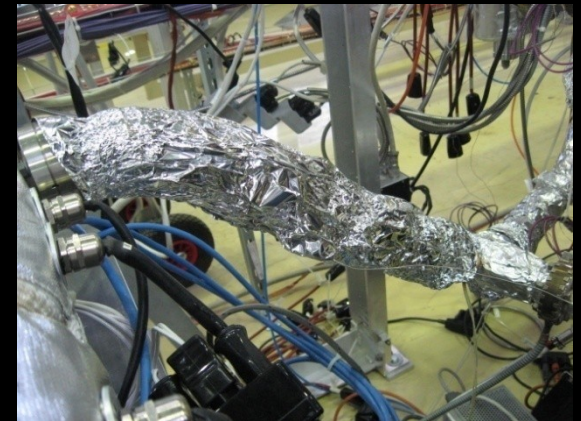
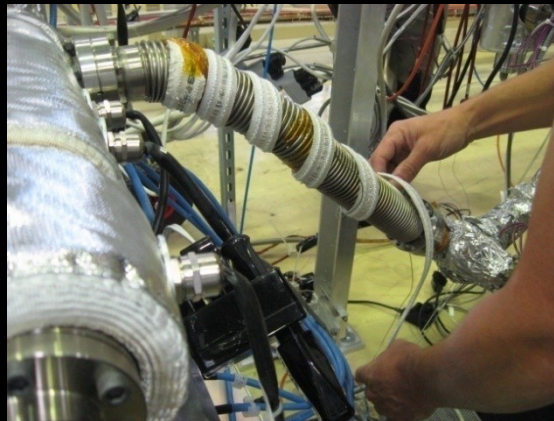
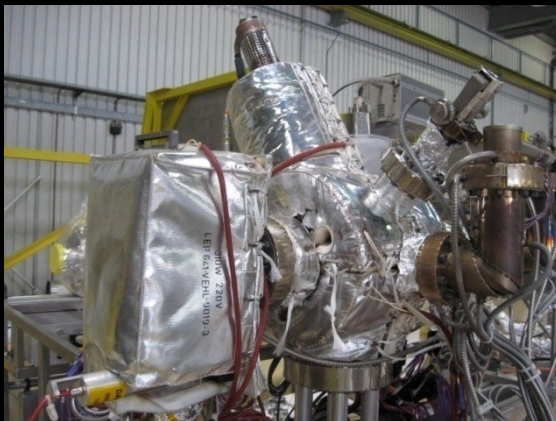
**Pirani
(Wärmeleitung im Restgas)**



**Bayart-Alpert
(Warme Ionisation)**

Ausheizen und ausgasen

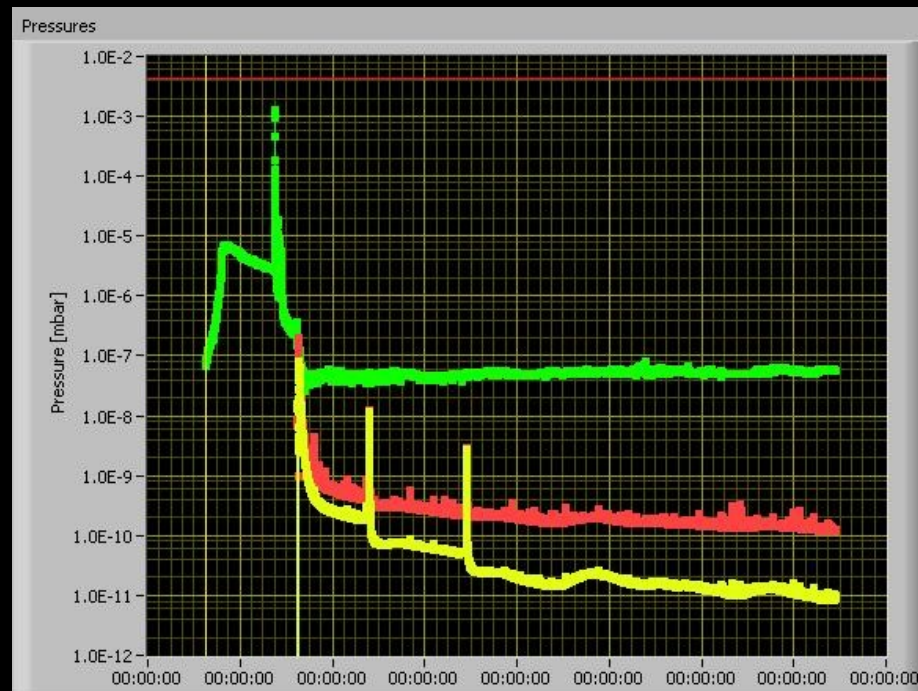
- Problem: Pumpsystem gast aus
 - => spezif. Ausgasrate der Teile
 - => Stoffe lösen sich von Oberfläche (Wasser!)
- Lösung: Ausheizen (Bakeout)



Ausheizen und ausgasen

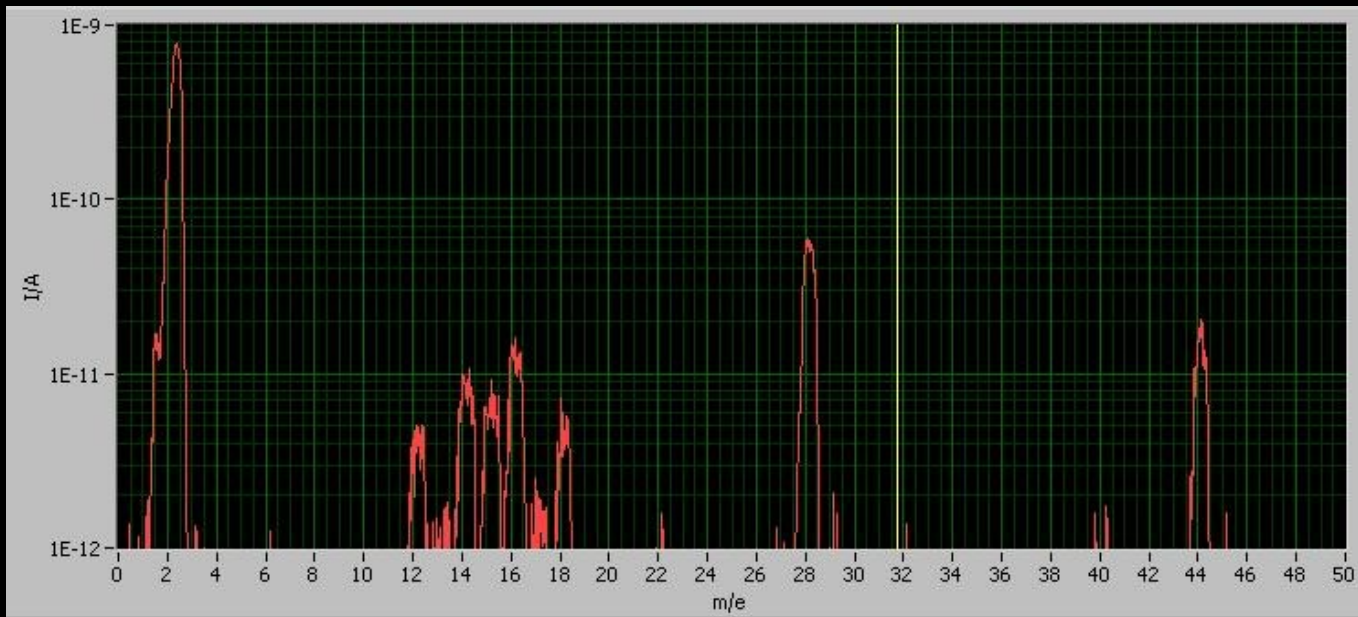
– Folge:

Druckanstieg durch starkes Ausgasen
(degassing)



Ausheizen und ausgasen

- Vorteil: Stoffe abpumpbar
=> Verbesserung Vakuum/ Druck



Spektrum eines ausgegasten Systems

Mein Praktikum

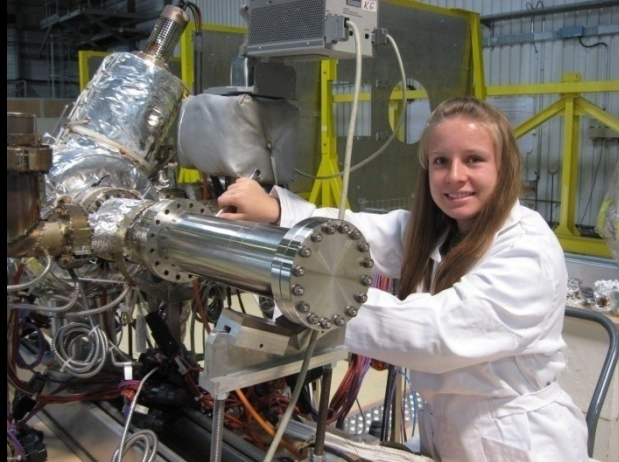


Carbon- und Titanrohrtests

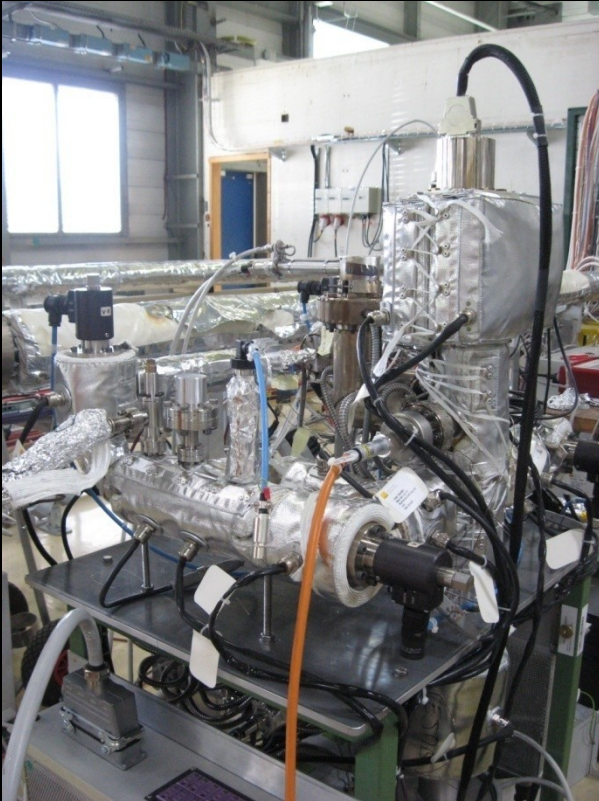
- Messung spezif. Ausgasraten eines Carbonrohres
=> Eignung fürs Vakuum?
- Stabilitätstest eines Titanrohres
- Flansch-Test



Carbon- und Titanrohrtests



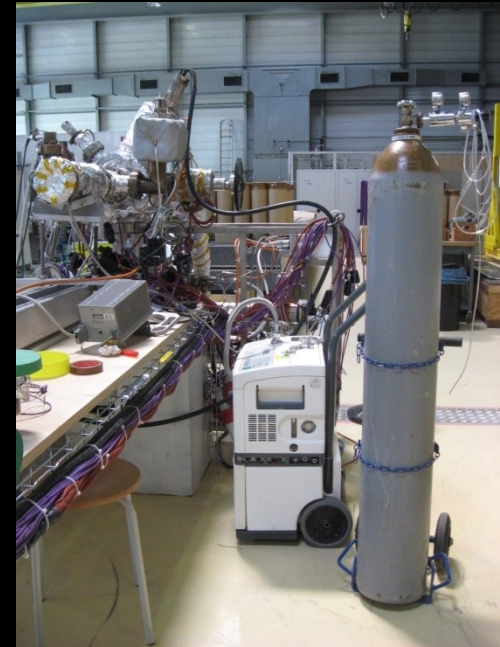
Gasinjektionssystem



System zum Injizieren von Neon in ein Vakuumsystem, sowie zum anschließenden Wiedertleeren

Lecktests

- Anschluss eines Druckmessgeräts ans Vakuumsystem
- Besprühen möglicher Leckstellen mit Helium
- Druckanstieg:
Helium ist durch Leck eingedrungen



Lecktests

- Volumen Autoreifen: 60l
- Druck in Autoreifen: 2 bar
- Obere Leckgröße (Bestimmung bei Lecktest):
 $1 \cdot 10^{-11} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$

Wann müsste man den Reifen mal wieder aufpumpen
(Druck nur noch 1bar)?

Teilchenzahl: $120.000 \text{ mbar} \cdot \text{l}$

$60.000 \text{ mbar} \cdot \text{l} / 1 \cdot 10^{-11} \text{ mbar} \cdot \text{l/s} =$
 $6 \cdot 10^{15} \text{ s} = \mathbf{190,25 \text{ Mio. Jahre}}$



Vielen Dank an ...

... meinen Praktikumsbetreuer, Gerhard Schneider:

Für unglaublich viele Erklärungen und Antworten, viel Geduld, unendlich viel Zeit, witzige Gespräche, Schwimmbad- und Restaurantbesuche, sowie die Motivation zur Bildung eines eigenen Relay Race-Teams

... Herrn Schmeling und Frau Barth:

Für die großartige Organisation und Ermöglichung dieses einmaligen Praktikums

... die Vakuumgruppe:

Für ein witziges Relay Race und die nette Aufnahme

... Susanne Kreim:

Für die freundliche, kurzzeitige Aufnahme einer weiteren Praktikantin und die Stickstoff-/ Heliumversuche

