Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen



Ein Vakuumbauteil entsteht

Anforderungen Materialauswahl Konstruktion Herstellung Einbau Pflege

19.10.2004

Technisches Seminar DESY Zeuthen 1

Anforderungen:

• Welche Anforderungen muss das Vakuum erfüllen?

Druckbereich UHV: 10^-9 ...10e-11 mbar ...

Temperatur

Sauberkeit Desorptionsrate: ca. 5 x 10^-12 mbar . I / s . cm^2

Dichtheit Leckrate: 1 x 10^-10...1 x 10^-9 mbar . I /s

Partikelfreiheit Reinraumklasse 100

Sind Vakuumberechnungen erforderlich?

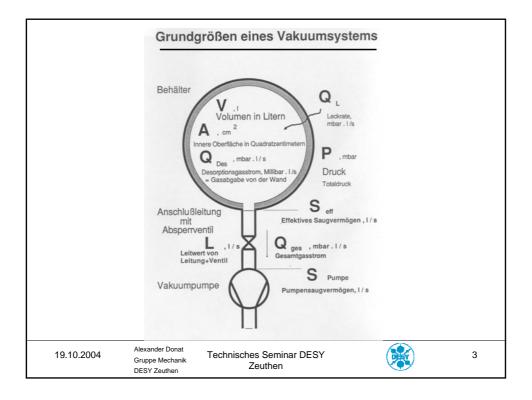
Dimensionierung Leitwertermittlung zu erwartender Enddruck

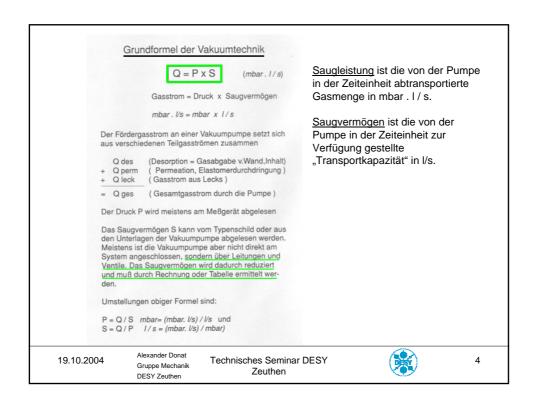
19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

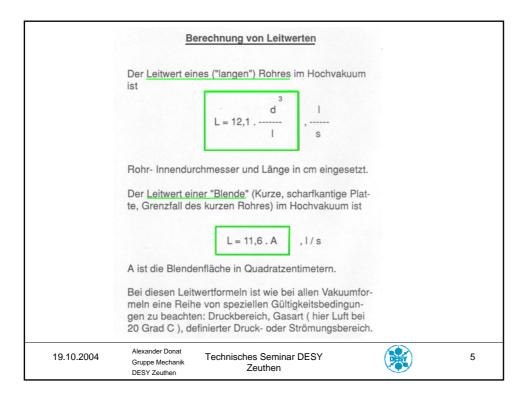
Technisches Seminar DESY Zeuthen

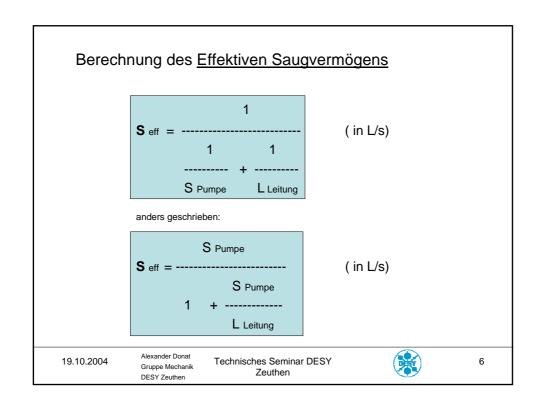






yx





Schlussfolgerung:

Verlust von Pumpensaugvermögen ist unabwendbar!

Kann nur minimiert werden durch Einhaltung der Grundregel für Vakuumleitungen:

"kurz und weit"

Faustregeln:

Ausnutzung 50%: L Leitung = S Pumpe

Ausnutzung 90%: L Leitung = $10 \times S$ Pumpe

Wählt man den Leitwert der Anschlussleitung viel zu klein:

L Leitung << S Pumpe SO wird S eff \sim L Leitung

Eine weitere Vergrößerung der Vakuumpumpe ist dann sinnlos ohne Anschlussleitung mit besserem Leitwert!

19.10.2004

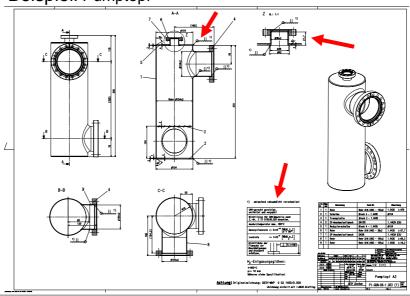
Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



7

Beispiel: Pumptopf



19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen

Materialauswahl:

Rohre: Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4435

X2CrNiMo18-14-3

Flansche: Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4429 ESU

X2CrNiMoN17-13-3

behält beim Wasserstoff-Freiglühen bei 950°C

seine Festigkeit

Abweichungen je nach physikalischen und technologischen Randbedingung

möglich:

z.B.: Cavitäten: Kupfer, Niob

auch Aluminium

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



9

Fertigungsablauf für Vakuumkomponenten

- Teilezuschnitt
- Auszüge fertigen
- Beizen: Entfernen von Metalloxiden mit Säuren oder Laugen

Kupfer: Salpetersäure

Edelstahl: Salpetersäure + Flusssäure Aluminium: Natronlauge, Salpetersäure

Bleche und Rohre werden vor dem Schweißen gebeizt

• Komponenten nach der Fertigung und vor dem Schweißen waschen

spezielle Waschmaschinen: Edelstahl: Seifenlösung P3-T7221 (Henkel), $90^{\circ}\mathrm{C}$

Kupfer: Seifenlösung P3 Saxin (Henkel), 50°C Aluminium: Seifenlösung P3 Saxin (Henkel), 90°C

- Schweißen und Lecksuche, Massenspektroskopie (RGA)
- Im Vakuumofen wasserstoffarm glühen (10^6 mbar, 2 Std., 950°C)

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



yх as

Fertigungsablauf für Vakuumkomponenten

- •Lecksuche
- Während der Montage oder eines Schweißvorganges dürfen die Teile nicht verschmutzt werden
- UHV-gerecht reinigen
- Partikelfrei Reinigen
- UHV-gerecht verpacken
- Partikelfrei montieren
- •Lecksuche

19.10.2004

Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY



11

Verbindungsarten:

Schweißen unter Schutzgas: Nachschweißen bei Leck leicht möglich Gefahr des Verzuges infolge Schwindung

Löten, flussmittelfrei, unter Vakuum: Nachlöten bei Leck schwierig weitgehend verzugs- und schwindungsfrei Metall-Keramik-Lötungen sind sehr spröde!





19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

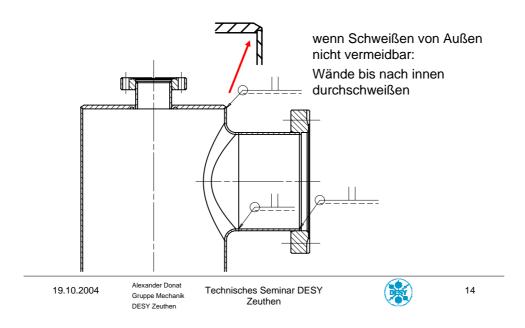
Technisches Seminar DESY Zeuthen



Vakuumgerechtes Schweißen:

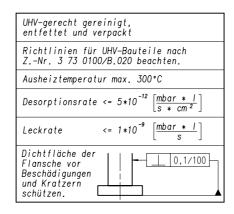


Vakuumgerechtes Schweißen:



UHV-gerechte Reinigung

1) umlaufend vakuumdicht verschweisst



19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



15

UHV-gerechte Reinigung

ist erforderlich, um die Desorption zu reduzieren. Geringe Desorptionsraten (und Leckfreiheit) sind entscheidend für das Erreichen eines hohen Endvakuums!





19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



UHV-gerechte Reinigung

- Vorreinigung zur Beseitigung grober Verschmutzungen
- Reinigung im durchfließenden Heißwasserbad, Waschmittel für rückstandsfreie Entfettung, Waschmittel dem Werkstoff angepasst (Edelstahl oder NE), Unterstützung durch Ultraschall
- Spülen mit heißem, deionisierten Wasser
- evtl. Spülen mit Ethanol (CuNiSi)
- Trocknen in staubarmer Atmosphäre bei 100°C bis

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



17

Partikelfreiheit

ist eine wichtige Forderung beim Betrieb von Beschleunigerstrukturen mit hohen Gradienten als auch von optischen Strahlrohrkomponenten (Spiegel).

Das hat besondere Konsequenzen für alle Bauteile eines Strahlrohres. Während der gesamten Prozesskette Konstruktion – Fertigung – Lecksuche – partikelfrei Reinigen müssen folgende Regeln eingehalten werden:

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



Partikelfreiheit

- Vakuumbauteile müssen besonders gereinigt, montiert, abgepumpt und belüftet werden
- •Die Reinigung wird in speziellen partikelgefilterten Reinigungsanlagen ausgeführt

Ultraschallreinigung, Leitwertspülung mit deionisiertem Wasser >12MOhm/m, Trocknen mit staubfreier Luft (Reinraumklase 100 oder besser).

A new Cleaning Facility for Particle Free UHV-Components [s. Lit. U.Hahn et.al.]:



US bath 1 US bath 2 rinsing bath facility

preparation clean room

drying test + preassembly labwasher

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



19

Partikelfreiheit

- Bauteile, die nicht gewaschen werden können, müssen mehrere Stunden im partikelfreien Luftstrom liegen
- Montage der Bauteile und die Verbindung von Baugruppen erfolgt immer in einer Reinraumumgebung Klasse 100

(oder besser)



19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



Partikelfreiheit

- nur ungeschmierte, nicht kalt verschweißende Schrauben verwenden
- Flanschverbindungen sind vor Staub zu schützen
- der beim Abpumpen erzeugte Gasstrom muß in die gleiche Richtung strömen wie der Belüftungsstrom (Pump & Purge)
- Für die Vakuumerzeugung sind nur trocken laufende Turbopumpstände und Ionengetterpumpen zugelassen
- Vakuumbauteile müssen immer mit partikelgefiltertem Gas (Stickstoff/Argon) geflutet werden und zur Lagerung staubdicht verpackt werden.

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



21

Verpackung

Behälter:

- mit trockenem Stickstoff füllen und blind flanschen
- bei geforderter Partikelfreiheit Behälter in doppelte antistatische Kunststoffolie einschweißen

Sonstige UHV-Bauteile:

• in doppelter antistatische Kunsttstoffolie einschweißen

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



Lecksuche

Wird ausgeführt nach dem Schweißen, Löten und der Montage. Lecks verhindern das Erreichen eines hohen Endvakuums!

• Leckrate < 1 x 10^-10 mbar . I / s (d.h., 1cm^3 Luft fließt durch das Leck in 300 Jahren)

 Kohlenwasserstofffreiheit gefordert:
 Restgasgehalt oberhalb Masse 45 messen: Die Summe der Partialdrücke oberhalb amu45 darf nur < 10^-3 des Totaldrucks sein

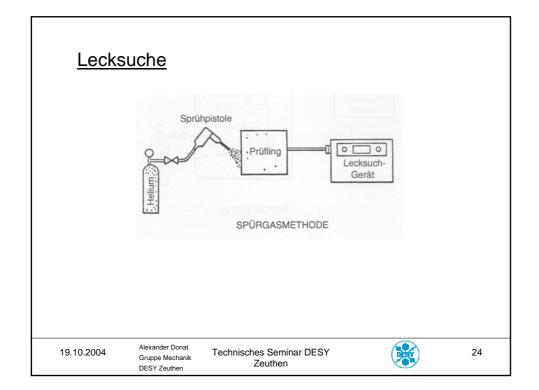
- Lecksuche kann mit Lecksuchgerät oder mit einem Massenspektrometer erfolgen
- Nachweis von Helium

19.10.2004

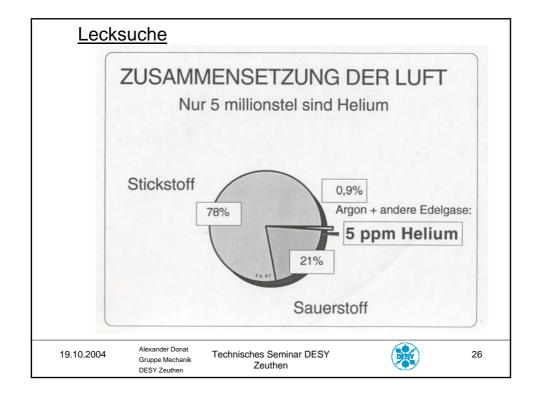
Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

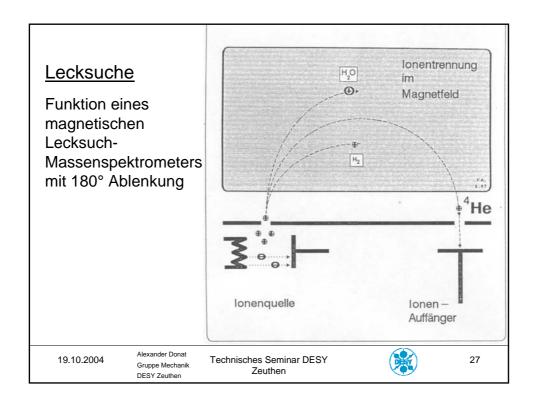
Technisches Seminar DESY Zeuthen





Warum Helium ? **Lecksuche** Nicht im "Untergrund" des Massenspektrometers vorhanden, weil: Volumenkonzentration in Atmosphärenluft nur " 5 ppm " = 5 Teile in 1 Million Teilen Luft • Durchdringt rasch kleine Lecks, da kleiner Atomdurchmesser · Helium ist ungiftig • Helium ist unbrennbar : Edelgas ! Helium ist relativ preiswert Alexander Donat 19.10.2004 Technisches Seminar DESY 25 Gruppe Mechanik DESY Zeuthen Zeuthen





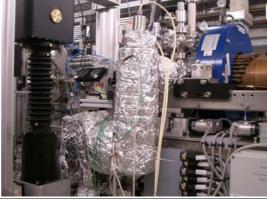


<u>Ausheizen</u>

neben der UHV-gerechten Reinigung eine weitere wichtige Methode, um die Desorptionsrate zu

verringern.

max. 300°C mehrere Tage

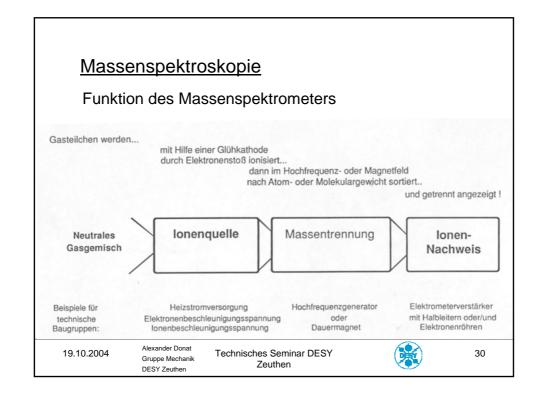


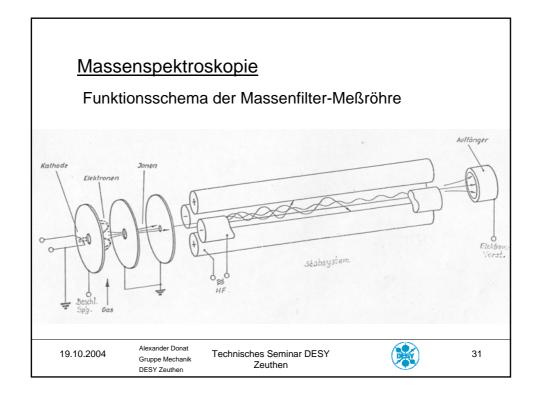
19.10.2004

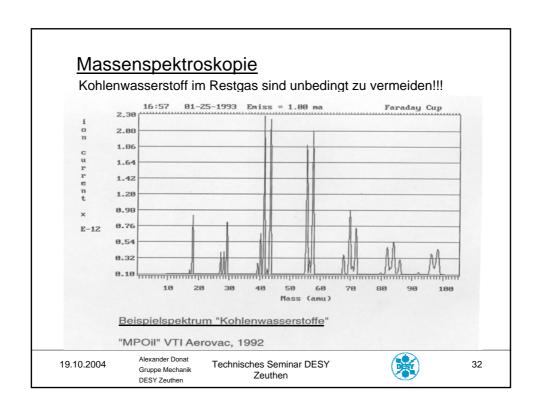
Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

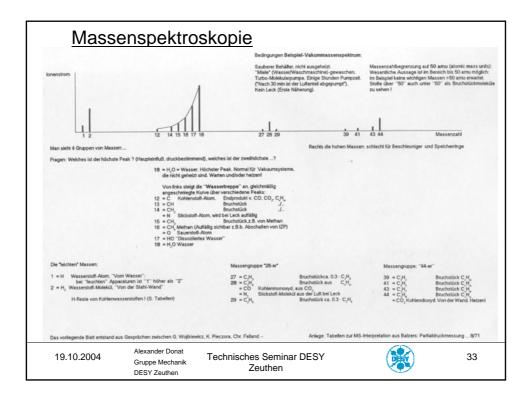
Technisches Seminar DESY Zeuthen











Verwendete und weiterführende Literatur

• Chr. Falland: Vakuumtechnik bei DESY, Interner Bericht,

DESY HERA P-93/01 DESY HERA P-93/02 DESY HERA P-93/03

- U. Hahn, M. Hesse, H. Remde, K. Zapfe: A new Cleaning Facility for Particle Free UHV-Components. Vacuum 73, 2004
- U. Hahn: UHV-Richtlinien für Strahlführungen und Experimente am Hasylab. http://www-hasylab.desy.de/services/vacuum/hasyrules.htm
- H.-P. Wedekind: Fertigung und Reinigung eines OTRs. Internes Seminar Gr. Mechanik, 31.5.2001
- •H.-P. Wedekind, J. Wojkiewicz, K. Zapfe: Allgemeine Anforderungen an Layout, Konstruktion und Bau für die Vakuumkomponenten des TTF-Linac Phase 2. MVP-Note 01-02
- Richtlinien für UHV-Bauteile. DESY-interne Richlinie, 28.6.1999

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



yx

Ein luftleerer Raum entsteht, wenn man mit einem Fahrrad über einen Nagel fährt

Kalenderspruch

19.10.2004

Gruppe Mechanik
DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen



35

Danke für das Interesse und die Aufmerksamkeit!

19.10.2004

Alexander Donat Gruppe Mechanik DESY Zeuthen

Technisches Seminar DESY Zeuthen

