Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeit

Ultrahochvakuum Hochfrequenz Durchführungen auf Tieftemperatureignung testen, protokollieren und optimieren

Sebastian Sturm

Dennis Müller

Februar 2007

v.2.0 (12.02.2007)

Erstprüfer: Prof. Dr. – Ing. Hilmar Hoder

Zweitprüfer: Dipl. – Physiker Kay Wittenburg

Danksagung

Im Vorwege dieser Arbeit möchten wir uns bei allen Betreffenden bedanken, die uns bei der Durchführung dieser Diplomarbeit geholfen haben.

Unsere offiziellen Betreuer

Prof. Dr – Ing Hilmar Hoder
(Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg)

Dipl. – Physiker Kay Wittenburg
(DESY Hamburg)

die sich bereit erklärt haben, diese Arbeit zu betreuen und uns keiner Antwort schuldig geblieben sind.
Des weitern gilt unser besonderer Dank Frau Silke Vilcins – Czvitkovits für die freundliche und fachliche Unterstützung für diese Arbeit.
Außerdem danken wir den Kollegen der DESY Gruppe MKS für ihre Hilfestellung.

Ein besonderer Dank geht auch an unsere Familien und unsere Freunde, die uns bei der Durchführungen dieser Arbeit zur Seite standen.

Inhaltsverzeichnis

I. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 9

II. BEGRIFFSERKLÄRUNG 10

1. DIE AUFGABENSTELLUNG DER DIPLOMARBEIT 12

2. DAS DEUTSCHE ELEKTRONEN SYNCHROTRON FORSCHUNGSZENTRUM 13

2.1. Die Forschung beim DESY 13

2.2. Die Beschleunigerentwicklung beim DESY 13

2.3. Das Zukunftsprojekt XFEL 14

2.4. Die Gruppe MDI 15

3. STAND DER TECHNIK 17

3.1. Die UHV – Durchführungen 17

3.2. Der Strahlpositionsmonitor 20

3.3. Die Vakuumtechnik 22

3.4. Die Kryogenik 24

4. DIE ULTRAHOCHVAKUUM – DURCHFÜHRUNGEN 26

4.1. Die Einleitung 26

4.2. Monitor mit vier Elektroden zur Messung der Strahllage von Teilchenpaketen 26

4.3. UHV – Durchführung Typ „A“, Hersteller „MEGGITT“ 29

4.4. UHV – Durchführung Typ „B“, Hersteller „PMB“ 31

4.5. UHV – Durchführung Typ „C“, Hersteller „PMB“ 34

4.6. UHV – Durchführung Typ „D“, Hersteller „MEGGITT“ 37

4.7. Der Insertadapter für den Kryostaten V3 40

5. DIE KONSTRUKTION DER ADAPTERELEMENTE FÜR DIE AUFNAHME DER UHV – DURCHFÜHRUNGEN AN DEN INSERTADAPTER 43

5.1. Die Einleitung 43

5.2. Technische Randbedingungen 44

5.3. Die Erstellung fertigungsgerechter Zeichnungen 46
5.3.1. Die Einleitung 46
5.3.2. Das Schliffbild der UHV – Durchführung Typ „A“, Hersteller „MEGGITT“ 47
5.3.3. Die UHV – Durchführung Typ „B“, Hersteller „PMB“ 50
5.3.4. Die UHV – Durchführung Typ „C“, Hersteller „PMB“ 54
5.3.5. Die UHV – Durchführung Typ „D“, Hersteller „MEGGITT“ 54

5.4. Der Fertigungsprozess der Herstellungsteile 57

5.5. Die Werkstoffkenndaten 66

6. DIE GRUNDLAGEN 71

6.1. Die theoretischen Grundlagen der Wärmeübertragung 71
6.1.1. Die Einleitung 71
6.1.2. Die Wärmeübertragung 71
6.1.3. Der Wärmeübergangskoeffizient 72
6.1.4. Die Wärmeleitfähigkeit 73
6.1.5. Die Wärmestrahlung 74

6.2. Die theoretischen Grundlagen der Kryogenik 75
6.2.1. Die Einleitung 75
6.2.2. Die Temperaturskala 75
6.2.3. Die Anwendungen und die Arten der Kryotechnik 76
6.2.4. Die Funktionsweise des Bad – Kryostaten 79
6.2.5. Die Eigenschaften des Heliums 81

6.3. Die theoretischen Grundlagen des Ultrahochvakuums 84
6.3.1. Was ist Vakuum? 84
6.3.2. Die Einsatzgebiete der Vakuumtechnik 86
6.3.3. Beispielhafter Aufbau eines Vakuumsystems 86
6.3.4. Das Arbeitsprinzip der Vakuumpumpen 88
6.3.5. Die Drehschieberpumpe 89
6.3.6. Die Turbomolekularpumpe 90
6.3.7. Die Vakuum Messapparaturen 91

6.4. Die Sensoren des Kryostaten V3 92
6.4.1. Der Aufbau und die Theorie des Platin-Sensor PT100 92
6.4.2. Der Aufbau und die Theorie des Füllstandssensors 95

7. DIE KÄLTEANLAGE BEIM DESY 96

7.1. Das Abkühlprinzip 96

7.2. Der Aufbau der Kälteanlage beim DESY 96

7.3. Der Kryostat bei der Gruppe MKS 99

8. DIE DICHTIGKEITSPRÜFUNG AUF ULTRAHOCHVAKUUMTAUGLICHKEIT 103

8.1. Die Einleitung 103

8.2. Die Beschreibung der Lecksuche 104

8.3. Die verschiedenen Leckarten 113

8.4. Die Leckrate 114

8.5. Tabellen 120

8.6. Die Lecksuchmethoden 122
8.6.1. Die Blasen – Sprühprüfung 124
8.6.2. Die Schnüffeltechnik 124
8.6.3. Die Sprühtechnik 125

8.7. Die Anwendungsbereiche der Lecksuche 129

8.8. Die verwendeten Lecksucher 130

9. FEHLER- MÖGLICHKEITS- UND EINFLUSS- ANALYSE 132

9.1 Die Einleitung 132

9.2 Die Analyse 132

9.3 Die Auswertung 136

10. DER KRYOGENIKTESTABLAUF 137

10.1. Die Einleitung 137

10.2. Die Steuerungssoftware der Kryogenikanlage 137

10.3. Der Abschluss der Kryogeniktestreihe und die Protokollierung 141

10.4. Die Prüfprozedur der Testreihe 144
10.4.1. Den Ablaufplan der Testreihe definieren 144
10.4.2. Den Prüfablauf der Testreihe definieren 146

10.5. Die Kryogeniktestreihe der UHV – Durchführungen 148
10.5.1. Der Lecktest vor der Kryogeniktestreihe 148
10.5.2. Der Summenlecktest der Kryogeniktestreihe 150
10.5.3. Der Leckagetest nach dem Kryogeniktestreihenabschluss 159

10.6. Die Prüfauswertung des abschließenden Leckagetest 161

11. DIE FINITE ELEMENTE METHODE 162

11.1. Die Einleitung 162

11.2. Die rechnerischen Grundlagen der FEM 163

11.3. Die Software des FEM – Moduls im CAD System IDEAS 165

11.4. Der Ablaufplan der FEM 168

11.5. Der Ablauf der Analyse anhand der UHV – Durchführungen 169

11.6. Die Auswertung 179

12. WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG 185

13. DIE SCHLUSSBETRACHTUNG UND DER AUSBLICK AUF WEITERE VORGEHENSWEISEN 187

14. LITERATURVERZEICHNIS 189

15. INTERNETVERZEICHNIS 190

16. DER ANHANG 191

16.1. Die Listen 191
Baugruppenliste 191
Stückliste 191

16.2. Die Protokolle 191
Fertigungskontrolle, Typ A 191
Fertigungskontrolle, Typ B 191
Fertigungskontrolle, Typ C 191
Fertigungskontrolle, Typ D 191
Leckagetest, Typ A vor Kryogeniktestreihe 191
Leckagetest, Typ B vor Kryogeniktestreihe 191
Leckagetest, Typ C vor Kryogeniktestreihe 191
Leckagetest, Typ D vor Kryogeniktestreihe 191
Summen-Leckagetest, Typ A 191
Summen-Leckagetest, Typ B 191
Summen-Leckagetest, Typ C 191
Summen-Leckagetest, Typ D 191
Leckagetest, Typ A nach Testreihenabschluss 191
Leckagetest, Typ B nach Testreihenabschluss 191
Leckagetest, Typ C nach Testreihenabschluss 191
Leckagetest, Typ D nach Testreihenabschluss 191

16.3. Die Untersuchungsberichte der Firma MAN-Diesel 191
UHV-Durchführung, Typ A 191
UHV-Durchführung, Typ B 191
UHV-Durchführung, Typ C 191
UHV-Durchführung, Typ D 191

16.4. Die Fertigungszeichnungen 192
Baugruppe, Typ A 192
Baugruppe, Typ B 192
Baugruppe, Typ D 192
Einzelteil, Rohr_innen 192
Einzelteil, Rohr_aussen 192
Einzelteil, Adapterring für Typ A 192
Einzelteil, Adapterring für Typ B 192
Einzelteil, Adapterring für Typ D 192
Einzelteil, CF16 Flansch geschlitzt 192
Einzelteil, Scheibe 6,5mm-10mm 192

16.5. Die Pläne 192
Ablaufplan 192
Prüfprozedur 192

16.6. Die Trendgrafiken 192
Trendgrafik 100 192
Trendgrafik 101 192
Trendgrafik 102 192
Trendgrafik 103 192
Trendgrafik 104 192
Trendgrafik 105 192
Trendgrafik 106 192
Trendgrafik 107 192
Trendgrafik 108 192

I. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BPM	Strahllagemonitor (engl. Beam – Position – Monitor)
DESY	Deutsches Elektronen Synchrotron
ESU	Elektro – Schlake – Umschmellzverfahren
FEM	Finite Elemente Methode
FMEA	Fehler – Möglichkeits- und Einfluss – Analyse
FLASH	Freier Elektronen – Laser
HASYLAB	Hamburger Synchrotronstrahlungslabor
HERA	Hadron – Elektron – Ring – Anlage
HF	Hochfrequenz
Kfz	Kubisch flächenzentriert
LINAC	Linearbeschleuniger (engl. Linear Accelerator)
MKS	Maschine, Kryogenik, Supraleitung
MDI	Maschine, Diagnose und Instrumentierung
PETRA	Positron – Elektron – Tandem – Ring – Anlage
TDR	Technical Design Report
TTF	Tesla Test Facility
TESLA	TeV – Energie Superconducting Linear Accelerator
UHV	Ultrahochvakuum
XFEL	X – Ray Free-Electron Laser (Röntgenlicht – Freie – Elektronen – Laser)

II. Begriffserklärung

Begriff	Erklärung
Ablage	Als Ablage wird die Abweichung des Strahles zum Orbit im Strahlrohr bezeichnet.
ConFlat	ConFlat sind Dichtungen aus Metall und werden häufig in der UHV – Technik eingesetzt, da Elastomere oft den Anforderungen nicht entsprechen. Dazu gehören unter anderem hohe Temperaturbelastbarkeit.
Dewar	Der Dewar ist ein doppelwandiges, vakuumisoliertes Lager- und Transportgefäß für tiefkalte Flüssigkeiten.
DESY3	DESY 3 ist ein Protonen – Synchrotron Vorbeschleuniger für die HERA.
Konvektion	Die Konvektion ist ein Begriff aus der Wärmeübertragung. Konvektion ist der Wärmetransport durch sich bewegende kleinste Flüssigkeits- und Gasteilchen. Es entsteht eine Wärmeströmung.
Kryotechnik	Ist eine Bezeichnung für ein Teilgebiet aus der Kältetechnik, das sich in der Fachliteratur häufig unter dem Stichwort „Tieftemperaturtechnik" finden lässt. In der Kryotechnik arbeitet man in Temperaturbereichen bis zu 2 K. Üblicherweise kommen dabei verflüssigte Gase wie beispielsweise flüssiger Sauerstoff oder Stickstoff bzw. Helium als Kältemittel zum Einsatz.
Kryostat	Ein Kryostat ist eine vakuumisolierte Vorrichtung zur Kühlung von Proben, Betriebselementen oder Anlagensystemen.

Linac	Linac ist eine Art von Teilchenbeschleuniger. Mit ihm können elektrisch geladene Teilchen (z. B. Elektronen, Protonen, Positronen oder Ionen) erzeugt werden und auf gerader Bahn beschleunigt werden.
Insert	Kryostateneinsatz
Massenspektrometer	Ist ein Analyseverfahren zur Bestimmung chemischer Elemente oder Verbindungen. Ein Massen-spektrometer besteht aus einer Ionenquelle, einem Analysator und einem Detektor.
MKS	Die Gruppe MKS beim DESY hat folgende Aufgaben Die Entwicklung von Kryogenik- und Supraleitungs-technologie, sowie die Bereitstellung und der Betrieb der Helium – Kälteversorgung für die supraleitenden Komponenten der Beschleuniger beim DESY.
Orbit	Als Orbit wird die Bahnkurve bezeichnet, auf der sich ein Objekt periodisch um ein anderes (massereicheres, zentrales) Objekt bewegt. Diese Bahn hat idealisiert die Form einer Ellipse.
Proton	Das Proton ist ein langlebiges, elektrisch positiv geladenes Hadron, mit dem Formelzeichen p. Es gehört neben dem Neutron und dem Elektron zu den Elementarteilchen, aus denen die Materie des menschlichen Alltags besteht. Ein Proton ist im Vergleich zu einem Elektron, mit einem Durchmesser von $3*10^{-12}$ m, relativ groß.
Permeabilität	Magnetismus
Rezipient	In der Vakuumtechnik wird als Rezipient ein Versuchsgefäß bezeichnet.

1. Die Aufgabenstellung der Diplomarbeit

Das Deutsche Elektronen Synchrotron (DESY) ist ein Forschungszentrum auf dem Gebiet der Teilchenphysik, in dem in Beschleunigeranlagen Elementarteilchen auf annähernde Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden.

Für das DESY sollen in Form einer Diplomarbeit hochfrequenztaugliche Spannungsdurchführungen aus Metall/Keramik/Glas – Verbindungen auf ihre Eignung bei Tieftemperatur bei 4 K (-269 °C), in einem Flüssigheliumkryostaten getestet werden. Diese Durchführungen sind am DESY vorhanden. Im Rahmen der Diplomarbeiten müssen diese Durchführungen im Kryostaten befestigt werden, dazu sind mechanische Teilkonstruktionen notwendig. Im Rahmen der Diplomarbeit ist die Nutzung des 3D Highend Konstruktions – Systems IDEAS notwendig.

Ferner muss eine Prüfprozedur definiert werden. Die notwendigen Prüfgeräte und Prüfabläufe sind zu definieren, die Geräte werden vom DESY gestellt. Die eigentliche Prüfung der verschiedenen Durchführungen ist nach einer Einarbeitung selbständig, durchzuführen. Das Ergebnis ist zu protokollieren und im Sinne der Aufgabe zu bewerten.

Die getesteten Durchführungen müssen konstruktiv in IDEAS übertragen werden.

Anhand der Testresultate soll bei beispielhaften Durchführungen die Konstruktion mit Hilfe von FEM Berechnungen geprüft werden (insbesondere kritische Werte wie z.B. unterschiedliche thermische Ausdehnung und daraus resultierende Kräfte). Die Berechnungen sollen mit den Testresultaten verglichen und bewertet werden.

Wünschenswert ist eine Ausarbeitung der technisch besten Lösung, ggf. die Erstellung von notwendigen Fertigungsunterlagen.

Der Arbeitsplatz wird am DESY gestellt. Als weitere Hilfsmittel stehen zwei Standart PCs mit Windows XP zur Verfügung; ein PC ist speziell für IDEAS konfiguriert.

2. Das Deutsche Elektronen Synchrotron Forschungszentrum

2.1. Die Forschung beim DESY

Das Deutsche Elektronen – Synchrotron DESY in der Helmholtz – Gemeinschaft ist eines der weltweit führenden Zentren für die Forschung an Teilchenbeschleunigern. DESY ist ein mit öffentlichen Mitteln finanziertes nationales Forschungszentrum und hat zwei Standorte: in Hamburg und in Zeuthen (Brandenburg). DESY ist Mitglied der Hermann von Helmholtz – Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren.

DESY betreibt naturwissenschaftliche Grundlagenforschung mit folgenden Schwerpunkten:

Untersuchung fundamentaler Eigenschaften der Materie in der Teilchenphysik mit dem HERA – Beschleuniger, Nutzung der Synchrotronstrahlung in der Oberflächen-physik, Materialwissenschaften, Chemie, Molekularbiologie, Biologie und Medizin im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor (HASYLAB)

Entwicklung, Bau und Betrieb der entsprechenden Beschleuniger – Anlagen.[1]

2.2. Die Beschleunigerentwicklung beim DESY

Die Erfolge der Forschung beim DESY sind eng verknüpft mit der technischen Entwicklung von Beschleunigerinstrumenten, mit denen geladene Teilchen auf hohe Energien beschleunigt werden. Sie werden in der Teilchenphysik benutzt, um kleinste Materiestrukturen zu untersuchen. Außerdem wird mit ihnen ein besonderes Licht erzeugt, das als vielseitiges Untersuchungswerkzeug aus vielen Bereichen der Naturwissenschaften heute nicht mehr wegzudenken ist.

Auch bei der technologischen Entwicklung künftiger Beschleunigeranlagen ist das DESY hervorragend: Für den geplanten Internationalen Linearcollider ILC wird die supraleitende Beschleunigertechnologie eingesetzt, die das DESY und seine

1 http://zms.desy.de/ueber_desy/index_ger.htm

internationalen Partner – die „TESLA Technology Collaboration“ – gemeinsam entwickelt und an der TESLA – Testanlage in Hamburg erfolgreich getestet haben. Auch der Freie – Elektronen – Laser FLASH (früher VUV – FEL) und das geplante europäische Röntgenlaserprojekt XFEL beruhen auf dieser bei DESY entwickelten supraleitenden Beschleunigertechnologie.[2]

Abbildung 2.01 : Blick in den HERA Tunnel

2.3. Das Zukunftsprojekt XFEL

Die Röntgenlaserpilotanlage FLASH ist eine 260 Meter lange Version des XFEL. Sie ging aus einer Testanlage hervor, die bis 2003 auf dem DESY – Gelände betrieben wurde und an der das Funktionsprinzip für den XFEL getestet wurde. FLASH ist die erste Quelle für kurzwellige Laserblitze (im Vakuum – Ultravioletten (VUV) und im weichen Röntgenbereich) mit hoher Spitzenleuchtstärke.

Das wissenschaftliche Interesse ist sehr groß: Rund 200 Wissenschaftler aus neun Ländern reichten für die erste Messperiode 29 Projektvorschläge für Experimente aus Bereichen wie Cluster-, Festkörper- und Oberflächenphysik, Plasmaforschung sowie Molekularbiologie ein.

Bis zum Jahr 2009 wird der FLASH der weltweit einzige Freie – Elektronen – Laser für den Bereich der weichen Röntgenstrahlung sein, der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern für ihre Forschungen zur Verfügung steht. Sein Betrieb liefert

2 http://zms.desy.de/forschung/beschleuniger/index_ger.htm

wichtige Erkenntnisse für den geplanten Röntgenlaser XFEL, der noch kürzere Wellenlängen erzeugen wird. Zugleich führen die Wissenschaftler an der Anlage die Entwicklungsarbeiten für einen neuen Beschleuniger für die Teilchenphysik fort.

Die FLASH – Anlage beschleunigt Elektronen auf eine Energie von einer Milliarde Elektronenvolt. (Zum Vergleich: Der XFEL wird 20 Milliarden Elektronenvolt erreichen.) Anschließend durchlaufen die Elektronen eine 30 Meter lange Magnetfeldanordnung (Undulator), in der Laserblitze im Vakuum – Ultravioletten und weichen Röntgenbereich erzeugt werden.

(Die Undulatoren des XFEL werden bis zu 150 Meter lang sein.) Schließlich werden die intensiven Lichtblitze auf insgesamt fünf Messplätze verteilt.[3]

Abbildung 2.02: Die Experimenten Halle FLASH

2.4. Die Gruppe MDI

Die Gruppe MDI ist eine Abteilung des DESY-Beschleunigerbereiches (M – Bereich). Sie setzt sich zusammen aus etwa 30 Physikern, Ingenieuren, Technikern, Elektronikern und Mechanikern und zeitweilig aus Praktikanten und Gästen.

Die Aufgaben der Gruppe sind die Strahl – Instrumentierung der Beschleuniger – Anlagen und die Diagnostik der Elektronen-, Positronen- und Protonen – Strahlen.

3 http://xfelinfo.desy.de/de/xfelpilotanlage/2/index.html

Dazu gehören u.a.:

- Strahlpositions – Monitore in allen Elekronen-, Positronen- und Protonen-Beschleunigern
- Strahlprofil – Monitore in den Beschleunigern
- Diagnose mit Synchrotronstrahlung
- Strahlstrom – Monitore in den Linacs, den Transportwegen und den den Kreisbeschleunigern.
- Strahlverlust – Monitore in HERAe und HERAp, sowie in Transportwegen und DESY3, allgemeine Maschineninterlock – Systeme.
- Schirm – Monitore in den Linacs, in Transportwegen und in Kreisbeschleunigern
- Positionierung von Magnetstrukturen in HERA
- Bau und Wartung der Feldbusnetze (SEDAC) in ganz DESY
- Temperatur – Kontrolle an Beschleuniger – Elementen
- Verkabelung der Mess- und Kommunikationsaperaturen
- Kühlwasser – Temperatur – Überwachung, Pilotherme
- Unterstützung des Strahlbetriebes durch Schichtdienst, Bau und Wartung[4]

Im folgenden Kapitel wird der Stand der Technik beim DESY und in der Industrie beschrieben. Der Stand der Technik gibt das Entwicklungsstadium und die chronologische Entwicklung der einzelnen Themengebiete wieder.

4 http://adweb.desy.de/mdi/aufgabe.htm

3. Stand der Technik

3.1. Die UHV – Durchführungen

Eines der gängigsten Verfahren, wie die Strahllage in Beschleunigern gemessen werden kann ist die Benutzung von Spannungsdurchführungen, welche in der Technik als UHV – Durchführungen bezeichnet werden.

Vier dieser UHV – Durchführungen sind in einer bestimmten Weise im Strahlrohr angeordnet und werden mit ihrem Gehäuse zusammen als BPM bezeichnet. Diese UHV – Durchführungen besitzen in der Regel an dem im Vakuum befindlichen Teil eine Metallplatte (Kondensator) und auf der Atmosphärenseite eine Steckerverbindung, welche die Möglichkeit bietet, ein elektrisches Signal auszukoppeln.

Diese Durchführungen werden deshalb auch Elektroden genannt. Ihre spezielle Anordnung ist abhängig von der Strahlrohgeometrie, der Stromstärke der Teilchen und von der Teilchenart. Gängige Anordnungen sind auf den Achsen angeordnete Positionen, sowie nebeneinander. Die im Folgenden näher erklärt werden.

In den Anfängen der Beschleunigertechnik waren diese UHV – Durchführungen meist sehr einfach gehalten.

Käuflich erworbene Metall- / Keramikverbindungen wurden auf der Vakuumseite mit einem Kupferplättchen hart verlötet und in die Vakuumkammer eingeschweißt. Meist waren diese UHV – Durchführungen aufgrund der Wärmeausdehnungs-koeffizienten zwischen Keramik und Metall, aus Aluminiumoxidkeramik oder Glas gepaart mit einer Eisenlegierung, welche eine an die Keramik angepassten Ausdehnungskoeffizienten besitzt.

Wie das Wort „Eisen“ schon sagt ist das Material magnetisch. In der Entwicklung der Beschleuniger wurde es technisch immer bedeutender, vorrangig nichtmagnetische Werkstoffe, mit Ausnahme der Magneten und Tragwerkkonstruktionen, einzusetzen.

Da die Herstellung derartiger UHV – Durchführungen größtmögliche Sicherheit in Hinblick auf Vakuumtauglichkeit bieten muss, entstand aus diesem Bereich eine eigene Industrie.

Zu Beginn waren diese Durchführungen einfache Isolatoren aus der Hochspannungstechnik.

Nun entwickelten sich diese UHV – Durchführungen zu sehr speziellen Komponenten mit extrem gestiegenen Anforderungen an Genauigkeit in Hinblick auf eine Anpassung, meist an 50 Ohm, einem unmagnetischem Aufbau, an ihre Vakuumverträglichkeit, ihre Vakuumdichtigkeit und an ihre fehlerresistente Funktion. Diese Anforderungen können einzelne Großforschungseinrichtungen nicht bewerkstelligen. Deshalb ist die Zusammenarbeit mit den Herstellern dieser UHV – Durchführungen enorm wichtig, damit das Endprodukt in bester Qualität eingesetzt werden kann.

In der Entwicklung der Beschleunigertechnik wurden nun immer größere Beschleuniger gebaut, welche immer schwerere Teilchen, die s.g. Hadronen auf immer höhere Energien beschleunigen sollen. Dazu wurden auch immer größere Magnete, mit immer stärkeren Feldstärken notwendig. Aus Kostengründen wurde es zwangläufig notwendig sich mit der Supraleitung zu beschäftigen und diese zur Anwendung kommen zu lassen.

Das Prinzip der Supraleitung besteht daraus, dass einige Materialien beim Einsatz von Tieftemperaturen unterhalb der Sprungtemperatur der Materialien, ihren ohmschen Widerstand verlieren und praktisch verlustfrei Strom fließen kann. Dabei hat man bemerkt, dass z.B. Kupfer, welches bei Raumtemperatur sehr gut Strom leitet, sich bei keiner noch so tiefen Temperatur in diesen Zustand versetzten lässt.

Schlechte Leiter bei Raumtemperatur hingegen, wie z.B. eine Niob – Titan Legierung, eignen sich hervorragend als Supraleiter.

Mit dem Einzug der Tieftemperatur in die Beschleunigertechnik ist es notwendig geworden, dass auch die UHV – Durchführungen für diese Einsatztemperaturen ausgelegt sind.

Zudem ist es immer wichtiger geworden absolut nichtleitende Materialien einzusetzen. Da sich der prinzipielle Aufbau derartiger UHV – Durchführungen nicht geändert hat, diese bestehen immer noch aus einem Gehäuse mit elektrischen Anschlussmöglichkeit, einem Innerleiter, einem Isolator und am Innenleiter befestigt eine Elektrode, werden die Verfahren zur Herstellung dieser UHV – Durchführungen, deren innerer Aufbau und die Materialzusammenstellung von enormer Bedeutung.

Die Technik dieser UHV – Durchführungen hat sich von einer einfachen Hochspannungsdurchführung hin zu einem komplexen Bauteil entwickelt.

3.2. Der Strahlpositionsmonitor

Strahlpositionsmonitore dienen der Erfassung des Teilchenstrahls in Hinblick auf seine Position und Intensität. Dazu bestückt man das Strahlrohr eines Beschleunigers nach physikalisch berechneten Orten mit entsprechenden UHV – Durchführungen, die für die jeweilige Anwendung, als Positions- oder Intensitätsmonitor, vorher bestimmt werden.

Um eine präzise Erfassung der Strahllage zu ermöglichen, müssen diese BPM's mit den Anforderungen an sie, sich technisch kontinuierlich weiterentwickeln. Immer kleinere Strahlquerschnitte, immer geringere Stromstärken und immer geringere Ablage der Teilchenpakete, bezogen auf ihrem Sollorbit, erschwert die Datenaufnahme enorm.

Die notwendigen Informationen über die Lage der Teilchenpakete wird auf kondensatorenähnliche Weise, wie in Kapitel 4 näher beschrieben, erfasst. Die notwendigen Informationen werden an die UHV – Durchführungen über die Teilchenpakete mit Hilfe von Spannungsdifferenzen, sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen, übergeben. Geringe Stromstärke und kleine Ablagen erfordern von den UHV – Durchführungen dieses präzise und zuverlässig abzubilden. Verluste und Toleranzen in den UHV – Durchführungen auch in Hinsicht auf die Anpassung an 50 Ohm sind sehr gering zu halten.

Die analogen Daten werden anschließend digital weiterverarbeitet.

In den Anfängen der Beschleunigertechnik gab es große Strahlrohre, aus magnetischen Werkstoffen, wie z.B. 1.4301, denn die Strahlquerschnitte hatten einige cm Durchmesser und bewegten sich mehrere cm im Strahlohr. Zudem lag das Vakuum in Bereichen von heutigen Vorvakuumdrücken. Die Strahlströme lagen im Bereich von einigen mA bis zu mehreren mA. In dieser Zeit wurden die UHV – Durchführungen sehr oft von den Instituten in Eigenregie hergestellt. Es handelte sich dabei um sehr geringe Stückzahlen.

Im Laufe der Zeit entwickelten sich die Beschleuniger stetig weiter. Die Strahlrohrquerschnitte und Ablagen verringerten sich, die Strahlströme nahmen bei einigen Teilchenarten zu und lagen teilweise über 100 mA, somit mussten sich die BPM's und deren UHV – Durchführungen entsprechend weiterentwickeln. Die Ansprüche an absolut unmagnetische Edelstähle stiegen. Eine Industrie bildet sich heraus, welche sich fast ausschließlich mit der Herstellung von UHV – Durchführungen beschäftigt. Es werden Hochvakuumdrücke erreicht, bis hin in den Ultrahochvakuumbereich.

Die letzten in Betrieb genommen Beschleuniger, weisen technisch starke Änderungen zu den bestehenden Beschleunigern auf. Die Strahlquerschnitte liegen im Bereich von Millimetern und darunter. Die Supraleitung hielt Einzug in die Vakuumtechnik, die Kryotechnik wurde ein fester Bestandteil der Beschleuniger. Die Ablagen liegen im Bereich von kleiner als 5 mm. Die Teilchenladungen richten sich nach der Beschleunigerart und den Teilchenarten.

Im Moment werden in FLASH Strahlablagen von 10 – 30 µm gemessen, in bis zu 9 mm kleinen Strahlrohren mit Strahlquerschnitten kleiner als 1 mm. Die Teilchenladung sinkt, gemessen wird je nach Beschleunigerbetrieb für die Anwender von 1,2 nC bis runter zu 0,5 nC.

In der Zukunft sollen Strahlablagen von unter einem µm zuverlässig gemessen werden. Die Teilchenladung wird sich nicht mehr merklich verändern. Die Strahlrohrquerschnitte werden teilweise in der Zukunft unter 10 mm liegen, absolut unmagnetische Werkstoffe sind ein Kriterium, sowie der Einsatz der UHV – Durchführungen bei Tieftemperaturen.

3.3. Die Vakuumtechnik

In der Literatur werden bereits um 1860 Drücke von 10^{-1} Torr erzeugt und gemessen. Bis 1894 verging eine lange Zeit bis dann Drücke von 10^{-6} Torr erreicht wurden. (1 bar entsprechen 0,75 Torr)
Die Entwicklung der Vakuumtechnik hat der Physik eine Vielzahl von neuen, technischen Möglichkeiten bereitet. Die Erzeugung von sehr tiefen Drücken ist die Vorraussetzung für den Bau von Teilchenbeschleunigern, damit die Teilchen nahezu verlustfrei in den Vakuumröhren umherkreisen können.

Genaue Kenntnisse von Vakuumpumpen, Pumpleitungen, Materialkunde und Reinigungsprozessen der Vakuumsysteme ist für alle beteiligten Gruppen, welche Vakuumkomponenten in die Strahlrohre von Beschleunigern einbauen von fundamentaler Bedeutung.
Durch technisch nicht saubere Oberflächen, Ausgasen von Materialien, ungünstige Winkelkonstruktionen von Rohrverbindungen, Leckagen oder Hohlräume im Vakuum kann die Evakuierung der Strahlrohre enorm behindern oder manchmal sogar verhindert werden. Nicht immer kann der notwendige Unterdruck durch Tausch einer Vakuumpumpe mit größerer Leistung erzielt werden.
Von den Anfängen zur Erzeugung tiefer Drücke, über Vorvakuumdrücke zu Hochvakuumdrücken bis hin zu Ultrahochvakuumdrücken wird von den Pumpenhersteller eine stetige Weiterentwicklung der Pumpen in ihrer Wirkleistung und auch in ihrem Wirkprinzip gefordert.

Um ca. 1900 wurden Drücke von 10^{-6} Torr mit Flüssig – Kolbenpumpen erreicht. Die Entwicklung ging über Molekularpumpen um 1920 zu Diffusionspumpen um 1958 bis hin zu Getter- bzw. Kryopumpen um 1970. Dazwischen gab es noch Turbomolekularpumpen die um 1958 entstanden sind und die heute noch im Einsatz sind.
Mit Ionengetterpumpen werden heute Drücke bis 10^{-11} mbar erzeugt.

Die Technik für zukünftige Beschleuniger, wie den XFEL, wird ähnlich der bereits verwendeten Technik in FLASH sein. Dort werden Getterpumpen und Titan – Sublimationspumpen verwendet.

3.4. Die Kryogenik

„Kryo“ ist von dem griechischen Wort Kryos abgeleitet, was so viel wie Kälte bedeutet. Kryotechnik heißt also Kältetechnik im weiten Sinn. Unter Kälte werden Temperaturen verstanden, die unterhalb der Umgebungstemperatur liegen. Vereinbart wurde nun, dass nur die Kältetechnik im Temperaturbereich von T< 120 K als Kryotechnik bezeichnet wird.
Liegen die Temperaturen unterhalb von 77 K spricht man dann auch von Tieftemperatur.

Die Anwendung der Kryotechnik in der Teilchenphysik geht einher mit der Forschung und Untersuchung von schweren Teilchenarten, wie z.B. den Protonen.

Mit der Erforschung von Hadronen, die nicht als Elementarteilchen zu bezeichnen sind, sind höhere Energien notwendig, um diese Teilchen einem Nachweis zu unterziehen. Somit steht die Vakuumtechnik mit der Kryotechnik in einer Wechselbeziehung.
Dieses wird deutlich, da ein Vakuum zur Wärmeisolation bei tiefen Temperaturen im Kryobereich unentbehrlich ist. Je tiefer die Arbeitstemperaturen, desto wichtiger ist die Qualität der Isolation gegenüber der Umgebungstemperatur. In gekühlten, vakuumisolierten Behältern gelangt Wärme von außen durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung des Gases im Vakuumraum und durch Wärmeleitung über feste Verbindungen zwischen Komponenten mit verschiedener Temperatur.
Die Wärmeleitfähigkeit von Gasen nimmt linear mit dem Druck ab und wird bei Drücken von 10^{-2} bar bis 10^{-4} bar gegenüber anderen Wärmetransportvorgängen vernachlässigbar gering.
So hilft ein gutes Isoliervakuum der Kryotechnik, tiefe Temperaturen zu erreichen.
Andererseits können tiefe Temperaturen zur Erzeugung von Vakuum dienen. Bei ausreichend tiefen Temperaturen kondensieren alle Gase, außer Helium, als feste Phase mit entsprechend niedrigem Dampfdruck.

Im Laufe der Entwicklungsjahre beider Gebiete gaben sie einander immer wieder neue Impulse der Weiterentwicklung. Erst die Anwendung von Vakuum zur Wärmeisolation machte die Verflüssigung von Wasserstoff und Helium möglich.

Fand zu Beginn auf dem Gebiet der Teilchenphysik, die Kryotechnik nur in Teilgebieten Anwendung, wie bei kleineren Experimenten, so entwickelte sich die Kryotechnik in Symbiose mit der Vakuumtechnik für die Teilchenphysik so stark, das sie unentbehrlich geworden ist, da sie erst die Supraleitung ermöglicht.
Somit geht die Technik von kleinen Kryostaten hin zu modernen Kälteanlagen zur Verflüssigung von Gasen, wie z.B. Helium und Stickstoff.
Die technische Anwendung der Supraleitung, sei es für Kabel, Generatoren, Experimentalphysik, Energiegewinnung oder in der Hochfeldmagnettechnik, stellt wiederum an die Vakuumtechnik und an die Kryotechnik hohe Anforderungen.
Die für die supraleitenden Systeme, wie Module und andere Komponenten, geforderten langen Betriebszeiten und hohe Betriebssicherheit sind nur zu verwirklichen, wenn es gelingt, die Leckagen auch von Dichtungen und anderen Verbindungen wie Schweiß- und Lötnähten extrem klein zu halten.

Mit dem heutigen Stand der Technik ist es möglich flüssiges Helium auf Tiefsttemperaturen um 4 K abzukühlen, bevor es siedet. Eine weitere Reduzierung auf ein Grad Kelvin ist durch mischen von Helium – 3 und Helium – 4 Atomen und Verringerung des Druckes möglich.
Die Entwicklung geht in die Richtung den absoluten Nullpunkt von -273,15 °C bzw. 0 K zu erreichen.[5]

5 http://de.wikipedia.org/wiki/kryotechnik

4. Die Ultrahochvakuum – Durchführungen

4.1. Die Einleitung

Für die Bestimmung der Strahllage in einem Beschleuniger werden so genannte Beam – Position – Monitore eingesetzt. Im Weiteren werden die Monitore mit der Kurzbezeichnung BPM benannt. In dem Beschleuniger – Strahlrohr werden in berechneten, regelmäßigen Abständen diese Monitore installiert. Es wird für die verschiedenen Strahlrohre mit verschiedenen Teilchenarten und unterschiedlichen Teilchenladungen und deren Aufgaben, verschieden Arten von Monitoren benötigt, welche ihrerseits unterschiedliche Typen von Elektroden verwenden. In diesem Kapitel werden vier verschiedene Durchführungstypen vorgestellt.

4.2. Monitor mit vier Elektroden zur Messung der Strahllage von Teilchenpaketen

Durch Feldfehler und Fehlaufstellungen der Strahlführungsmagnete verschiebt sich die reale Strahllage gegenüber dem idealen Orbit. Man erhält einen neuen stationären Strahlverlauf, der zwischen den einzelnen transversal ablenkenden Störungen stückweise Betatronschwingungen um die Idealbahn ausführt. Um den gesamten Strahlverlauf in einem Beschleuniger mit der erforderlichen Genauigkeit zu erfassen, muss mit Hilfe der Strahllagemonitore an hinreichend vielen Orten die Strahllage gemessen werden. Einem allgemeinen Theorem folgend, braucht man mindestens vier Messpunkte pro Schwingungsperiode in etwa gleichem Phasenabstand, um die erste Harmonische einer Schwingungsperiode eindeutig zu rekonstruieren.

Der wichtigste Zweck der Strahllagemessung ist die Orbitkorrektur, denn die besten Strahlbedingungen werden dann erreicht, wenn die Teilchen überall möglichst dicht entlang des idealen Orbits fliegen. Große Strahlablagen führen in Extremfällen zu Teilchenverlusten.[6]

6 Vgl.: Wille K., Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, S. 317ff

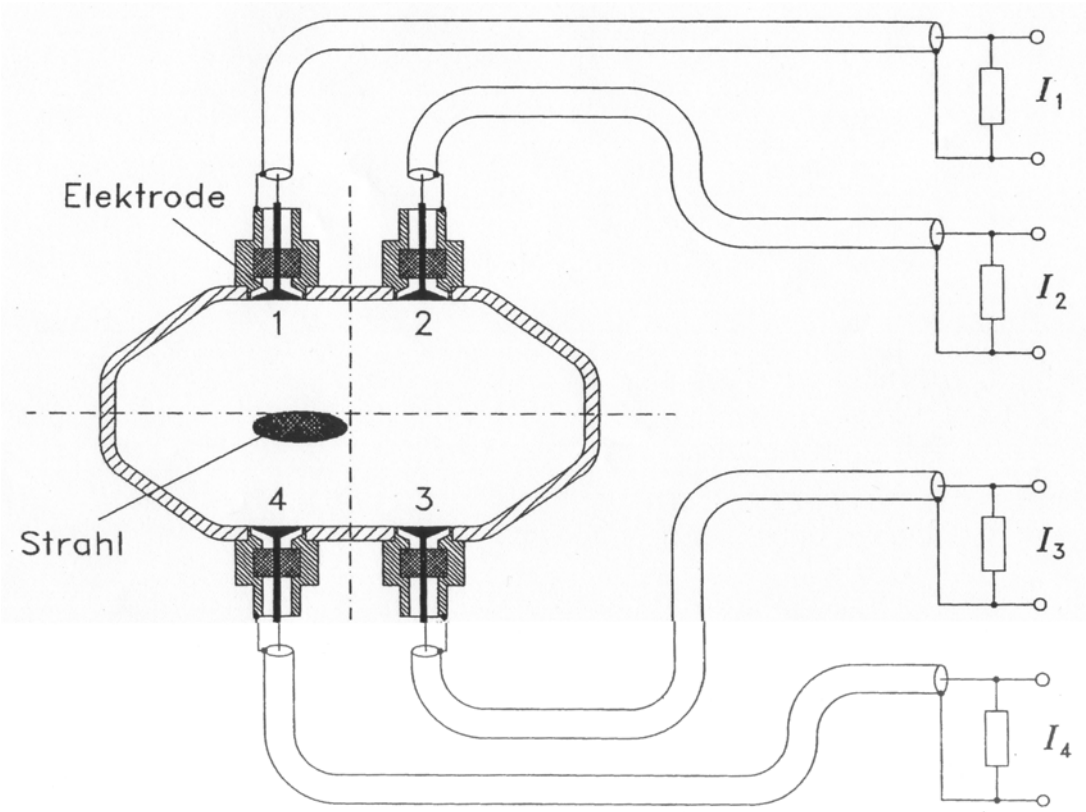


Abbildung 4.01 : Strahllagemonitor (BPM) im Querschnitt[6]

Für den strahlnahen Bereich kann man die Position des Strahls in beiden Ebenen sehr genau durch folgende Beziehungen ermitteln.

$$\Delta x = a * \frac{(I_2 + I_3) - (I_1 + I_4)}{\sum_{j=1}^{4} I_j}$$

[GL. 4.01]

$$\Delta z = a * \frac{(I_1 + I_2) - (I_3 + I_4)}{\sum_{j=1}^{4} I_j}$$

[GL. 4.02]

I_n gibt dabei die Signalintensität der vier Elektroden an. Die Nummerierung der Elektroden entspricht Abbildung 4.01. Wenn der Strahl exakt in der Mitte des Monitors liegt, sind im Idealfall alle Signale gleich groß. Tatsächlich gibt es aber

6 Vgl.: Wille K., Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, S. 317ff

Abweichungen in den Signalhöhen durch Toleranzen bei den Elektroden und/oder des Strahlrohres.

Die den vier Elektroden nachgeschalteten elektronischen Kanälen müssen untereinander in engen Grenzen identisch sein. Die Orbitmessung soll schon bei Strahlströmen von unter 1 mA sichere Messwerte liefern und auch noch bei mehreren 100 mA zuverlässig arbeiten. Die Messungen müssen im Allgemeinen nicht sehr schnell sein, wenn die Messwerte innerhalb einer Sekunde vorliegen ist das fast immer ausreichend. Daher bietet es sich an, die vier Signale nacheinander über einen Kanal zu verarbeiten, siehe Abbildung 4.02.

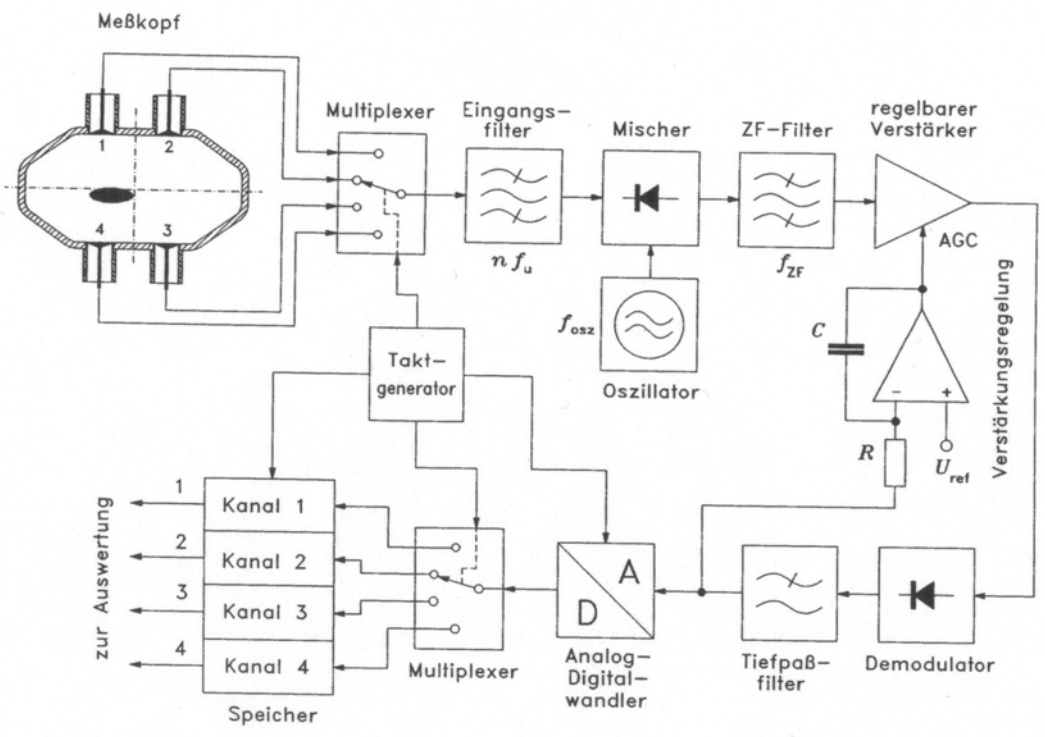


Abbildung 4.02 : Monitor mit vier Elektroden zur Messung der Strahllage[6]

Ein zentraler Taktgenerator steuert am Eingang und Ausgang der Schaltung die Multiplexer, die nacheinander die Elektroden anwählen und die ermittelte Digitalzahl in einen der vier Speicher schreiben. Außerdem versorgt der Taktgenerator den Analog – Digitalwandler zum richtigen Zeitpunkt mit einem Impuls, der die Wandlung startet. [6]

6 Vgl.: Wille K., Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, S. 317ff

4.3. UHV – Durchführung Typ „A“, Hersteller „MEGGITT“

Bei dem Typ A des Herstellers MEGGITT handelt es sich um die Schweißvariante einer UHV – Durchführung. Schweißvarianten haben den Vorteil, dass sie bei der Montage/Einbau in das Strahlrohr durch ihre kompakte Bauweise, die kurze mögliche Baulänge eines Monitors ermöglichen. Die Schweißvarianten lassen sich maschinell ausführen und erhalten dadurch eine größtmögliche Vakuumdichtheit, sowie eine gleichbleibend gute Qualität und sind durch die maschinelle Schweißausführung prozessfähig, welche sich praktisch unter Betriebsbedingungen nicht verändert bzw. verschlechtert. Es besteht kein nachträglicher Montageaufwand am Beschleuniger, da der Monitor bereits in der Montage/Fertigung montiert und auf Vakuumtauglichkeit geprüft ist. Es ist der
Ein – und – Ausbau des kompletten Monitors im Schadensfall notwendig, da nicht eine einzelne UHV – Durchführung einfach ersetzt werden kann. Dazu muss der komplette Monitor aus dem Strahlrohr ausgebaut und ersetzt werden. Als Reservekomponente müssen immer komplette Bauteile „Monitor“ vorrätig sein. Diese Variante ist durch die relativ einfach Ausführung einer Schweißlippe mit Dämmnut auch in ihrer Herstellung kostengünstiger als eine Flanschversion, welche im Weiteren näher beschrieben wird.

Abbildung 4.03: UHV – Durchführung der Firma „MEGGITT“

Die Durchführung weist eine Gesamt – Impedanz (Scheinwiderstand bei Wechselstrom) von 50 Ohm auf. Eine Ultrahochvakuum – Durchführung setzt sich mindestens aus vier Bestandteilen zusammen. Das Gehäuse besitzt außen eine Wärmedämmnut, welche das reibungslose Einschweißen in das Gehäuse des Strahllagemonitors ermöglicht. Das Fertigungsmaterial des Gehäuses wird als 316L/316LN bezeichnet, welches nach dem ESU – Verfahren hergestellt wird.

Dieses Herstellungsverfahren garantiert nahezu Lunkerfreiheit. Dieser Werkstoff weist eine hohe Temperaturbeständigkeit, große Härte und Festigkeit auf, zudem besteht eine geringe Permeabilität von $\mu r < 1{,}005$. Im Gehäuseinneren wird der Isolator vakuumtechnisch eingebracht. Der Isolator ist zugleich die Führung des Innenleiters. Das letzte Teil der Durchführung ist die Flachantenne, welche stoffschlüssig an den Innenleiter angebracht ist. Dieser Stoffschluss muss immer unter den Gesichtspunkten der Ultrahochvakuumtauglichkeit fallen. Die Flachantenne besitzt einen Durchmesser von 15 mm. Bei der Auswahl der Fertigungsmaterialen müssen vom Hersteller die einzelnen Ausdehnungsfaktoren der Bestandteile der UHV – Durchführungen berücksichtigt werden, sowie der später Einsatz der UHV – Durchführungen. Die Materialen sollten eine möglichst geringe Differenz der Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Dieses vermindert Materialspannungen im Bauteil, im Herstellungsprozess sowie auch unter verschiedensten Einsatzbedingungen.

4.4. UHV – Durchführung Typ „B“, Hersteller „PMB“

Abbildung 4.04: UHV – Durchführung der Firma „PMB“

Bei dem Typ B des Herstellers PMB handelt es sich wie bei der Durchführung Typ A um eine Schweißvariante einer UHV – Durchführung. Diese Durchführung weist wiederum eine Gesamt – Impedanz (Scheinwiderstand bei Wechselstrom) von 50 Ohm auf. Dieses Gehäuse besitzt bestimmte Außenmaße, die dafür sorgen, dass die Durchführung in eine Führungsbuchse eingesetzt werden kann. Diese Buchse hat am unteren Ende einen Einstich, in diesem wird eine Kontaktfeder eingelegt, diese dient der Impedanzanpassung zwischen Durchführung und Gehäuse des Monitors. In dieser Halterung (Buchse) wird die Durchführung eingeschweißt. Das verwendete Schweißverfahren ist das WIG – Verfahren, dabei handelt es sich um

ein Schutzgasschweißverfahren. Bei diesem Verfahren wird eine spitze Wolframnadel verwendet, um feine Bauteile ohne Zusatz/Zugabe von Materialien zu verschweißen. Stoffschlüssige Vakuumverbindungen oder solche mit hohen Reinheitsansprüchen müssen ohne Zusatz von Flussmittel erfolgen, erfordern daher reine Oberflächen.

Der Strahlpositionsmonitor in Abbildung 4.05 besteht aus vier Durchführungen und ist im FLASH – Beschleuniger eingebaut. Gut zu erkennen ist der Anschluss mittels 50 Ohm Kabels mit SMA Stecker an die Elektroden.

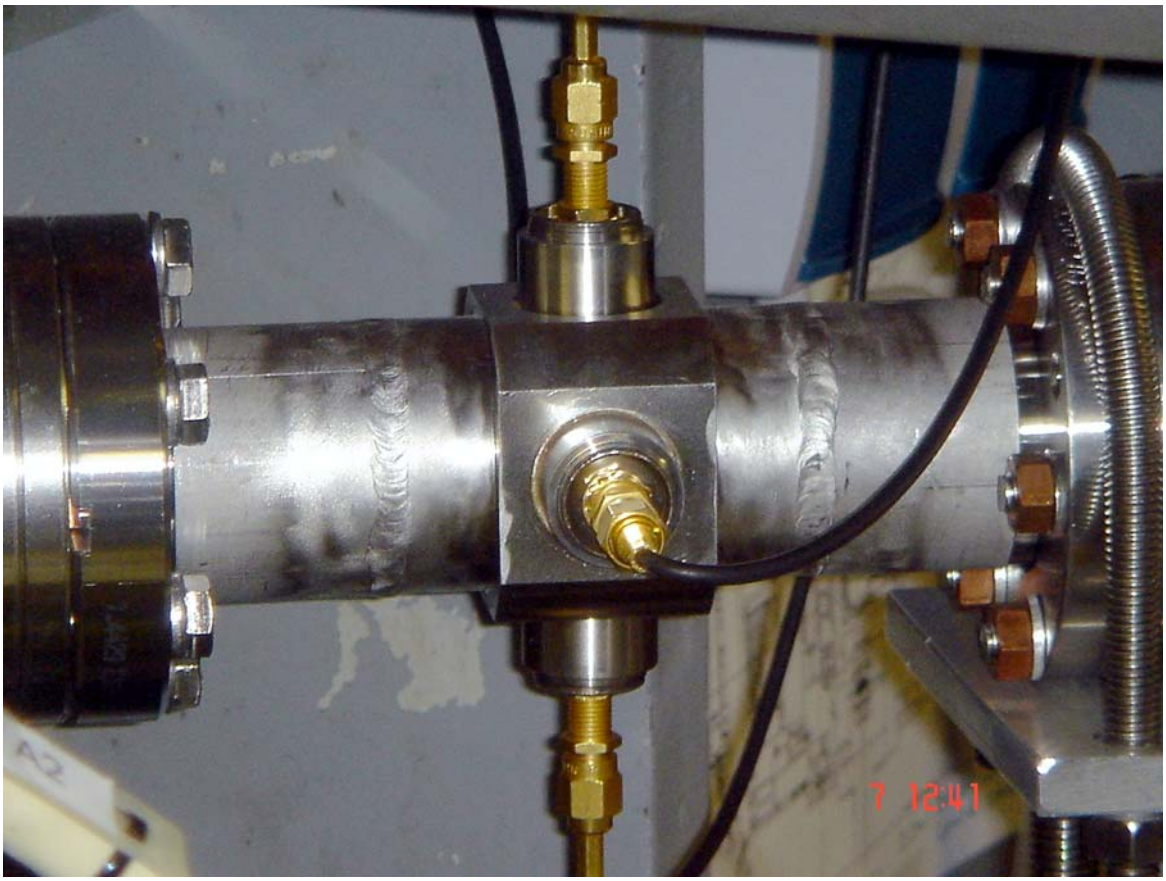


Abbildung 4.05: Vier UHV – Durchführungen, verbaut in einem Strahllagemonitor

Der innere Aufbau dieser Durchführung ist prinzipiell der gleiche wie der des Typs „A“. Die Flachantenne dieser Durchführung hat einen Durchmesser von 11mm, welche durch Hartlöten im Vakuumofen oder Laserschweißen an den Innenleiter angebracht wird.

Der in Abbildung 4.04 Seite 31 zu sehende Spalt zwischen Antenne und Gehäuse ist bei diesem Typ gegenüber Typ „A“ relativ klein. Der Vorteil ist eine optimale Anpassung der HF – Eigenschaften. Ein großer Spalt ist wiederum vakuumtechnisch vorteilhaft, besser abzupumpen, besser zu reinigen. Letzteres gilt auch für den Einsatz derartiger UHV – Durchführungen unter Reinraumbedingungen, siehe Abbildung 4.06 Seite 34.

Ebenso ist auch hier eine optimale Auswahl der Materialen aufgrund der Ausdehnungskoeffizienten wichtig.

4.5. UHV – Durchführung Typ „C“, Hersteller „PMB“

Abbildung 4.06: UHV – Durchführung der Firma „PMB“

Bei dem hier beschriebenen Typ „C“ des Herstellers PMB handelt es sich eine Flanschvariante einer UHV – Durchführung. Bei geflanschten Verbindungen ist der Hauptvorteil der Ein – und Ausbau, welcher sehr kostengünstig ist. Durch die Flanschvariante kann direkt vor Ort die defekte Durchführung ausgetauscht werden. Dies steigert die Wartungsfreundlichkeit des Monitors und reduziert die Ausfallzeit / Stillzeit des Beschleunigers. Ein Nachteil solcher Durchführungen ist die teurere Herstellung gegenüber Schweißdurchführungen. Bedingt durch die aufwändige Herstellung der Schneidengeometrie, sowie den benötigten UHV – Kupferdichtungen und den Verbindungselementen bei der Montage. Bei Erwärmung z.B. durch Synchrotronstrahlung ist es möglich, dass sich die Verbindungselemente auf Grund von Wärmedehnung lockern. Dies kann im

Einzelfall zur Undichtigkeit des Monitors im Betrieb führen und damit zu einer Betriebsunterbrechung führen. Ebenso kann es beim Einsatz in Tieftemperaturbereichen von bis zu 4 K Probleme mit der Vakuumdichtigkeit geben. Diese Durchführung weist wiederum eine Gesamt – Impedanz (Scheinwiderstand bei Wechselstrom) von 50 Ohm auf.

In der Abbildung 4.06, Seite 34 ist die Schneidengeometrie gut zu erkennen. Diese Geometrie ist in Verbindung mit dem Flanschabmaßen genormt, so dass ausgehend vom Außendurchmesser der Schneidengeometrie, bestimmt wird, welche die Außenabmaße der Flansche aufweist. Dadurch wird ersichtlich, dass es kaum möglich ist, eine kompakte Ausführung für einen Monitor zu designen. Folgende Nennweiten sind beim DESY üblich NW16, NW40, NW63, NW100. Der Flanschaussendurchmesser wird von dem Durchmesser der Verbindungselemente (Schrauben) bestimmt, die einen ensprechenden Anpressdruck auf die Cu – Dichtungen gewährleisten müssen.

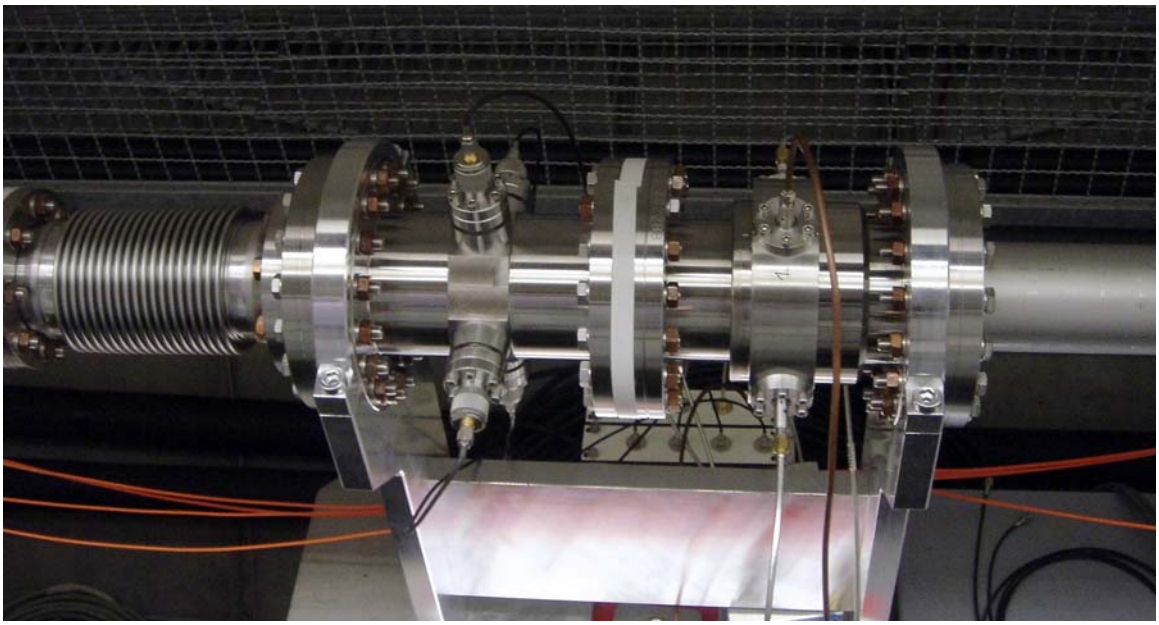


Abbildung 4.07: Zwei Monitore mit je vier UHV – Durchführungen, verbaut im FLASH.

Diese Durchführung setzt sich wiederum aus mindestens vier Bestandteilen zusammen. Das Monitorgehäuse besitzt bestimmte Abmaße, die dafür sorgen, dass diese Durchführung mit dem Monitorgehäuse mittels Flanschverbindung vakuumdicht verbunden werden kann. In diese Flanschverbindung wird die Durchführung eingeschweißt.

Die Materialen sollen eine möglichst geringe Differenz der Ausdehnungs-koeffizienten aufweisen. Dieses vermindert Materialspannungen im Bauteil.

Der Strahllagemonitor (links) in Abbildung 4.07, Seite 35 besteht aus den oben beschriebenen vier Durchführungen und ist im FLASH – Beschleuniger verbaut. Diese Durchführungen werden mittels N – Steckerverbindungen an die Messhardware angeschlossen.

4.6. UHV – Durchführung Typ „D“, Hersteller „MEGGITT“

Abbildung 4.08: UHV – Durchführung der Firma „MEGGITT“

Bei dieser UHV – Durchführung des Herstellers MEGGITT handelt es sich um eine Flanschvariante.

Diese sehr kompakte Flanschvariante ist für sehr spezielle Anwendungsfälle konzipiert worden. Durch nur zwei Verbindungselemente ist diese Variante sehr platzsparend ausgelegt worden. Um das zu ermöglichen weicht dieses Dichtigkeitsprinzip vom herkömmlichen Dichtungsprinzip mittels „Conflat – Cu“

Dichtung, mit einer speziellen Schneidengeometrie, ab. Hierzu wurde eine sogenannte „VAT – Seal“ Flachdichtung konzipiert. Diese stellt die Vakuum-verbindung zwischen Durchführung und Strahllage – Monitor her.
Die Durchführung weißt wiederum eine Gesamt - Impedanz (Scheinwiderstand bei Wechselstrom) von 50 Ohm auf.

Die Besonderheit dieser „VAT – Seal“ – Dichtung liegt in ihrem Dichtungsprinzip. Als Dichtung dient eine Cu – Dichtung, welche versilbert ist. Diese wird vor der Montage im Vakuumofen bei 210 °C, 10 min getempert. Um die geforderte Vakuumdichtheit im Bereich von $1x10^{-9}$ bar bis $1x10^{-11}$ bar zu erreichen, muss die Dichtfläche an der UHV – Durchführung und an der Monitorseite maschinell bearbeitet werden. Eine Rauhtiefe von N2 und konzentrische Rillen um einen Durchmesserbereich von 5 – 10 mm um den Innenleiter sind dazu notwendig. Kratzer und Beschädigungen sind absolut zu vermeiden, sie führen zu Ausschuss des Teils. Durch diese Bedingungen sind die Durchführungen in der Herstellung extrem teuer.

Abbildung 4.09: Der unten beschriebene Strahllagemonitor mit vier UHV – Durchführungen

Der Strahlrohrmonitor auf Abbildung 4.09 beinhaltet vier der oben beschriebenen Durchführungen. Der Strahllage – Monitor ist auf der Oberseite mittels eines Wellschlauches an einem Lecksucher angeschlossen. Der komplette Testaufbau der Apparaturen befindet sich im Reinraum. Dieser Reinraum befindet sich auf dem DESY – Gelände und ist extra für Vakuumkomponenten von FLASH errichtet worden. Diese müssen unter partikelarmer Umgebung montiert und geprüft werden. Reinraumklasse 100. Ein Reinraum der Klasse 100 darf nur 100 Partikel pro Kubikfuß besitzen. 1 Fuß entspricht ca. 30,48 cm.

Auf dem Bild sind zwei der vier Durchführungen deutlich zu erkennen. Alle vier Durchführungen werden in horizontaler Position des Monitors montiert. Auf der Unterseite des Strahllagemonitors ist ein Blindflansch montiert, dadurch ist eine Vakuumerzeugung beim Abpumpen möglich.

4.7. Der Insertadapter für den Kryostaten V3

Ein Insertadapter dient zur Aufnahme von mehreren Probanden. Dadurch entsteht eine massive Zeitersparnis bei den Durchläufen der durchzuführenden Testreihen, da die Probanden gleichzeitig getestet werden können.

Abbildung 4.10: Der Insertadapter

Die Vorgabe beim DESY ist es, 48 Durchführungen mit jeweils zehn Kalt/Warmzyklen zubeanspruchen. Die Vorgabe für den XFEL ist in dem Technical Design Report (TDR) nachzulesen. Ein Kalt/Warmzyklus dauert ca. eine Stunde. Die Vorbereitung der Kälteanlage für zehn Zyklen beträgt ca. 60 min. Es werden in der Zeit folgende Arbeiten ausgeführt, Pumpen – Spülen des Kryostaten, Leckagetest des Inserts, sowie Umbauen der Durchführungen.

Damit errechnet sich eine reine Prüfzeit von

$$Anzahl_Durchführungen * (Vorbereitungszeit + Anzahl_Zyklen * Zykluszeit) * \min$$

$$48 * (60 + 10 * 60) * \min = 528h \qquad \text{[GL. 4.03]}$$

Um die Durchführungen kostengünstig, zeitoptimiert und qualitätssichernd testen zu können, ist eine Erhöhung der zugleich testbaren Durchführungen von Vorteil. Mit dem Insertadapter (Abbildung 4.11, Seite 42) ist es möglich vier Durchführungen an das Insert zumontieren. Der Austausch der Durchführungen dauert jetzt ca. 70 min.

Damit ergibt sich eine Prüfzeit von

$$\frac{Anzahl_Durchführungen * (Austauschzeit + Anzahl_Zyklen * Zykluszeit) * \min}{4}$$

$$\frac{48 * (70 + 10 * 60) * \min}{4} = 134h \qquad \text{[GL. 4.04]}$$

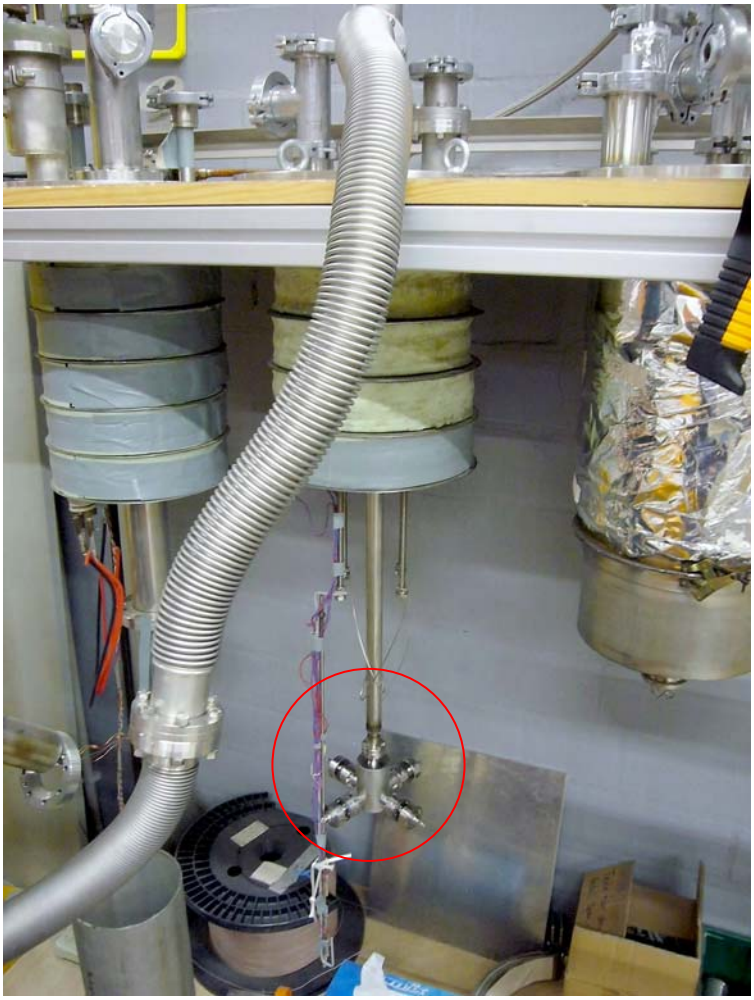


Abbildung 4.11: Der Insert mit bestücktem Insertadapter

In der Abbildung 4.11 wird das Insert mit dem bestückten Insertadapter und den montierten UHV – Durchführungen auf Leckagen getestet. Dazu wird es mit dem Lecksucher Alcatel ASM 110 durch einen weichen Metallwellschlauch verbunden. Der Lecksucher hat die folgende Leckrate bei Umgebungszustand von ca. $\frac{2*10^{-9} mbar*l}{s}$ errechnet.

Die Grenztoleranz liegt bei ca. $\frac{2*10^{-9} mbar*l}{s}$

Oberhalb dieses Wertes gilt das Insert als vakuumtauglich und kann in den Kryostaten eingebaut werden.

5. Die Konstruktion der Adapterelemente für die Aufnahme der UHV – Durchführungen an den Insertadapter

5.1. Die Einleitung

Damit die Durchführungen, wie im Kapitel 4 berechnet, innerhalb von 134 Stunden getestet werden können, ist ein technisches Hilfsmittel für den Einsatz im Kryostaten notwendig. Dieser Insertadapter ist für Testprozeduren ausgelegt und bietet bei der Montage der Durchführungen erhebliche Vereinfachungen. Pro Flansch sind sechs Schrauben und zwei spezielle Gewindeplatten notwendig.

Diese Gewindeplatten ersetzen die sechs Sechskantmuttern und dadurch erfolgt eine Zeitersparnis bei der Vorbereitung und Bereitstellung der Probanden.

Abbildung 5.01: Zwei Gewindeplatten

Die Gewindeplatten sind aus dem Material Titan hergestellt und dienen der schnelleren Montage der Durchführungen. Die Zeitersparnis besteht darin das lediglich zwei Gewindeplatten pro Durchführung montiert werden müssen und nicht sechs Muttern.

Zur Vakuumdichtheit wird eine Kupferdichtung benutzt, siehe Abbildung 5.02. Dadurch ist es möglich alle vier Durchführungen innerhalb von wenigen Minuten zu wechseln.

Diese Dichtungen werden als Kaufteil am DESY im Warenlager für die gängigen NW – Flanschverbindungen gelagert.

Diese Dichtung ist jedoch nur einmalig zu verwenden, da sich in ihr die Schneidkanten der UHV – Flansche einarbeiten und somit beim zweiten Einsatz keine ausreichende Vakuumdichtheit gewähren würden.

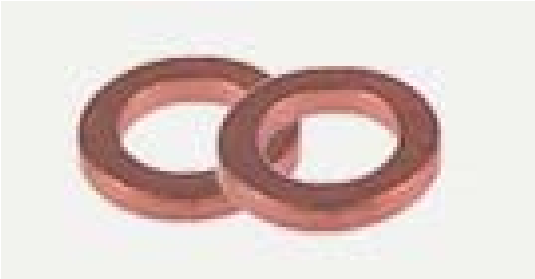


Abbildung 5.02 : Kupferdichtung

Zu den Prüfreihen gehören zwei verschiedene UHV – Durchführungsarten, eine Scheißvariante und eine Flanschvariante.

5.2. Technische Randbedingungen

Für die beiden Schweißvarianten sind Umkonstruktionen zur Aufnahme der Durchführungen an das Insert notwendig. Zur Aufnahme an den Insertadapter welche mittels CF16 Flansch geschieht, müssen die Durchführungen einen CF – Flansch angearbeitet bekommen. Die Problemlösung wird technisch mit einem Zwischenstück gelöst, welches in IDEAS modelliert wurde.

Bei den beiden Flanschvarianten des Typs „C“ und „D“ ist nur bei dem Typ „D“ des Herstellers MEGGITT eine Umkonstruktion notwendig, da es sich nicht um eine CF16 Flanschvariante handelt. Bei dem Typ „C“ des Herstellers PMB handelt es sich bereits um eine CF16 Flanschvariante, siehe Abbildung 4.06, Seite 34, daher ist keine Umkonstruktion erforderlich.

Bauraumbedingungen :

Der Innendurchmesser des Kryostaten V3 beim DESY in der Gruppe MKS beträgt 250mm. Der Abstand „Flansch – zu – Flansch“ des Insertadapters ist 110 mm. Daraus folgt, dass jede Umkonstruktion der Durchführung max. 70 mm in ihrer Länge einnehmen darf. Das untere Foto zeigt den Insertadapter mit Gewindeplatten und der UHV – Durchführung vom Typ „C“

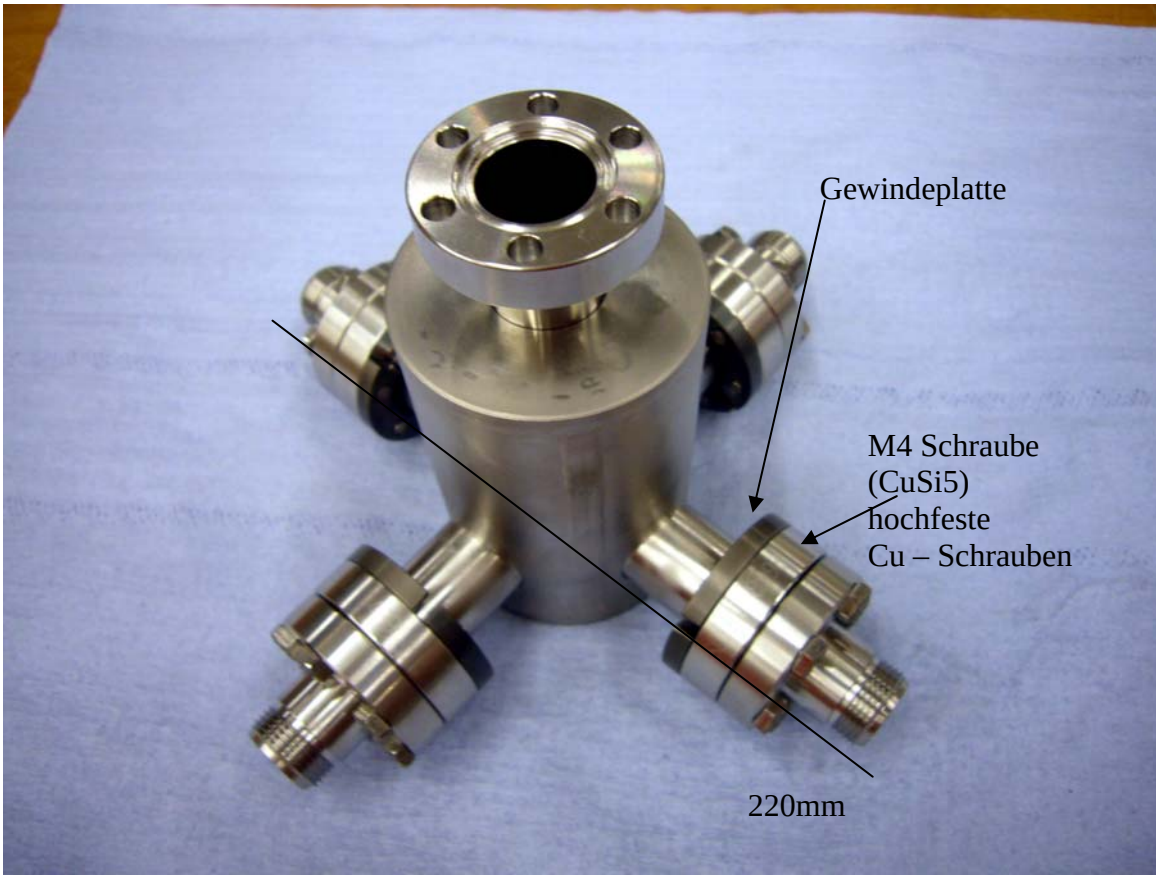


Abbildung 5.04: Der Insertadapter bestückt mit der UHV – Durchführung des Typs „C“

5.3. Die Erstellung fertigungsgerechter Zeichnungen

5.3.1. Die Einleitung

Um exakte Modelle der Durchführungen erstellen zu können, wurde das MAN – Diesel Unternehmen, ein Werkstoffprüflaboratorium in Hamburg beauftragt Schliffbilder dieser Durchführungen herzuerstellen. Für die Erstellung der Schliffbilder werden die UHV – Durchführungen parallel ihrer Längsachse aufgetrennt und für die Dokumentation und Vermessung präpariert. Die Vermessung erfolgt in einem Bildverarbeitungsprogramm, welches ein Bild mit exakten Abmessungen der Durchführungen liefert.

Für die Konstruktion der Zwischenstücke ist das nicht wichtig, jedoch für die Beurteilung auf Tieftemperaturtauglichkeit und die FEM – Berechung. Exakte Modelle von Bauteilen sind die Voraussetzung für spätere 2D Zeichnungsableitungen und somit die Grundvoraussetzung für fertigungsgerechte Zeichnungen.

Der nächste Punkt auf dem Weg zur 2D Zeichnung ist die 3D Modellierung. Dafür werden die Schliffbilder und zugehörigen Skizzen als Grundlage verwendet.

Heutige CAD – Systeme sind 3D Systeme, welche ausgehend von einem 3D Modell, eine 2D – Zeichnungsableitung ermöglichen. Die 2D – Ableitung ist automatisiert, jedoch müssen Maßeinheiten, sowie Form- und Lagetoleranzen und andere notwendige Fertigungshinweise von Hand eingefügt werden.

Als übergeordnetes Organ der Modelle und Datenverarbeitung dient der Team – Browser, welcher die gesamten CAD – Daten verwaltet.

5.3.2. Das Schliffbild der UHV – Durchführung Typ „A“, Hersteller „MEGGITT“

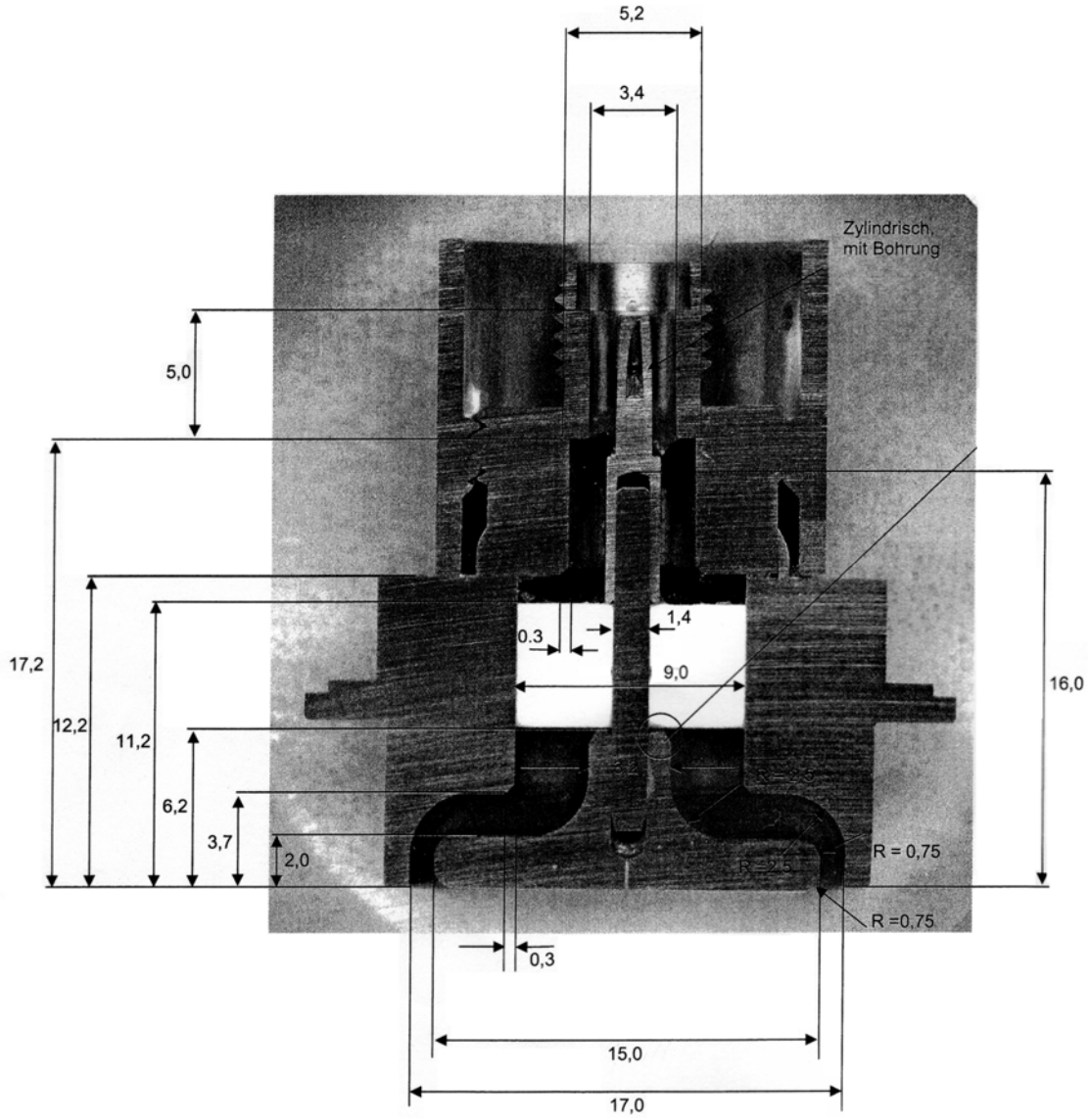


Abbildung 5.05: Das Schliffbild der UHV – Durchführung des Typs „A“

Auf dem Schliffbild, Abbildung 5.05, ist der genaue Innenaufbau der Durchführung zu erkennen. Der Innenleiter ist mit dem Isolator (weißes Viereck) eingeschrumpft. Dieser wiederum ist mit dem Gehäuse in gleicher Weise gefügt worden. Dieses Fügeverfahren ist eine Spezialentwicklung der Firma MEGGITT und ein Firmengeheimnis. Darum ist es sehr schwer

genaue Auskünfte zum Verfahren zu erhalten. Dieses Verfahren garantiert eine gute Vakuumtauglichkeit und einen gleichbleibenden Abstand von der Antenne zum Gehäuse, sowie gute elektrische Eigenschaften, da kein Lot als Verbindungsmittel verwendet wird, welches wiederum andere elektrische Eigenschaften besitzt.

Die Innengeometrie wie Abmessungen, Formtoleranzen und Lagetoleranzen haben Auswirkung auf die 50 Ohm Anpassung und die gute HF – Eigenschaft einer UHV – Durchführung.

Die gesamte Baugruppe (Abbildung 5.06, Seite 49) der Durchführung besteht aus vier Einzelteilen: Der Durchführung selbst, dem CF16 – Flansch (1), der Schweißhülse (2) und dem Adapterring (3). Am Adapterring ist eine Wärmedämmnut angebracht. Dieses erleichtert später das Einschweißen der Durchführung. Somit wird erreicht, dass sich das Material, welches mit der Durchführung zusammen verschweißt wird gleichmäßig erwärmt und durch die Dämmnut die Wärmeleitung in das gesamte Bauteil vermieden wird.

So kommt es zu keinen Spannungsspitzen in der Durchführung. Die Wärmedämmnut ist so konzipiert, das möglichst gleiche Werkstoffdicken miteinander gefügt werden, da ohne Schweißzusätze geschweißt wird. Die spezielle Fügung des Isolators der Durchführung könnte sich bei extremen Temperaturen verändern. Eine Folge davon ist Vakuumundichtigkeit unter den späteren Einsatzbedingungen im Vakuum. Die vier Einzelteile der Baugruppe werden mit dem Schweißverfahren 15 (WIG) verbunden.

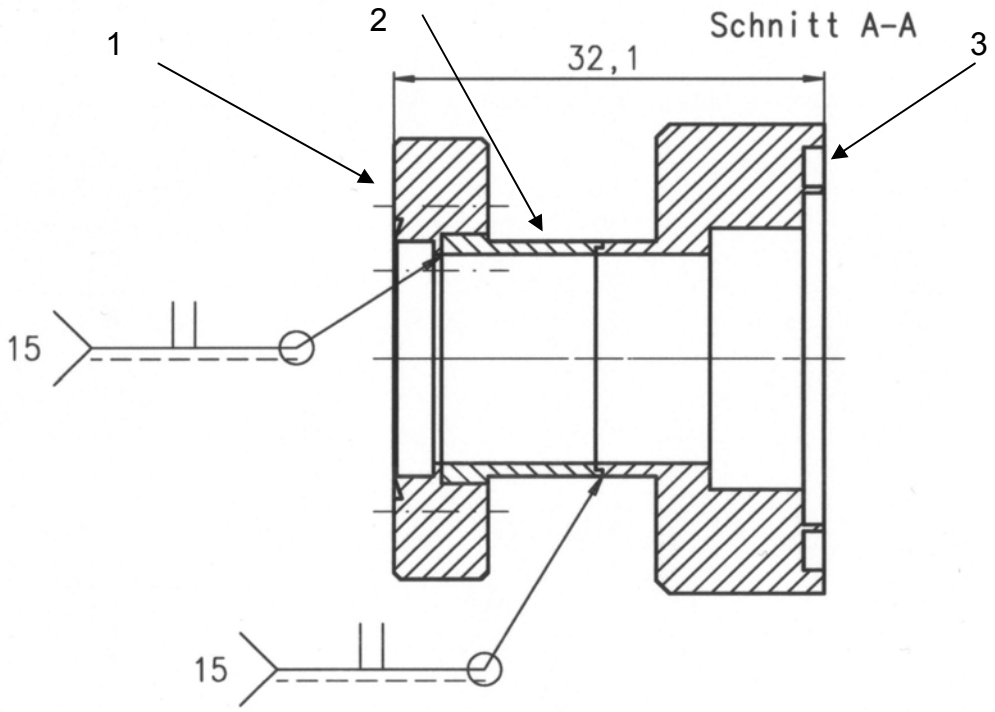


Abbildung 5.06: 2D Baugruppe des Typs „A“

5.3.3. Die UHV – Durchführung Typ „B“, Hersteller „PMB“

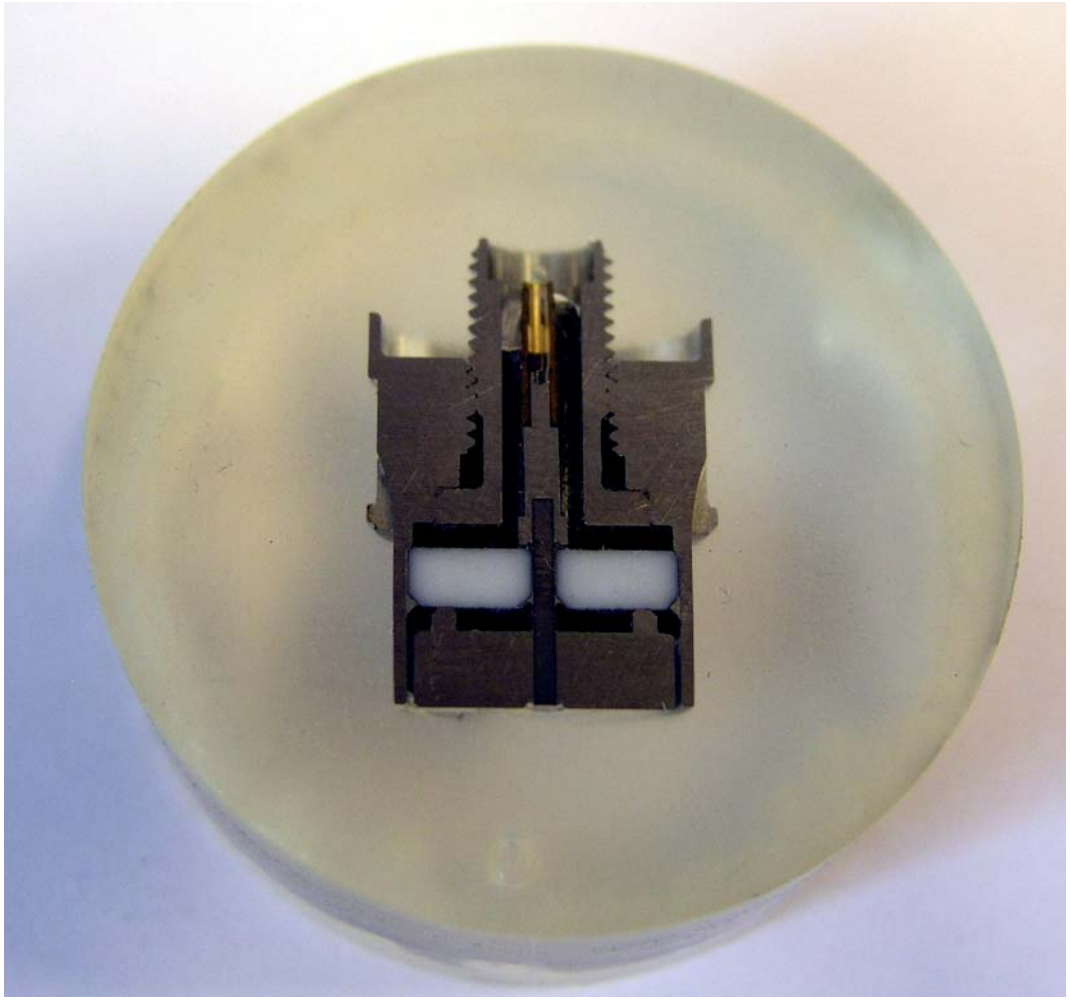


Abbildung 5.07: Das Schliffbild der UHV – Durchführung des Typs „B“

Das Schliffbild (Abbildung 5.07) dient als Grundlage zur Erstellung eines 3D Modells im CAD – System IDEAS.

Das daraus abgeleitete Schliffbild (Abbildung 5.08, Seite 51) mit angetragenen Bemaßungen, ermöglicht dem Konstrukteur die vereinfachte Übernahme der Maße ins CAD – System.

Deutlich auf der Abbildung 5.07 zu erkennen, sind die Lötdepotstellen zwischen Keramik und Gehäuse, sowie Keramik und Innenleiter. Im

Gegensatz zu den „sauberen“ Übergängen der Durchführungen vom Typ „A“, Abbildung 5.05 Seite 47. Bei dieser Ausführung handelt es sich eindeutig um eine gelötete Durchführung.

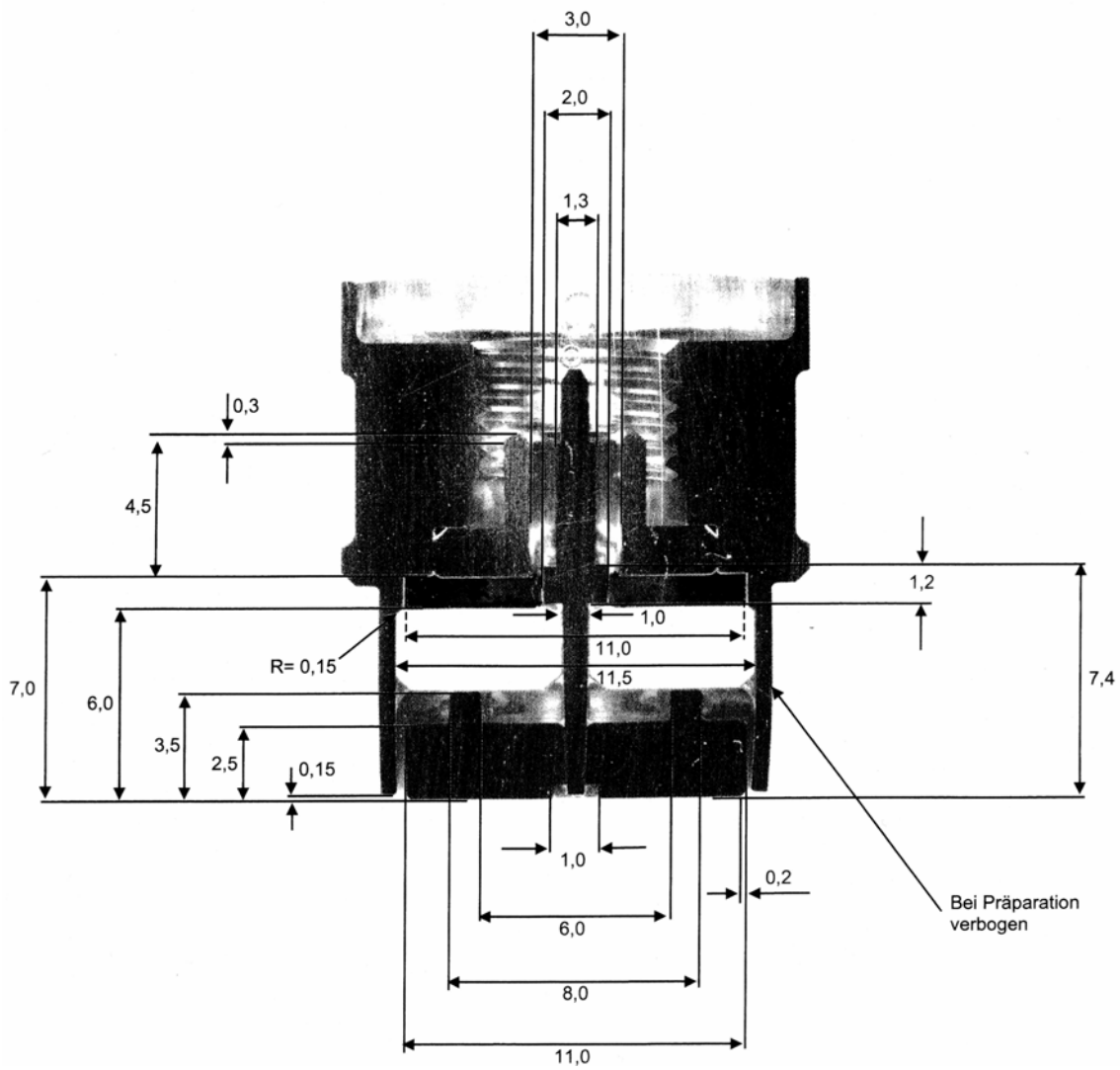


Abbildung 5.08: Schliffbild des Typs „B“

Die Abmaße können mit einer 0,01 mm Genauigkeit angegeben werden. Diese Toleranz ist für die Aufgabenstellung ausreichend. Die äußeren Abmessungen werden mittels Meßschieber abgenommen. Des Weiteren werden Abmaße aus Unterlagen des Herstellers entnommen.

Die Baugruppe der Durchführung des Typ „B“ besteht ebenfalls aus vier Einzelteilen: Der Durchführung selbst, dem CF16 – Flansch (1), der Schweißhülse (2) und dem Adapterring (3), siehe Abbildung 5.08, Seite 51. In den Adapterring wird von links die Durchführung vom Typ „B“ geschweißt. Zur besseren Schweißbarkeit wurde der Adapterring so konstruiert, dass dieser eine möglichst kleine Kante aufweist. Dies erleichtert das Erwärmen der Baugruppe für das Schweißen. Zudem wurden fast gleiche Wandstärken verwendet und keine Entgratung des Bauteils vorgenommen. Technisch heißt das, dass die Bauteile eher scharfkantig ausgeführt sind. Die vier Einzelteile der Baugruppe werden ebenfalls mit dem Schweißverfahren 15 (WIG) verbunden.

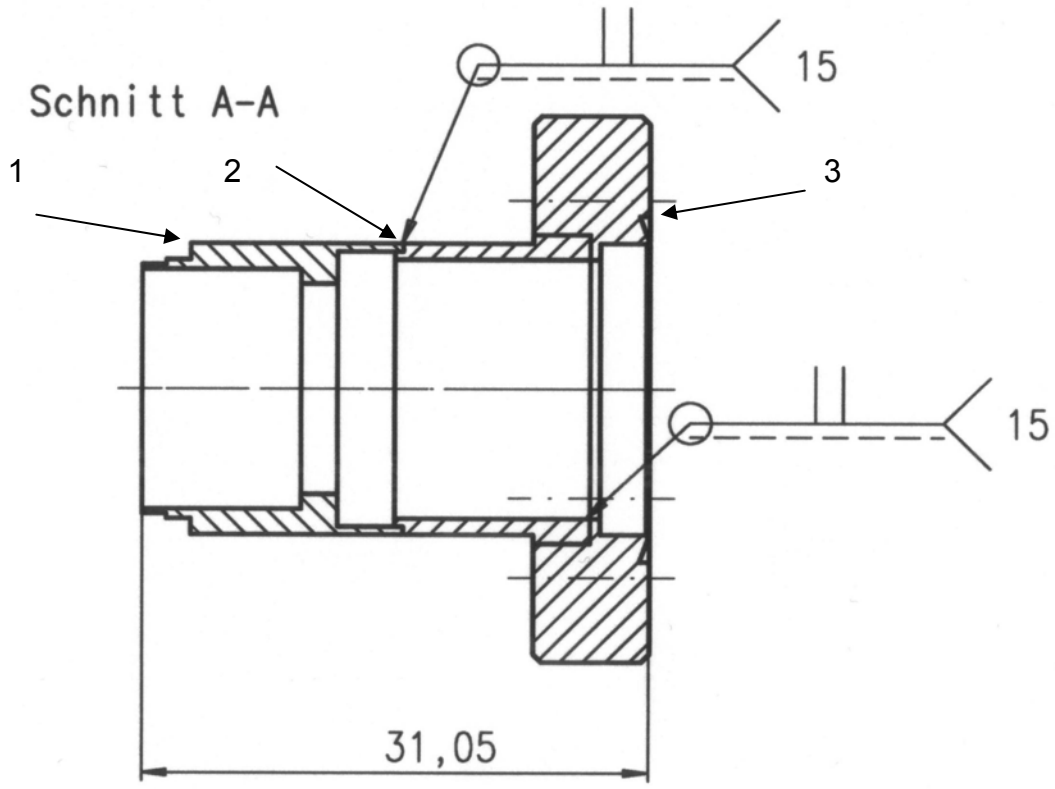


Abbildung 5.09: 2D Baugruppe des Typs „B“

Alle Bauteile werden nach der Fertigung UHV gerecht gereinigt. Alle Edelstahlfertigungsteile werden in einer Geschirrspülmaschine ca. 2 Stunden

mit dem Reiniger „Somat“ gespült. Es folgt eine Abkühlphase, danach werden die Fertigungsteile nur mit Baumwollhandschuhen bewegt. Es folgt die UHV gerechte Verpackung in Plastikbeutel.

5.3.4. Die UHV – Durchführung Typ „C“, Hersteller „PMB“

Der Typ „C“ des Herstellers PMB ist ein Kaufteil. Dieses Kaufteil weist einen CF 16 – Flansch auf. Daher ist für die Aufnahme an den Insertadapter kein weiterer Adapter notwendig. Daher ist keine Konstruktion notwendig.

5.3.5. Die UHV – Durchführung Typ „D“, Hersteller „MEGGITT“

Auch dieses Schliffbild (Abbildung 5.10) dient als Grundlage zur Erstellung eines 3D Modells im CAD – System IDEAS.

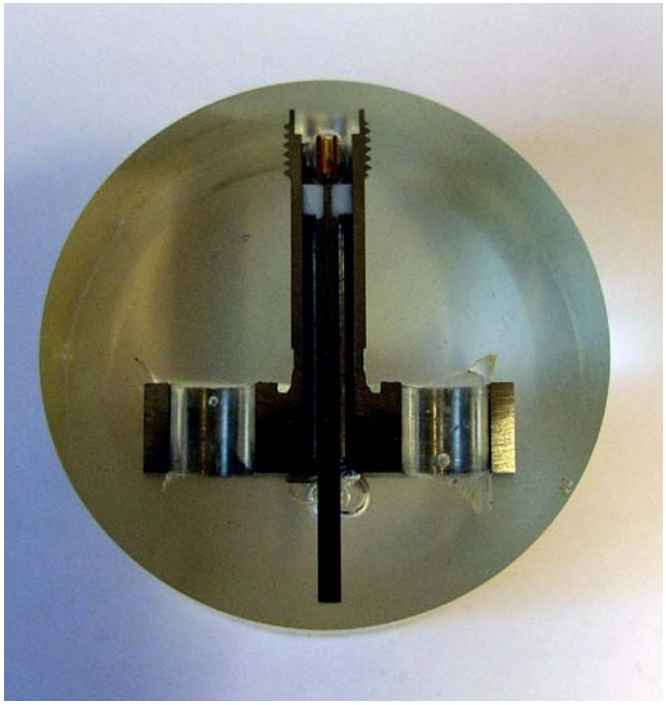


Abbildung 5.10: Das Schliffbild der UHV – Durchführung des Typs „D“

Das daraus abgeleitete vermaßte Schliffbild (Abbildung 5.11) ermöglicht dem Konstrukteur die direkte Übernahme der Maße ins CAD – System.

Eine optische Vermessung ist zeitgünstiger als eine Vermessung mittels einer 2D Messmaschine. Eine zerstörungsfreie Prüfung bringt nicht das gewünschte Ergebnis.

Die Hersteller derartiger UHV – Durchführungen hütten das Innere der Durchführungen als großes Geheimnis und somit wird zur Maßermittlung die Schliffbilderstellung gewählt.

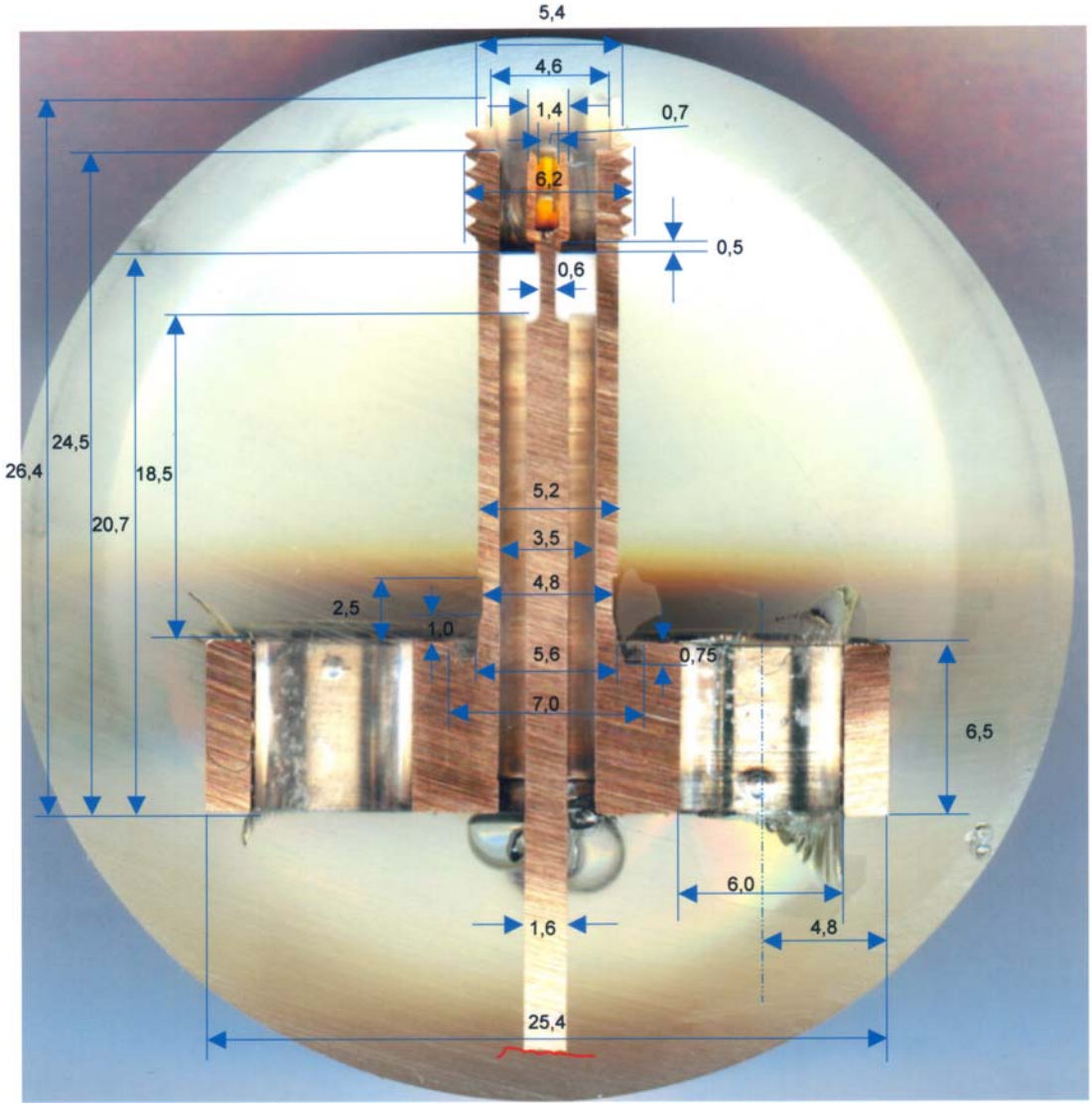


Abbildung 5.11: Das Schliffbild der UHV – Durchführung des Typs „D“

Der Innenleiter (Durchmesser 1,6 mm) ist bei diesem Probanden abgebrochen und deshalb nicht vollständig erhalten geblieben. Die Länge wurde mittels Messschieber abgenommen.

Die Baugruppe der Durchführung besteht auch aus vier Einzelteilen. Der Durchführung selbst, dem CF16 – Flansch (1) , der Schweißhülse(2) und dem Adapterring(3). In dem Adapterring wird die Flanschvariante der Durchführung des Typs „D“ eingeschraubt. Als Dichtung wird eine versilberte Cu – Flachdichtung verwendet. Diese von VAT entwickelte und patentierte metallische Flanschdichtung erfordert planparallele Flansche mit sorgfältig gearbeiteten Dichtflächen. Die Wahl der Geometrie ist nahe zu frei gestaltbar.

Die vier Einzelteile der Baugruppe werden mit dem Schweißverfahren 15 (WIG) verbunden.

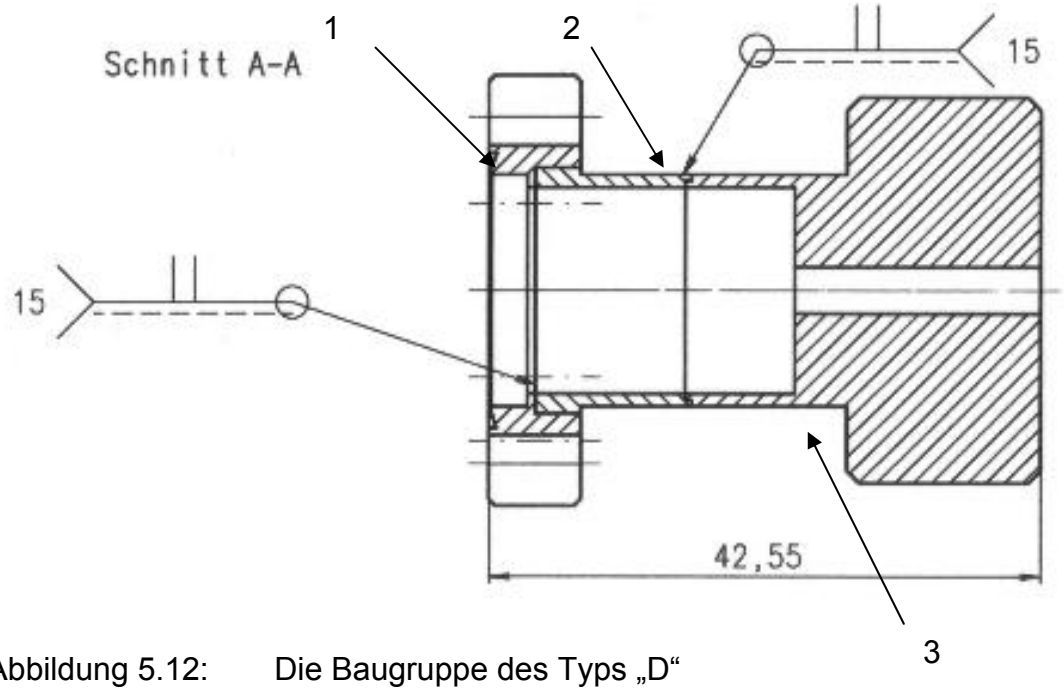


Abbildung 5.12: Die Baugruppe des Typs „D“

5.4. Der Fertigungsprozess der Herstellungsteile

Anhand der Fertigungszeichnungen werden die Einzelteile in folgenden Arbeitsschritten gestaltet.

1 Material Beschaffung

2 Arbeitsunterlagen werden erstellt

3 Werkstattauftrag

4 Werkstattabsprachen führen

5 Einzelteile Drehen

6 Einzelteil auf Form- und Lagetoleranzen prüfen

7 Einzelteile Reinigen

8 Baugruppe Schweißen

9 Baugruppe Lecksuchen

10 Baugruppen UHV – gerecht verpacken

<u>Arbeitsschritte in der Gruppe MKS</u>

1 Montage des Insertadapter mit vier Durchführungen

2 Lecksuche des kompletten Inserts

Diese Arbeitsschritte gelten für alle Herstellteile die anzufertigen sind, sowie für alle 48 UHV – Durchführungen.

Arbeitsschritte beim DESY

1 Material Beschaffung

Das verwendete Material ist am DESY Warenlager vorhanden und wird mittels Lagerabrufschein auf Bedarf der auszuführenden Werkstatt zugestellt.

2 Arbeitsunterlagen werden erstellt

Die Erstellung der Arbeitsunterlagen wird in dem Kapitel 5.1 bis 5.3 behandelt. Dieses beinhaltet die Modelierung im CAD – System und die daraus abgeleiteten Fertigungszeichnungen.

3 Werkstattauftrag

Der Werkstattauftrag wird anhand der Fertigungszeichnungen vorbereitet und von der Gruppe MDI gestellt.

4 Werkstattabsprachen führen

Die Werkstattabsprachen werden geführt um terminliche Engpässe in der Fertigung zu vermeiden. Des Weiteren werden die Fertigungszeichnungen und Stücklisten mit dem Werkstattmeister besprochen.

5 *Einzelteile Drehen*

In der folgenden Abbildung 5.13 sind die fertig gedrehten Hülsen zusehen. Der Adapterring wird anschließend mit der Hülse verschweißt.

Abbildung 5.13: CF16 Flansche und Adapterring Typs „A“

6 *Einzelteil auf Form- und Lagetoleranzen prüfen*

Die fertig gedrehten und geschweißten Baugruppen werden auf ihre Form- und Lagetoleranzen geprüft. Dazu gehören vor allem die Winkeligkeit und die Parallelität der geschweißten Baugruppen.

7 *Einzelteile Reinigen*

Die bearbeiteten Einzelteile werden in einer handelsüblichen Geschirrspülmaschine mit dem Reiniger „Somat“ gereinigt. Nach dem Verweißen der Einzelteile ist eine weitere Reinigung nicht notwendig. Eine mögliche zweite Reinigung kann unter Umständen zu einer Beschädigung der UHV – Durchführung führen.

8 *Baugruppe Schweißen*

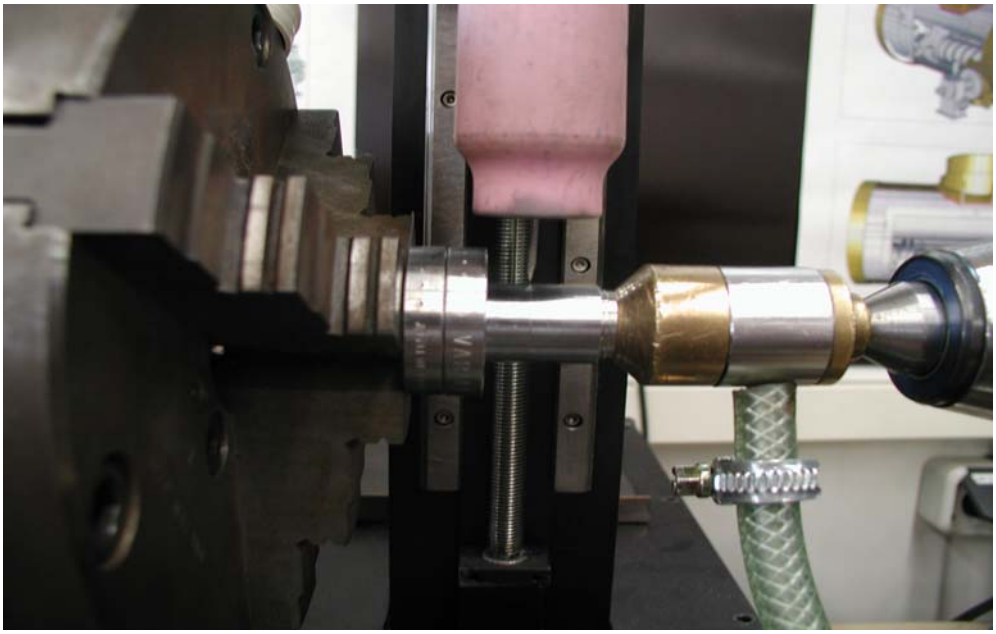


Abbildung 5.14: Verschweißen der Hülse mit dem Adapterring der Baugruppe

Der Schweißvorgang findet unter dem Einfluss von Spülgas statt. Es wird orbital mit einer Wolframnadel geschweißt. Beim DESY wird das Inert – Gas Argon als Schweiß- und Sprühgas verwendet.

9 Baugruppe Lecksuchen

Abbildung 5.15: Der Leckagetest der UHV – Durchführung Typs „B“

Bei der Baugruppenlecksuche wird die fertig montierte Baugruppe an den Lecksucher ASM 110 angeschlossen und auf ihre Vakuumtauglichkeit überprüft. Die Messergebnisse wurden in die jeweiligen Prüfprotokolle der Durchführungen aufgenommen.

Die fertigen Baugruppen wurden mit einer durchlaufenden Nummerierung versehen, diese dient der lückenlosen Dokumentation vor / während und nach der Durchführung der Testreihen.

Die Durchführung wird mit zwei speziellen Titanschrauben und der speziellen VAT – Flachdichtung montiert. Das Anzugsmoment der Titanschrauben liegt bei ca. 7 Nm. Dieses Moment garantiert die Vakuumdichtheit zwischen Durchführung, Dichtung und Monitor.

Abbildung 5.16: Die komplett montierte UHV – Durchführung des Typs „D“

Auf der Abbildung 5.16 sind die beiden Titanschrauben deutlich zu erkennen. Würde man Edelstahl – Schrauben wählen, würde sich eine Werkstoffpaarung von Edelstahl/Edelstahl ergeben. Diese würden unter Reinraum – Bedingungen „festfressen“. Das Material Titan besitzt sogenannte Gleitwirkung, welche ein „Festfressen“ verhindert.

Die fertig bearbeitete UHV – Durchführung wird nach dem Schweißen einer Sichtkontrolle unterzogen. Ist diese Prüfung bestanden wird die Durchführung mit dem Lecksucher Leybold UL500 auf Leckage

untersucht. Ist die Leckrate im Protokoll kleiner als $\frac{2*10^{-9} mbar*l}{s}$, so ist auch dieser Test bestanden. Es folgt nun die vakuumgerechte Verpackung in Kunststofftüten, siehe Abbildung 5.16, Seite 62.

Abbildung 5.17: Auf Leckage untersuchte und verpackte Durchführung des Typs „B“

Arbeitsschritte in der Gruppe MKS

1 Montage des Insertadapter mit vier Durchführungen

Abbildung 5.18: Der fertig montierte Insertadapter mit vier Durchführungen des Typs „B“

Der Insertadapter wird mit jeweils vier Durchführungen bestückt. Nach Kontrolle des Anzugsmomentes der Schrauben mittels Drehmomentschlüssel wird der Adapter an den Insert montiert. Hierzu werden Kupferdichtungen verwendet und mit Sechskantschrauben, sowie den 2 Gewindeplatten befestigt. Der Insert wird mit einem Kran in den Kryostaten gehoben und vakuumdicht verschlossen.

2 Lecksuche des kompletten Inserts

Abbildung 5.19: Der Insert mit bestücktem Insertadapter

Auf der Abbildung 5.19 ist der komplett montierte Insert zusehen. An den Insert ist ein Lecksucher des Herstellers Alcatel angeschlossen. Die Verbindung wird über einen Wellschlauch hergestellt. Eine aussagefähige Leckrate ist nach ca. 15 min zu erwarten.

5.5. Die Werkstoffkenndaten

Im Folgenden sind die Werkstoffe und deren Werkstoffkenndaten der unterschiedlichen UHV – Durchführungen und Firmen tabellarisch der Übersicht halber dargestellt.

UHV – Durchführung des Typs „A“, des Herstellers „MEGGITT“[7/8]

Werkstoff	Einsatz	E-Modul [N/mm^2]	Dichte [g/cm^3]	Zugfestigkeit Rm [N/mm^2]	Streckgrenze Re [N/mm^2]	WAK1 [10^{-6}/K]
304L SST	Gehäuse	200000	7,9	500-700	190	16
Molybdän	Innenleiter	330000	10,2	600	500	5,2
SiO_2	Isolator	75000	2,2	190	130	7,5
304L SST	Antenne	200000	7,9	500-700	190	16

UHV – Durchführung des Typs „B“, des Herstellers „PMB“[7/8]

Werkstoff	Einsatz	E-Modul [N/mm^2]	Dichte [g/cm^3]	Zugfestigkeit Rm [N/mm^2]	Streckgrenze Re [N/mm^2]	WAK1 [10^{-6}/K]
304L SST	Gehäuse	200000	7,9	500-700	190	16
CuSn12	Kupferlot	95000	8,8	400	180	18
Molybdän	Innenleiter	330000	10,2	600	500	5,2
Al_2O_3	Isolator	380000	4,0	350	230	8,0
304L SST	Antenne	200000	7,9	500-700	190	16

7 http://www.m-woite.de/de/werkstoffe.shtml
8 http://www.kreamverband.de/keramik/deutsch/fachinfo/werkstoffe.html

UHV – Durchführung des Typs „C“, des Herstellers „PMB“[7/8]

Werkstoff	Einsatz	E-Modul [N/mm^2]	Dichte [g/cm^3]	Zugfestigkeit Rm [N/mm^2]	Streckgrenze Re [N/mm^2]	WAK1 [10^{-6}/K]
316L SST	Gehäuse	192000	8,0	500-700	195	16
CuSn12	Kupferlot	95000	8,8	400	180	18
Molybdän	Innenleiter	330000	10,2	600	500	5,2
Al_2O_3	Isolator	380000	4,0	350	230	8,0
316L (vergolded)	Antenne	192000	8,0	500-700	195	16

UHV – Durchführung des Typs „D“, des Herstellers „MEGGITT“[7/8]

Werkstoff	Einsatz	E-Modul [N/mm^2]	Dichte [g/cm^3]	Zugfestigkeit Rm [N/mm^2]	Streckgrenze Re [N/mm^2]	WAK1 [10^{-6}/K]
316LN/ 316LSST	Gehäuse	192000	8,0	680	400	16
Molybdän	Innenleiter	330000	10,2	600	500	5,2
SiO_2	Isolator	75000	2,2	190	130	7,5

7 http://www.m-woite.de/de/werkstoffe.shtml
8 http://www.kreamverband.de/keramik/deutsch/fachinfo/werkstoffe.html

Die Werkstoffe der Durchführungen

Gehäuse und Antenne

Als Gehäuse –, und Antennenmaterial werden je nach Durchführung und Hersteller unterschiedliche hochlegierte Stähle verwendet. Alle vier Varianten bestehen aus Edelstählen mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften. Es handelt sich dabei um Austenitische Stähle. Bei Austenitischen Stählen bleibt das kfz – Gitter auch nach dem Abschrecken bei Raumtemperatur erhalten. Durch das Abschrecken werden die Stähle nicht härter, sondern weicher. Sie erreichen dadurch hohe Dehnungswerte und sind gut umformbar.
Weitere Eigenschaften sind Tieftemperatureignung und der geringe Magnetismus von hochlegierten Stählen.

Austenitische Stähle enthalten folgende Legierungselemente[7/8]:
Cr 17-26%, je nach Qualität:
Ni 7-26% Mo 2,0-4,5%
C unter 0,12% Cu 1,5-2,5%

304L SST	(X2CrNi 19-11)	1.4306
Einsatz in:	Nahrungsmittelindustrie, Pharmazie, Chemie oder Vakuumtechnik	

316L SST	(X2CrNiMo18-14-3)	1.4435
Einsatz in:	Pharmazie (Behälter, Rohre), Vakuumtechnik (komplette Vakuumanlagen, Strahlrohre und alle strahlnahen Komponenten)	

316 LN	(X2CrNiMoN17-11-2)	1.4429
Einsatz in:	Nahrungsmittelindustrie, Pharmazie, Vakuumtechnik (komplette Vakuumanlagen, Strahlrohre und alle strahlnahen Komponenten)	

7 http://www.m-woite.de/de/werkstoffe.shtml
8 http://www.kreamverband.de/keramik/deutsch/fachinfo/werkstoffe.html

Kupferzinnlot

Beim Kupferzinnlot handelt es sich um ein Hartlot mit einer sehr guten Korrosionsbeständigkeit. Anwendungen findet das Lot im Druckbehälterbau, in Pumpengehäusen, in Meerwasseramaturen und in der Vakuumtechnik. Die Löttemperatur befindet sich im Bereich von 825 °C – 990 °C. Gelötet wird in der Vakuumtechnik fast ausschließlich in dafür vorgesehenen Vakuumöfen mit der Möglichkeit des Zuführens von Gasen, um somit eine Wärmeströmung zu ermöglichen, dadurch werden Bauteile schneller und gleichmäßiger erwärmt.
Der Vorteil beim Löten im Gegensatz zum Schweißen ist, dass unterschiedliche Materialien gefügt werden können.

Die genaue Bezeichnung des Lotes bei den zu prüfenden Durchführungen lautet:
CuSn12 nach DIN 8513 2.1055

CuSn12 ist ein Konstruktionswerkstoff, der bei mittlerer Härte eine hohe Dehnung aufweist.

Die Zusammensetzung ist wie folgt verteilt:

Cu	88 % – 90 %
Sn	9 % – 11 %
Ni	bis 2 %
Pb	bis 1 %
P	bis 0,2 %

Innenleiter Molybdän

Reines Molybdän dient als hitzebeständiger Werkstoff in Widerstandsdrähten von Heizwicklungen, für Elektroden in Glasschmelzöfen, für Anoden in Elektronenstrahlröhren oder für Glühdrähte in Glühlampen. Wegen der hohen Temperaturbeständigkeit und des geringen Ausdehnungskoeffizienten ist der Werkstoff auch für Bauteile bei Tieftemperaturen sehr gut geeignet.

Isolator[9] Keramik

SiO_2 wurde aufgrund seiner Wärme- und seiner Wärmeschockbeständigkeit sowie seiner Beständigkeit gegenüber Chemikalien entwickelt. Auch bekannt als Quarz.

Einsatz: Glaskolben, Vakuumglasbehälter

Al_2O_3 Keramiken bieten hohe Isolationswerte mit günstigen, dielektrischen Eigenschaften und eignen sich deshalb besonders gut für den Einsatz als Isolierwerkstoffe. Zugbeständigkeit, große Härte, gute Formgebung durch Sintern, Pressen und Brennen und Hochvakuumdichtigkeit zeichnen die Keramik aus.

9 http://www.goodfellow.com/csp/active/static/g/siliziumdioxid.html

6. Die Grundlagen

6.1. Die theoretischen Grundlagen der Wärmeübertragung

6.1.1. Die Einleitung

Für den Test der Ultrahochvakuum Durchführungen sind verschiedene Temperaturen notwendig. Der Temperaturunterschied liegt bei ca. 280 K, die maximale Temperatur beträgt 290 K, die minimale Temperatur liegt bei ca. 4 K. Um diesen Temperaturbereich abbilden zu können, wird ein Kryostat benutzt. Der Kryostat ist ein, durch drei Schichten, isoliertes Gefäß, welches im Inneren durch Kältemittel (z.B. Helium) nahezu den absoluten Nullpunkt erreicht. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Kenntnisse erklärt.

6.1.2. Die Wärmeübertragung

Die Wärmeübertragung beschreibt den Vorgang, wenn zwischen Systemen mit Temperaturunterschied Wärme von einem System zum anderen übertragen wird. Dabei ist die Richtung der Übertragung vom höheren Temperaturniveau zum niedrigeren Temperaturniveau. Der Vorgang ist irreversibel.

Es findet nicht nur eine Wärmeübertragung von warm nach kalt, sondern auch eine Wärmeübertragung von kalt nach warm statt (bei Wärmestrahlung), aber der Wärmestrom von warm nach kalt ist immer größer als von kalt nach warm, so dass die Resultierende von beiden Wärmeströmen immer von warm nach kalt geht.[10]

10 Skript, Die Wärmeübertragung, Prof. Dr. Axel Brehm(Uni-Oldenburg)

Durch Konvektion oder Mitführung kann keine Wärme, sondern nur innere Energie oder Enthalpie übertragen werden, indem Atome oder Moleküle gasförmiger oder flüssiger Materialien sich bewegen. Bei realen Systemen wirken mehrere Übertragungsarten zusammen.

Bei Festkörpern	-> Wärmeleitung
Bei Flüssigkeiten und Gasen	-> Wärmeleitung und Konvektion[10]

6.1.3. Der Wärmeübergangskoeffizient

Der Wärmeübergangskoeffizient charakterisiert die Wärmeübertragung. Mit dem Koeffizienten (Proportionalitätsfaktor) wird die Intensität des Wärmeübergangs an einer Oberfläche beschrieben.
Der Wärmeübergangskoeffizient beschreibt hierbei die Fähigkeit eines Gases oder einer Flüssigkeit, Energie von der Oberfläche eines Stoffes abzuführen bzw. an die Oberfläche abzugeben.

Die Einflussgrößen sind:

- die spezifische Wärmekapazität
- die Dichte
- der Wärmeleitkoeffizient des wärmeabführenden Mediums
- der Wärmeleitkoeffizient des wärmeliefernden Mediums[10]

10 Skript, Die Wärmeübertragung, Prof. Dr. Axel Brehm(Uni-Oldenburg)

6.1.4. Die Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit bestimmt die Geschwindigkeit mit der sich die Erwärmung an einem Punkt durch den Stoff ausbreitet. Die Wärmeleitfähigkeit ist also die Fähigkeit eines Stoffes thermische Energie mittels Wärmeleitung in Form von Wärme zu transportieren.

Bei Festkörpern ist der Wärmestrom direkt proportional zum Temperaturunterschied ΔT an den beiden betrachteten Enden, der in Kelvin oder Grad Celsius gemessen wird. Der Wärmestrom selber wird in Watt angegeben.
Die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes, oft mit λ, k oder κ bezeichnet, gibt an, welche Wärmemenge Q in der Zeit t und bei einem Temperaturunterschied ΔT durch die Fläche A strömt.[10]

10 Skript, Die Wärmeübertragung, Prof. Dr. Axel Brehm(Uni-Oldenburg)

6.1.5. Die Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlung unterscheidet sich von Wärmeleitung und -konvektion dadurch, dass zwischen den Substanzen die Wärme austauschen, kein Kontakt bestehen muss. Sie können auch durch ein Vakuum getrennt sein. Wärmestrahlung ist eine Form der elektromagnetischen Strahlung in einem bestimmten Spektrum der Wellenlänge.

Im Vakuum findet keine Wärmeleitung statt, der Wärmetransport geschieht nur durch Wärmestrahlung.

6.2. Die theoretischen Grundlagen der Kryogenik

6.2.1. Die Einleitung

Die Kryotechnik, auch Tiefsttemperaturtechnik genannt, ist ein Teilgebiet der Kältetechnik, die sich u. a. mit der Untersuchung und dem Einsatz von Materialien bei sehr niedrigen Temperaturen beschäftigt. Die Kryotechnik deckt den Temperaturbereich unterhalb etwa -150 °C ab. In der Tiefsttemperaturtechnik arbeitet man in Temperaturbereichen bis etwa 4 K (um -269 °C). Zur Erzeugung tiefer Temperaturen ist ein besonderes Kühlmedium erforderlich. Üblicherweise kommen dabei verflüssigte Gase wie beispielsweise flüssiger Stickstoff oder Helium als Kältemittel zum Einsatz. Gebräuchlich für Tiefsttemperaturtechnik sind Temperaturen bei

- 77,4 K, dem Siedepunkt von Stickstoff
- 20,4 K, dem Siedepunkt von Wasserstoff
- 4,2 K, dem Siedepunkt von Helium

6.2.2. Die Temperaturskala

Das Kelvin wird vor allem in der Thermodynamik, in der Wärmeübertragung und allgemein in den Naturwissenschaften zur Angabe der Temperatur, sowie zur Angabe von Temperaturdifferenzen verwendet. Der Unterschied zu Grad Celsius ist, dass bei der Celsius – Temperaturskala als Fixpunkte die Temperaturen vom Gefrier- und Siedepunkt des Wassers bei Normaldruck (d. h. einem Luftdruck von 1013,2 mbar) verwendet werden. Bei der Kelvin – Skala wird als 0 K der absolute Nullpunkt (-273,15 °C) herangezogen. In der Celsius – Temperaturskala hingegen können auch Temperaturwerte mit negativen Zahlen auftreten. Wie in der Tabelle

Abbildung 6.01 zu sehen ist, entspricht 0 °C dem Wert von 273,15 K. Der absolute Nullpunkt liegt bei 0 K, entspricht -273,15 °C.

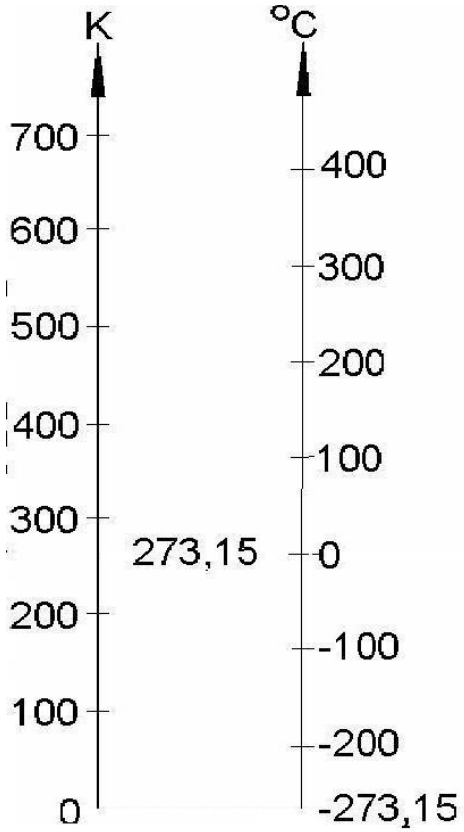


Abbildung 6.01: Die Temperaturskala K und °C

6.2.3. Die Anwendungen und die Arten der Kryotechnik

Bei den Versuchsdurchführungen für die Probanden wird ausschließlich mit Helium gearbeitet. Die Vorteile und die Eigenschaften von Helium werden im nachstehenden Punkt 6.2.5 näher beschrieben. Mit Hilfe der Kryotechnik untersucht man u. a. in der Materialforschung metallische bzw. keramische Werkstoffe auf verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften.

Im Allgemeinen werden folgende Untersuchungen werkstoffabhängiger Kenngrößen zwischen 4.2 K und 290 K durchgeführt:

- Ermittlung von Spannungs – Dehnungskurven (E-Modul, Streckgrenze, Zugfestigkeit nach Normen ASTM E8, ASTM 1450-92 und ISO/AWI 19819)
- Bestimmung bruchmechanischer Kenngrößen
- Untersuchungen zur Rissausbreitung in metallischen Werkstoffen
- Messung der thermischen Ausdehnung von 4.2 K bis 290 K

Anwendungen kryotechnischer Anlagen finden sich in der

- Hochenergiephysik (bei Teilchenbeschleunigern, aufgrund der Supraleitung und in Fusionsreaktoren).
- Vakuumtechnik (Kryopumpen)
- Energietechnik (SMES Energiespeicher, Flüssig – Wasserstoff Treibstoff)
- Verfahrenstechnik (Verflüssigung von Gasen, Tieftemperaturrektifikation, Recycling)
- Herstellung von technischen Gasen
- Lebensmittelindustrie (Schockgefrierung)
- Energierückgewinnungstechnik
- Medizin (Kryochirurgie), Gewinnung medizinischer Gase [11]

11 Vgl.: Skript Tieftemperaturphysik, Prof. Dr. U. Hartmann

Die unterschiedlichen Arten von Kryostaten hängen von der Art der Kühlung ab. Je nach Prüfprozedur gibt es verschiedene Möglichkeiten Proben zu testen. Nachstehend sind die am häufigsten verwendeten und bekanntesten Kryostaten aufgelistet.

Je nach Art der Kühlung unterscheidet man

- Bad – Kryostate
- Verdampfer – Kryostate
- Refrigerator – Kryostate
- Verbund – Kryostate
- 3He – Kryostat

6.2.4. Die Funktionsweise des Bad – Kryostaten

Im Folgenden wird der genaue Aufbau eines Bad – Kryostaten erklärt. Auf die anderen Typen wird nicht näher eingegangen, da sie für die Aufgabenstellung nicht relevant sind. Hier wird ein Grundwissen des Typs vermittelt. Auf die genaue Versuchsbeschreibung und auf die Durchführung wird im Kapitel 10 eingegangen.

Der grundsätzliche Aufbau eines Badkryostaten zeigt die nachstehende schematische Darstellung.[12]

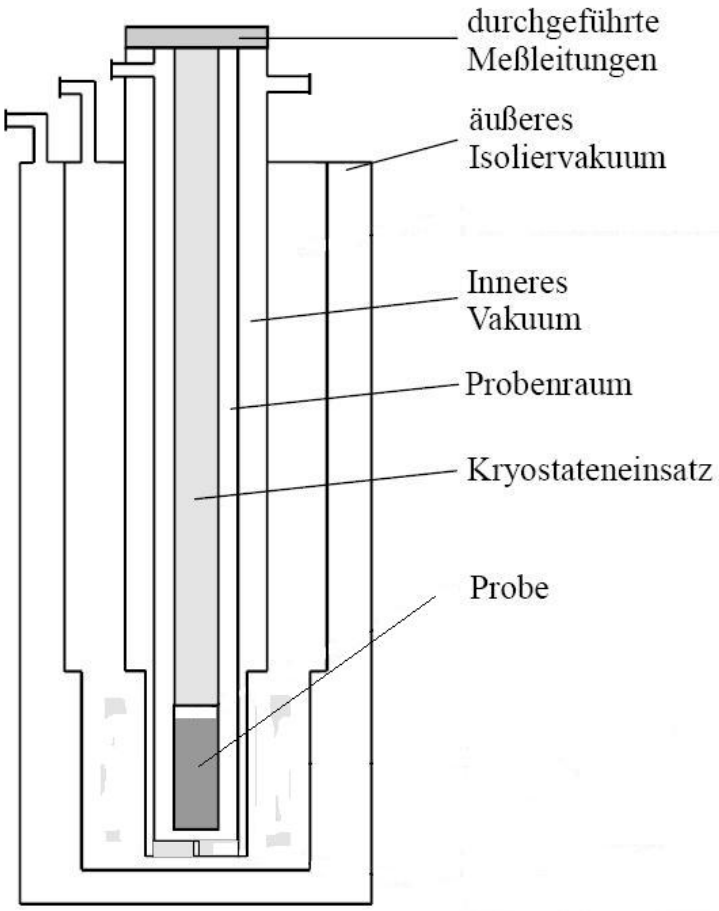


Abbildung 6.02: Der schematische Aufbau eines Bad – Kryostaten

12 Vgl.: Skript Thermodynamik Prof. Dieter Lüst

Der Kryostat, im weiteren als Dewar bezeichnet ist eine Art große Thermoskanne. Es handelt sich dabei um ein doppelwandiges Gefäß mit einem Deckel zum Verschrauben des Gefäßes. Im Falle der Nutzung des Dewar für bestimmte Temperaturzyklen, kommt das bereits erwähnte Insert zum Einsatz. Daran werden die Proben im Inneren des Dewar befestigt. Der Kryostateneinsatz wird mit einer Gummidichtung abgedichtet und mit Schrauben befestigt. Am Insert sind an unterschiedlichen Höhen Sensoren zur Messung und Aufzeichnung von Druck, Temperatur und Füllstand befestigt (siehe Kapitel 6.4).

Zwischen den beiden Wänden ist ein luftleerer Raum, der mit Hilfe einer Turbomolekularpumpe auf einen Druck von $<10^{-6}$ mbar evakuiert wird. Dieser luftleere Raum wird als Isoliervakuum bezeichnet und dient zur Isolierung des Dewar. Flüssiges Helium gelangt während des Befüllvorgangs des Dewar über ein Einlassventil in den Innenraum. Die Proben werden dabei komplett in flüssigem Helium bei 4 K „gebadet“.

Die relevanten Daten werden während der Prüfzyklen über eine Software verarbeitet und graphisch ausgegeben. Zu den wichtigsten Daten gehört vor allem die Leckrate, die etwas über die Güte der Durchführungen aussagt.[12]

12 Vgl.: Skript Thermodynamik Prof. Dieter Lüst

6.2.5. Die Eigenschaften des Heliums

Helium ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses, nicht gesundheitsgefährliches, in der normalen Luft nur mit 5 ppm vorhandenes Gas. Helium ist als Gas unter Normaldruck ohne besondere Sicherheitsvorkehrungen verwendbar. Im Vergleich zu anderen Gasen ist es das am geringsten lösliche Element in Wasser. Helium ist die Substanz mit der größten bekannten chemischen Reaktionsträgheit. Auch unter Extrembedingungen konnten bis jetzt keine Verbindungen des Heliums nachgewiesen werden, die nicht sofort nach der Bildung wieder zerfallen. Die Dichte und Viskosität des Heliumdampfes sind sehr niedrig. Helium ist nach Wasserstoff das chemische Element mit der geringsten Dichte. Helium bleibt bis zu sehr tiefen Temperaturen gasförmig, erst bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt wird es flüssig. Das Wichtigste Merkmal ist wohl, dass es sehr viel leichter als Luft ist. Ohne flüssiges Helium wäre es praktisch unmöglich Temperaturen um 4 K innerhalb eines Versuchsraumes für längere Zeit zu halten. Helium hat bei Luftdruck eine Siedetemperatur von 4,2 K und wiegt flüssig nur 125 g/Liter. Um einen Liter flüssiges Helium zu erhalten, bedarf es rund 699 Liter Gas. Die Hauptheliumquellen in der Welt findet man auf großen Erdgasfeldern in den Vereinigten Staaten. [13]

Helium 3	
Symbol	He
Kategorie	Edelgase
Ordnungszahl	2 (Periodensystem)
Schmelzpunkt	0,95 K (- 271,4 °C)
Siedepunkt	4,216 K (- 268,9 °C)
Relative Atommasse	4,002602
Dichte	0,17 $*10^{-3}$ g cm^{-3}
Molmasse	4,00 g mol^{-1}

13 http://www-kryo.desy.de/documents/softwareKRYK/HERA/helals.html

Technische Anwendungen des Heliums

Kryogenik

In der Kryogenik wird verflüssigtes Helium (die Isotope ^{4}He und ^{3}He) als Kühlmittel zum Erreichen tiefer Temperaturen (etwa 1 bis 4 K) eingesetzt.

Lecksucher

Bei Vakuumanlagen wird Helium als Lecksuchgas eingesetzt, da es eine sehr kleine Molekülgröße hat und eine sehr hohe Diffusionsrate und somit im Massenspektrometer eindeutig nachzuweisen ist.

Schweißgas

In der Schweißtechnik wird Helium in Reinform oder als Zumischung als Inertgas eingesetzt, um die Schweißstelle vor Sauerstoff zu schützen. Zudem lässt sich bei Einsatz von Helium die Einbrenntiefe und die Schweißgeschwindigkeit steigern, sowie die Bildung von Spritzern verringern.

Medizin

Interessant ist die Verwendung des Heliums zur Herstellung eines Gemisches aus 21 % Sauerstoff und 79 % Helium als Atemluft für Tiefseetaucher. Der Vorteil besteht darin, dass Helium im Blut weniger leicht löslich ist als Stickstoff und so bei der Druckentlastung die Taucherkrankheit, eine Luftembolie, ausbleibt. Asthmatiker können in Heliumluft besser atmen, da der zum Durchströmen der Lungen notwendige Druck nur halb so groß ist wie bei der normalen Luft.

Einsatzgebiete von Flüssig – Helium (LHe) als Kältemittel:

in der Erforschung

- von supraleitenden Energiespeichern
- der Magnetschwebebahn
- von supraleitenden Materialien und Sensoren
- des Weltraums und der Erdatmosphäre
- der Gravitation
- der Kernfusion
- von Materialeigenschaften bei Tiefsttemperaturen

in der Technik

- bei der Magnetabscheidung im Bergbau und Umweltschutz
- zur Kühlung von Sensoren
- zur Erzeugung von Hochvakuum

6.3. Die theoretischen Grundlagen des Ultrahochvakuums

6.3.1. Was ist Vakuum?

Ist der Druck in einem Gefäß niedriger als der Umgebungsdruck, so wird dieses als Vakuum bezeichnet. Ein Vakuum wird in einem abgeschlossenen Hohlraum, den Rezipienten, mittels einer Vakuumpumpe hergestellt. Je mehr des Gases abgepumpt wird, desto weniger Moleküle befinden sich im Gefäß und desto geringer ist der Druck innerhalb des Gefäßes. Es ist mit dem heutigen Stand der Technik nicht möglich einen vollständig materiefreien Raum herzustellen. Durchaus können technische Vakuums in verschiedenen Qualitäten hergestellt werden. Die Qualität des erzielten Vakuums wird nach der Menge der verbleibenden Moleküle unterscheiden.

	Druck	Teilchen-anzahl	Art der Gasströmung	Weiter besondere Eigenschaften
Einheit	P (mbar)	N (cm^{-3})		
Ultrahoch-vakuum	$< 10^{-7}$	$< 10^{-9}$	Molekular Strömung	Teilchen auf den Oberflächen überwiegen bei weitem gegenüber den Teilchen im Gasraum
Hochvakuum	$10^{-3} – 10^{-7}$	10^{-13} 10^{-9}	Molekular Strömung	Starke Abnahme der Volumenstoßrate
Feinvakuum	$1 – 10^{-3}$	$10^{-16} – 10^{-13}$	Knudsen Strömung	Stärkere Änderung der Wärmeleitfähigkeit des Gases
Grobvakuum	1013 – 1	$10^{23} – 10^{16}$	Strömungs-kontinuum	Konvektion druckabhängig

Tabelle 6.01: Vakuumübersicht

6.3.2. Die Einsatzgebiete der Vakuumtechnik

Die Einsatzgebiete der Vakuumtechnik sind umfangreich und bieten besonders für die Großindustrie interessante Aspekte.
Geschmolzene, gegossene oder gesinterte Metalle können in ihren physikalischen Eigenschaften durch Behandlung im Hochvakuum noch verbessert werden, da hierbei Gaseinschlüsse und Verunreinigungen entfernt werden.
Die Vakuumtechnologie ist besonders für die Forschung von hoher Bedeutung. Teilchenbeschleuniger sind auf sehr gute Vakuums angewiesen, um die Teilchen einen möglichst kollisionsarmen, gaspartikelfreien Umlauf zu ermöglichen. Bauteile für die Luft- und Raumfahrttechnik werden unter simulierten Weltraumbedingungen getestet. Hierfür werden große Versuchskammern mit großem Volumenvermögen benötigt.

6.3.3. Beispielhafter Aufbau eines Vakuumsystems

Ein Vakuumsystem setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen:

- der Hauptkammer
- den Vakuumpumpen
- der Infrastruktur (Ausstattungen, Rohrleitungen, elektrische Steuer-einrichtungen, Messapparaturen)

Um mit vakuumtechnischen Systemen arbeiten zu können, muss die Arbeitskammer mit ihrem Vakuummessgerät vakuumdicht mit dem Pumpstand verbunden sein. Sobald Hochvakuum- und Grobventile geschlossen sind und das Vordruckventil geöffnet ist, laufen die Diffusionspumpen und die mechanischen Pumpen an. Wenn die Diffusionspumpe in Betrieb ist, kann sie durch Schließen des Vordruckventils vom restlichen System abgetrennt werden. Anschließend wird die

Arbeitskammer abgepumpt, und zwar zunächst mit der mechanischen Drehschieber – Pumpe. Hierzu ist das Lufteinlassventil geschlossen und das Grobventil geöffnet. Der Druck in der Arbeitskammer sinkt dann auf ein zehntausendstel Bar. Die Kammer wird dann zur Diffusionspumpe hin geöffnet, wobei zuerst das Grobventil geschlossen und danach die Vordruck- und Hochvakuumventile geöffnet werden. Sodann ist die Kammer für Arbeiten bereit, die darin ausgeführt werden sollen. Die Arbeitskammer ist ein vakuumdicht abgeschlossener Behälter mit einer oder mehreren Möglichkeiten des Zugriffs auf den Innenraum.

Zum Innenraum der Kammer stehen von außen leckdichte Verbindungen zur Verfügung, z. B. elektrische Anschlüsse, die UHV – Durchführungen.[14]

14 Vgl.: Vakuumtechnik, Grundlagen und Anwendung PUPP/HARTMANN

6.3.4. Das Arbeitsprinzip der Vakuumpumpen

Unterscheidung der Pumpensorten in der Vakuumtechnik	
Drehschieberpumpe $p < 10^{-3}$ bar	Der Zylinder der Pumpe läuft exzentrisch in einem zylindrischen Hohlgehäuse. Am Läufer ist ein hin- und herschiebbares Schaufelblatt so angebracht und mit Federn vorgespannt, das es in ständigem Kontakt zur Laufbuchse steht und somit direkten Gasdurchtritt zwischen Einlass und Auspuff verhindert. Das gesamte Innere ist mit einem Dichtungsöl benetzt, das einen sehr geringen Dampfdruck hat.
Strahlpumpe $p = 10^{-4}$ bar	Die Strahlpumpe beruht auf dem Prinzip, dass ein Gas oder eine Flüssigkeit, die unter hohem Druck als gerichteter Strahl durch eine Düse gepresst wird, Gasmoleküle aufnimmt und abführt. Als Treibmittel kann z. B. Wasser oder Wasserdampf dienen. Sie besteht grundsätzlich als Treibdüse oder Mischdüse und Diffuser.
Diffusionspumpe $p = 10^{-9}$ bar	Die Diffusionspumpe benutzt den entgasten Dampf einer Flüssigkeit mit sehr geringem Dampfdruck. Dieses Treibmittel wird in dem Gasraum, der evakuiert werden soll, frisch verdampft und durchströmt ihn mit extrem hoher Geschwindigkeit, so dass Gasmoleküle in den Treibmittelstrahl eindiffundieren und mit-genommen werden. Das gasbeladene Treibmittel wird dann entgast und in einem Kreislauf zurückgeführt. Sie benötigt ein Vorvakuumdruck von ca. 0,1 bar.

6.3.5. Die Drehschieberpumpe

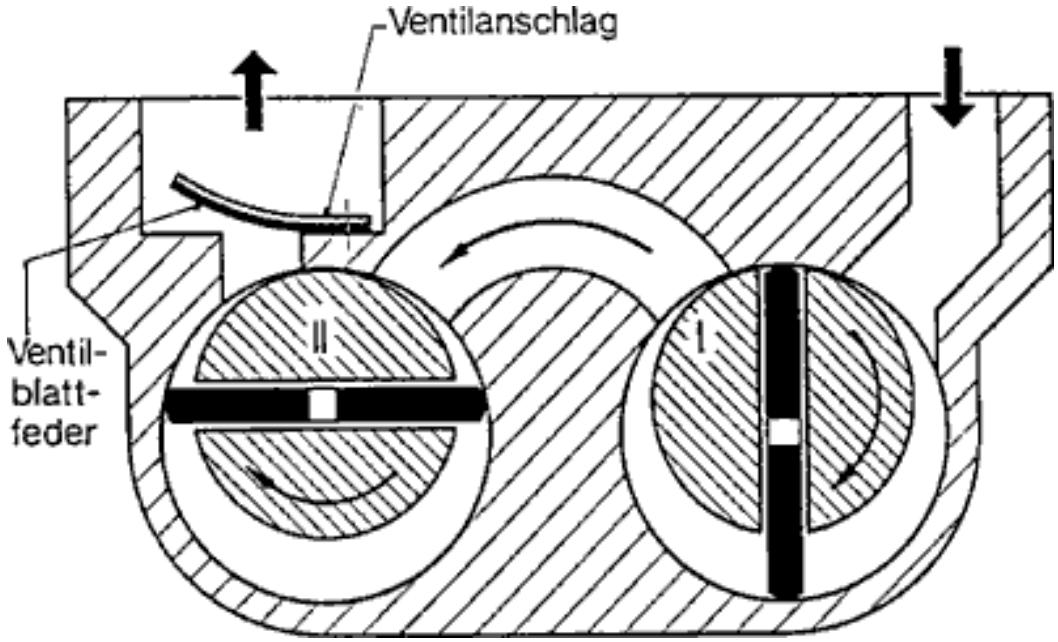


Abbildung 6.03: Die Drehschieberpumpe[15]

In einem exzentrisch gelagerten Rotor, der von einer Motorwelle angetrieben wird, sind zwei - in vielen Fällen auch drei oder mehr - Schieber angeordnet, die durch Federn oder durch die Zentrifugalkraft während der Rotation an die Gehäusewand gepreßt werden. Das abzusaugende Gas tritt durch den Ansaugstutzen in den sich bei der Rotation vergrößernden sichelförmigen Schöpfraum durch eine Stirnfläche ein.

Beim Drehen kommt das angesaugte Gas in den Verdichtungsraum, während im Schöpfraum neues Gas aus dem abzupumpenden Behälter angesaugt wird. Im Verdichtungsraum wird das Gas so weit verdichtet, bis sich bei etwa 1050 mbar das Auspuffventil öffnet und das Gas ausgestoßen wird. Drehschieberpumpen werden in ein- und zweistufiger Ausführung gebaut.[15]

15 Vgl.:http://avt-vakuumtechik.de/lexikon/erzeugung/drehschieber.htm

6.3.6. Die Turbomolekularpumpe

Abbildung 6.04: Die Turbomolekularpumpe

Turbomolekularpumpen sind für den Hochvakuumbereich geeignet und haben einen Arbeitsbereich von 10^{-1} mbar bis ca. 10^{-9} mbar. Das Prinzip der Turbomolekularpumpe besteht darin, Gasteilchen durch schnell bewegte, rotierende Oberflächen in die gewünschte Richtung zu bewegen. Wenn die Gasmoleküle mit der Oberfläche des Rotors zusammenstoßen, werden sie beschleunigt und zum Ansaugstutzen der Vorvakuumpumpe befördert.

Turbopumpen sind mehrstufig aufgebaut, wobei moderne Designs wie Axialkompressoren arbeiten. Die Umfanggeschwindigkeit des Rotors kommt an die thermische Geschwindigkeit der Moleküle heran (ca. 500 m/s).[16]

16 Vgl.:. http://www.fz-juelich.de

6.3.7. Die Vakuum Messapparaturen

Überblick über die Messapparaturen	
Quecksilbermanometer	Sie dienen der Druckmessung von Atmosphärendruck bis 10^{-3} bar. Spezielle Ausführungen, z.B. das McLeod – Vakuummeter haben einen Messbereich bis 10^{-4} bar.
Pirani – Messröhre	Die Pirani-Messröhre wird eingesetzt für Druckmessung von Atmosphären-druck bis 10^{-6} bar. Die Messung erfolgt in Verbindung mit einem Thermoelement. Da die Wärmeleitfähigkeit eines Gases mit der Anzahl der vorhandenen Gas-moleküle proportional ist. Diese Tatsache wird bei diesem Prinzip der Druckmessung ausgenutzt.
Kaltkathoden-Entladungsvakuummeter	Messbereich von10^{-4} bis 10^{-14} bar. Werden Gasmoleküle mit Elektronen beschossen entsteht ein elektrischer Entladungsstrom des ionisierten Gases, hierdurch ist es möglich Ultrahochvakuum nachzuweisen.
Massenspektrometer	Massenspektrometer zur Druck-messung von Atmosphärendruck bis 10^{-15} bar. Der Bereich des Ultrahochvakuums ist für die Messtechnik ein schwerer und komplexer Bereich.

6.4. Die Sensoren des Kryostaten V3

6.4.1. Der Aufbau und die Theorie des Platin-Sensor PT100

Der Pt100 – Sensor ist ein Temperatursensor und wird zur Temperaturmessung in Bereichen von 30 K bis 1100 K verwendet. Das Prinzip der Messung beruht auf der Widerstandsänderung von Platin bei Temperatureinflüssen. Der Temperaturkoeffizient der Sensoren ist einheitlich 3850 ppm/K (nach DIN).

Das heisst, der Innenwiderstand des Sensors ändert sich bei 1 Grad Temperaturänderung um 0,385%. Die Konstante a = 0,00385 K^{-1} , dieser Wert gilt nach DIN 43760. Die Bezeichnung ist zugleich die Charakterisierung des Widerstandes. Pt bedeutet Platin, 100 bedeutet, der Temperatursensor besitzt einen Nennwiderstand von 100 Ohm bei 0 °C. Es gibt weitere genormte Messfühler z.B. Pt100 (R= 100 Ohm), Pt200 (R= 200 Ohm), Pt500 (R= 500 Ohm). Die Widerstandsänderung ist in der DIN IEC 60751 festgehalten. Der Vorteil der Normung der Widerstandsänderung und des Nennwiderstands ist die leichte Austauschbarkeit der Temperaturfühler, ohne das anschließend eine Neukalibrierung notwendig ist.

Der Aufbau des Messfühlers in der Vakuumtechnik besteht aus einem langen Platindraht, welcher mehrfach wendelförmig gewickelt ist. Der Abgleich des Nennwiderstands bei 0 °C erfolgt über die Längenänderung des Platindrahts. Der gewendelte Draht wird von einem Keramikröhrchen geschützt. Der Platindraht muss dabei möglichst keine mechanischen Spannungen aufweisen, da diese das Messergebnis bei Temperaturdifferenzen verfälschen. Die Enden des gewendelten Platindrahts werden mit den aus dem Gehäuse ragenden Anschlussdrähten verschweißt.

Die Enden des Röhrchens werden hermetisch verschlossen, um den Platindraht vor chemischen Einflüssen zu schützen.

Die Auswertung des Sensor – Widerstands erfolgt üblicherweise, indem der Spannungsabfall an dem von einem konstanten Messstrom durchflossenen Sensor gemessen wird. Damit ist die Spannungsänderung dU proportional zur Widerstandsänderung dR.

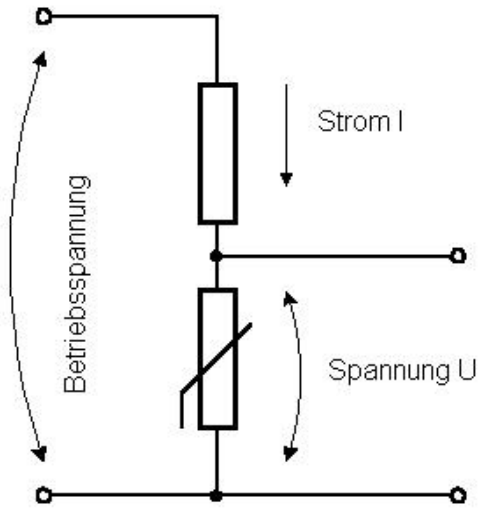


Abbildung 6.05: Spannungsteiler

Der Warmwiderstand R eines Platin – Temperatursensors mit dem Nennwiderstand R0 lässt sich bei gegebener Temperatur T berechnen.

Im Temperaturbereich zwischen 0 und 100 °C gilt näherungsweise die lineare Funktion der Temperatur T (in °C):

$$R = R0 * (1 + a * T)$$ [GL. 6.01]

$$a = 3{,}85 * \frac{10^{-3}}{°C}$$

Im Bereich über 100 °C oder bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit auch im Bereich zwischen 0 und 100 °C verwendet man ein Polynom 2. Grades:

$$R = R0 * (1 + a * T + b * T2)$$ [GL. 6.02]

$$a = 3{,}9083 * \frac{10^{-3}}{°C}$$

$$b = -5{,}775 * \frac{10^{-7}}{°C2}$$

Im Bereich unter 0 °C verwendet man ein Polynom 4. Grades:

$$R = R0 * (1 + a * T + b * T2 + c * (T - 100°C) * T3)$$ [GL. 6.03]

$$a = 3{,}9083 * \frac{10^{-3}}{°C}$$

$$b = -5{,}775 * \frac{10^{-7}}{°C2}$$

$$c = -4{,}183 * \frac{10^{-12}}{°C4}$$

Bedingt durch die Herstellungstoleranzen werden Platin-Temperatursensoren in Genauigkeitsklassen Klassen A und B eingeteilt. Diese beschreiben die Abhängigkeit des zulässigen Temperaturfehlers dT von der realen Temperatur T.

Fehlergrenzen der Klassen in °C:

Klasse A: dT = ± (0,15 °C + 0,002 • T)

Klasse B: dT = ± (0,30 °C + 0,005 • T) [17]

17 Vgl.: http://de.wikipedia.org/wiki/pt100

6.4.2. Der Aufbau und die Theorie des Füllstandssensors

Um die Höhe einer Flüssigkeit in einem Behälter zu ermitteln, werden Füllstandssensoren verwendet. Es wird unterschieden in kontinuierliche Füllstandssensoren zur Messung der Höhe und nach Füllstands-grenzschaltern, die das Erreichen einer bestimmten Höhe anzeigen. Abhängig von der Art des Mediums das gemessen werden soll und den Anforderungen gibt es verschiedene Varianten.

Hierfür werden meist die Eigenschaften der zur messenden Flüssigkeiten ausgenutzt.

Folgend werden die wichtigsten Verfahren aufgelistet:

- Druckmessung
- Temperaturmessung
- Kapazitive Messung

Für die Messungen im Kryostaten wird der kapazitive Sensor eingesetzt.

Die Funktionsweise der kapazitiven Messung wird im Folgenden beschrieben.

Hierzu wird die Änderung der elektrischen Kapazität zwischen zwei Elektroden gemessen, wenn diese von einem Medium umgeben werden. Diese Änderung hängt von der Dielektrizitätskonstante ε des Mediums ab. Ist diese konstant, so kann aus der gemessenen Kapazität darauf geschlossen werden, wie weit die Elektroden in das Medium eintauchen. Dadurch kann die Füllhöhe im Behälter bestimmt werden.

7. Die Kälteanlage beim DESY

7.1. Das Abkühlprinzip

Für großtechnische industrielle Anlagen erfolgt die Gasverflüssigung nach dem Linde – Verfahren. Kühlschränke und Klimaanlagen funktionieren ebenfalls nach dem Prinzip. Die Temperaturabsenkung erfolgt über das Gasverflüssigungs-verfahren.

In mehreren Schritten wird das Gas dabei zuerst komprimiert und danach an einem Drosselventil wieder adiabatisch expandiert. Dies hat eine Temperaturabsenkung zur folge. Das Verfahren nutzt den Joule – Thomson – Effekt, bei dem sich reale Gase beim Entspannen abkühlen. Wird also das kalte Helium mit 80 K und einem Druck von 12 bar auf 1,5 bar entspannt (adiabate Expansion), kühlt sich das Helium auf 4 K ab und verflüssigt. Grundsätzlich ist zu sagen, dass sich Gase beim Verdichten erwärmen und sich beim Entspannen abkühlen.

Diesen Effekt kann man bei jeder Spraydose oder auch bei großen Gasflaschen beobachten. Läßt man ein Gas längere Zeit entweichen, werden die Behältnisse und entweichende Gase kalt.

7.2. Der Aufbau der Kälteanlage beim DESY

Mit der Kälteanlage beim DESY ist es möglich Tieftemperaturen nahe des absoluten Nullpunkt bei Normaldruck zu erreichen, dies geschieht mit der Methode der Gasverflüssigung. Die Anlage von der Firma Linde AG wurde im Jahre 1975 konzipiert und gebaut.

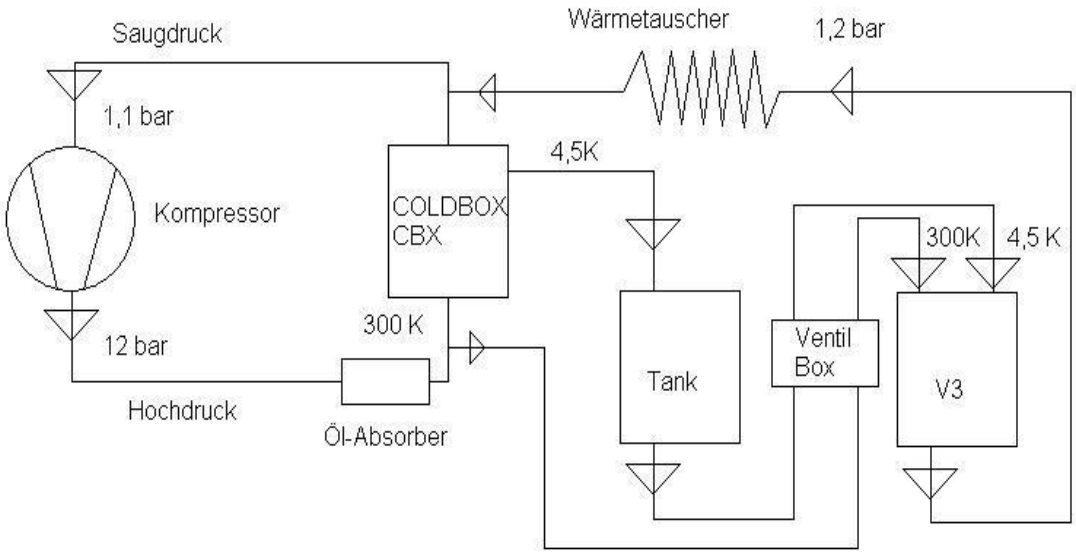


Abbildung 7.01 Die schematische Darstellung der wichtigsten Komponenten der Kälteanlage beim DESY.

Bei der Anlage handelt es sich um ein geschlossenes System, das heisst, das Helium entweicht weitestgehend nicht in die Atmosphäre, sondern durchläuft einen Kreislauf. Heliumverluste entstehen z.B. durch Ein – Ausbauarbeiten am Kryostaten.

Beginnend am Prüfkryostaten der in der Abbildung 7.01 schematisch als V3 bezeichnet wird, wird der Kreislauf erklärt.

Der Kryostat V3, eine Eigenentwicklung vom DESY aus dem Jahre 1975, besitzt zwei Zuleitungen und eine Ableitung für das Kältemittel Helium. Der Versuchsablauf und der Betrieb des Kryostaten werden im Kapitel 10 beschrieben.

Bei der Öffnung des Auslassventils der Ableitung am V3 strömt das kalte Helium mit steigenden Temperaturen hinaus. Beginnend bei etwa 5 K steigend auf Umgebungstemperatur (273 K). Dieser Vorgang wird als Aufwärmphase bezeichnet.

Das gasförmige Helium aus dem V3 gelangt über Rohrleitungen durch den Wärmetauscher, wo es sich langsam mit der Umgebungstemperatur erwärmt, in den Kreislauf. Der Wärmetauscher ist ein spiralförmig aufgewickeltes Blech, auch

Spiralwärmeüberträger genannt. Die dadurch gewonnene große Oberfläche kann das „kalte“ Medium schneller als bei „normalen“ Rohrleitungen aufwärmen. Über einen Saugdruck, der geringer ist als der Druck des kalten Mediums, wird dieses angesaugt und gelangt in einen Kompressor der dieses auf einen Druck von etwa 12 bar verdichtet.

Das Helium hat hiernach eine Temperatur von ca. 300 K und einen Hochdruck von 12 bar. Je nach Gebrauch kann das Helium entweder als wärmendes Helium verwendet werden, oder über die Cold Box (Tank für Kaltes Helium) wieder verflüssigt und auf 4 K als kühlendes Medium verwendet werden.

Vorher jedoch durchläuft das Gas einen Öl – Absorber der das Gas von eventuellen Verschmutzungen, wie Ölrückständen befreit.

Das Gas das über ein Ventil in die Cold Box gelangt, hat eine Temperatur von 300 K und einen Druck von 12 bar. Über einen Stickstoffvorkühler wird das Helium bereits auf 80 K heruntergekühlt. Die Verwendung von flüssigem Stickstoff eignet sich für die Vorkühlung besonders gut, da es ein relativ günstiges „kaltes Medium“ ist. Das auf 80 K abgekühlte Helium gelangt an einen weiteren Knotenpunkt. Hier wird entweder das 80 K kalte Helium abgezweigt für die Vorkühlung, das sog. Stickstoffschild am Kryostaten, das als Art Isolation dient, oder über das „Joule – Thomson“ Ventil abgenommen. Das Ventil ist für die absolute Abkühlung des Heliums auf 4 K verantwortlich (flüssig).

Um das Gas soweit abzukühlen das es 4 K erreicht und verflüssigt ist, muss dieser Prozess einige Male wiederholt werden.

Danach gelangt das „kalte“ Helium in den Vorratsbehälter, von dort kann es an die unterschiedlichen Testapparaturen geleitet werden. In der Ventilbox befinden sich die Ventile, die zur Befüllung des V3 mit „kaltem“ oder „warmem“ Helium dienen.

7.3. Der Kryostat bei der Gruppe MKS

Im Folgenden wird der für die Testprozedur verwendete Bad – Kryostat kurz beschrieben. Zu erkennen in der Abbildung 7.02, Seite 100 ist die grobe Skizze des Prüfgefäßes mit den wichtigsten Maßen, den Rohrleitungen und dem Probeninnenraum. Diese Skizze ist Baugrundlage für den entstandenen Kryostaten in Abbildung 7.03, Seite 102.

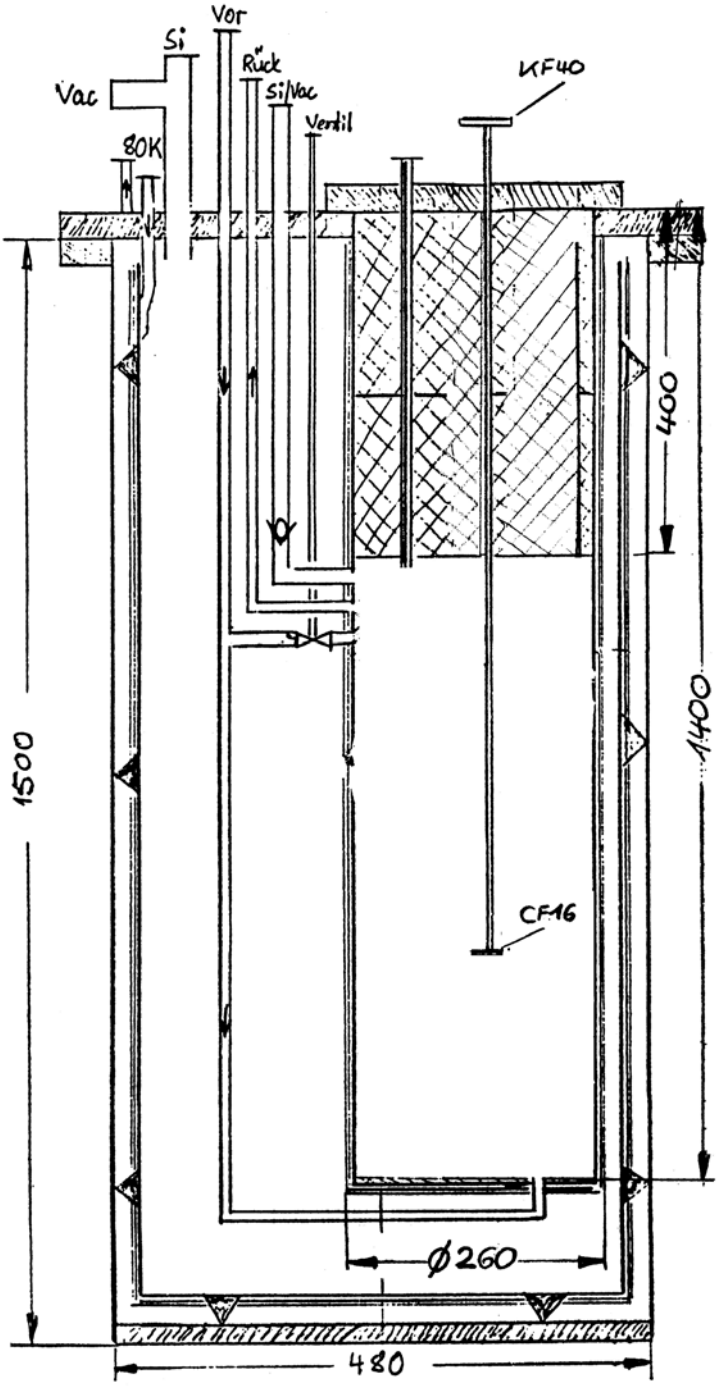


Abbildung 7.02: Die Skizze des Kryostaten

Es handelt sich beim verwendeten Kryostaten um einen sehr kleinen Kryostaten, der für kleinere Prüflinge verwendet wird. Anmontiert wird der Insert – Adapter am CF16 Flansch der im Inneren zu sehen ist. Die Einbaugröße der Prüflinge ist, wie auf der Skizze zu erkennen, auf einen maximalen Durchmesser und eine bestimmte Einbauhöhe beschränkt. Der Durchmesser sollte nicht größer als 250 mm sein und die Einbautiefe nicht größer als 400 mm.
Der Vorteil der geringen Baugröße und des kleinen Volumens des Kryostaten ist die relativ geringe gebrauchte Menge an flüssigem Helium zum Auffüllen der Anlage. Die Kalt – Warm – Zyklen können dadurch schnell durchgeführt werden, da der Kryostat schnell befüllt werden kann.

Das Füllvolumen errechnet sich aus der Volumengleichung für Zylinder:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \qquad \text{[GL. 7.01]}$$

mit: d = 260 mm
h = 1000 mm

Daraus ergibt sich ein Füllvolumen von

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (26cm)^2 \cdot 100cm = 53092cm^3 \qquad \text{[GL. 7.01]}$$

Das Volumen beträgt 53092 cm^3, das entspricht etwa 53 Liter Helium für die komplette Füllung des Innenraums.

Anhand der Skizze sind die Rohrleitungen zu erkennen. Von links nach rechts gehend, erkennt man zunächst die Leitung für das Stickstoffschild, mit einer Temperatur von 80 K. Dieses schützt das innere Vakuum, das Isoliervakuum, vor der Atmosphärentemperatur. Die nächste Rohrleitung ist angeschlossen an einer Drehschieberpumpe, die allzeit ein Isoliervakuum zwischen Innenraum und

Stickstoffschild herstellt. Die nächsten Leitungen sind die Zu- und Ableitungen, die für die Befüllung und Leerung mit Helium verwendet werden. Weiteres in Kapitel 10, in der die Prüfprozedur eingehen beschrieben wird.

Der in Abbildung 7.03 ist der für die Prüfprozedur verwendete Kryostat.

Abbildung 7.03: Der Kryostat bei MKS

8. Die Dichtigkeitsprüfung auf Ultrahochvakuumtauglichkeit

8.1. Die Einleitung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Dichtigkeitsprüfung und mit den verschiedenen Lecksuch – Methoden. Des weitern wird die Leckrate beschrieben und anhand eines Beispieles vorgestellt.

Hohe Anforderungen an Dichtheit werden an vielen Anlagen und Produkten in Industrie und Forschung gestellt. Neben der Automobilindustrie und der Kälteindustrie, aber auch anderer Industriebereiche ist es häufig notwendig in Baugruppen und Prozessen eine hohe Dichtheit zu erreichen. Der Arbeitsdruck liegt dabei oberhalb des Umgebungsdrucks.

Bei der Montage von Vakuumanlagen und Baugruppen können infolge von Materialfehlern oder schlechter Verarbeitung so genannte Leckagen auftreten. Diese unerwünschten Verbindungen zwischen dem Vakuumraum und der umgebenen Atmosphäre sind möglichst zu vermeiden. Je nach Größe des Lecks kann man entscheiden, ob die Komponenten oder die Anlagen trotzdem noch verwendbar sind, oder die Leckagen beseitigt werden müssen.

In der Folgenden Abbildung 8.01, Seite 104 ist schematisch ein Rezipient dargestellt, der durch eine Vakuumpumpe evakuiert wird. Zu sehen ist ein Versuchsgefäß an dem zur Messung des Vakuum (rechts) eine Vakuum – Messzelle „p_{end}“ installiert ist und (unten) eine Vakuumpumpe „S_{eff}“ zum Evakuieren des Versuchsgefäßes. Q_L gibt die Leckrate an.

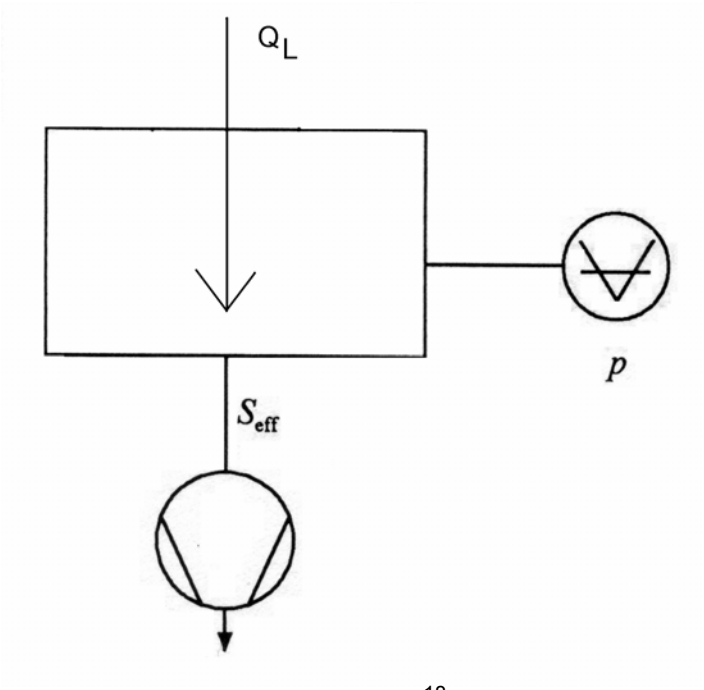


Abbildung 8.01 : Rezipient[18]

8.2. Die Beschreibung der Lecksuche

Für den Einsatz der UHV – Durchführungen in den Beschleunigern beim DESY werden sehr hohe Anforderungen an ihre Dichtheit gestellt. Die UHV – Durchführungen dienen, wie im vierten Kapitel genau beschrieben, als Strahllagemonitor, die die Lage des Strahles im Strahlrohr genau ermitteln.

Im Strahlrohr des Beschleunigers wird, bei einem Druck von $p < 10^{-7}$ mbar, ein Ultrahochvakuum erzeugt. Die Temperaturen differieren zwischen 4 K und Raumtemperatur von 290 K.

Die Durchführungen werden außerhalb des Monitors mittels Flanschverbindung oder durch Schweißverbindung gefügt. Mögliche Leckstellen können bereits bei der Montage der UHV – Durchführungen auftreten.

Beim Schweißen entstehen sehr hohe Temperaturen, die beim Einbringen in die UHV – Durchführung das Gefüge und die Verbindungen der einzelnen Materialien beschädigen können. Besonders die Isolatoren im Inneren der Durchführungen und die Lötverbindungen können davon beschädigt werden und ihre Funktion und Dichtigkeit verlieren.

18 Vgl.: Vakuumphysik, Grundlagen, CHRISTIAN EDELMANN, S. 338ff

Bei der Flanschverbindung werden Dichtungen verwendet, die unter einem entsprechenden Schraubenanziehmoment eine Vakuumverbindung garantieren sollen.

Bei falschem Anziehmoment entsteht bei der Verbindung zwischen Dichtung, UHV – Durchführung und Positionsmonitor keine dichtende Verbindung, welches den Verlust des Vakuums zur Folge hat.

Die Fehler werden als systematische Montagefehler bezeichnet und sind als mögliche Fehlerquellen auszuschließen.

Während des Betriebes des Beschleunigers kommt es zu großen Temperaturdifferenzen von mehr als 270 K. Diese Temperaturdifferenzen haben hohe Wärmespannungen zwischen den unterschiedlichen Materialien und vor allem im Bereich der Fügestellen zur Folge.

Die unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten der Materialien und damit die auftretenden Spannungen innerhalb des Bauteils werden im Folgenden in einem Beispiel berechnet.

Das Material der UHV – Durchführungen der Firma PMB teilt sich in fünf unterschiedliche Materialien auf (siehe Kapitel 4), wobei für die Berechnung nur vier benötigt werden, um die Spannungen im Bereich der Übergangsstellen der unterschiedlichen Materialien zu ermitteln.

Die unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten sind der Tabelle Seite 66 entnommen. Alle Angaben zu den Ausdehnungskoeffizienten gelten bei t = 20 °C. Aus den vorhandenen Schnittbildern der UHV – Durchführungen werden die Abmaße entnommen und es kann somit das Volumen bei Umgebungsbedingungen berechnet werden.

Zur Volumenberechnung bei unterschiedlichen Temperaturen wird der Wert des Längenausdehnungskoeffizienten zur Hilfe genommen. Dieser gibt die Längenänderung an, die sich das Material pro K verändert.

Die Volumenänderung der unterschiedlichen Materialien wird mit den entsprechenden Koeffizienten bei den entsprechenden Tieftemperaturen von < 4 K errechnet.

Folgende Formeln und Angaben sind für die Berechnungen notwendig.

Berechnungsbeispiel für eine Durchführung des Typs „C“

Für die Berechnung wurde die UHV – Durchführung des Typs „C“ gewählt, dies ist nur eine beispielhafte Rechnung und wäre auch mit jedem der anderen drei Typen möglich.

Werkstoff	Einsatz	E-Modul [N/mm^2]	Dichte [g/cm^3]	Zugfestigkeit R_m [N/mm^2]	Streckgrenze R_e [N/mm^2]	LAK [10^{-6}/K]
316L SST	Gehäuse	192000	8,0	500-700	195	16
CuSn12	Kupferlot	95000	8,8	400	180	18
Molybdän	Innenleiter	330000	10,2	600	500	5,2
Al_2O_3	Isolator	380000	4,0	350	230	8,0
316L (vergolded)	Antenne	192000	8,0	500-700	195	16

Für dieFolgende Rechnung wird mit einem Temperaturunterschied von 4 K und 293 K gerechnet. Das entspricht einer Aufwärmung auf 20 °C. Diese Temperatur-differenzen müssen die UHV – Durchführungen ohne Leckagen überstehen.

Temperaturen:

t_1 = 293 K Umgebungstemperatur

t_2 = 4 K Tieftemperatur

Formeln:

$V_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$	Zylinder bei t = 20 °C = t_1	[GL. 8.01]
$V_1 = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 - d^2)$	Hohlzylinder bei t = 20 °C = t_1	[GL. 8.02]
$\gamma \approx 3 \cdot \alpha$	für feste Stoffe	[GL. 8.03]
$V_2 \approx V_1 \cdot [1 + 3 \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_1)]$	Volumen bei t = t_2	[GL. 8.04]
$\Delta V = V_2 - V_1 \approx V_1 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_1)$	Volumenänderung bei t = t_2	[GL. 8.05]

mit:

γ	Volumenausdehnungskoeffizient
Δt	Temperaturänderung
ΔV	Volumenänderung
V_1	Zustand 1 bei T = 293 K
V_2	Zustand 2 bei T = 4 K
α	Längenausdehnungskoeffizient

Abmaße der UHV – Durchführung aus dem Schliffbild entnommen:

Isolator:

$d_{\text{Innen, Isolator}}$ = 0,6 mm

$d_{\text{Außen, Isolator}}$ = 3,5 mm

h_{Isolator} = 2,2 mm

Innenleiter:

$d_{\text{Innenleiter}}$ = 0,6 mm

$h_{\text{Innenleiter}}$ = 2,7 mm

Gehäuse:

$d_{\text{Gehäuse, Außen}}$ = 5,2 mm

$d_{\text{Gehäuse, Innen}}$ = 3,5 mm

$h_{\text{Gehäuse}}$ = 2,2 mm

Lot Innenring:

$d_{\text{Innen, Lot, Innen}}$ = 0,6 mm

$d_{\text{Innen, Lot, Außen}}$ = 1,6 mm

$h_{\text{Lot, Innen}}$ = 1,0 mm

Lot Außenring:

$d_{\text{Außen, Lot, Innen}}$ = 2,5 mm

$d_{\text{Außen, Lot, Außen}}$ = 3,5 mm

$h_{\text{Lot, Innen}}$ …=1,0 mm

Berechnung der Volumina im Zustand 1, Zustand 2 und die Volumenänderung

Isolator: (Hohlzylinder)

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 2{,}2mm}{4} \cdot (3{,}5^2 - 0{,}6^2)mm^2 = 20{,}54mm^3$$

$$\gamma \approx 3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} = 2{,}4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$$

$$V_2 \approx 20{,}54mm^3 \cdot [1 + 3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot (4K - 293K)] = 20{,}39mm^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 20{,}39mm^3 - 20{,}54mm^3 = -0{,}15mm^3$$

Volumenänderung in %

20,54mm^3	=	100%
20,39mm^3	=	99,27%
ΔV	=	0,73%

Innenleiter: (Zylinder)

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0{,}6^2\, mm^2}{4} \cdot 2{,}7mm = 0{,}763mm^3$$

$$\gamma \approx 3 \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-6}\, \frac{1}{K} = 1{,}56 \cdot 10^{-6}\, \frac{1}{K}$$

$$V_2 \approx 0{,}76mm^3 \cdot [1 + 3 \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-6}\, \frac{1}{K} \cdot (4K - 293K)] = 0{,}756mm^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 0{,}756mm^3 - 0{,}763mm^3 = -0{,}007mm^3$$

Volumenänderung in %

0,763mm^3	=	100%
0,756mm^3	=	99,08%
ΔV	=	0,92%

Gehäuse: (Hohlzylinder)

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 2{,}2mm}{4} \cdot (5{,}2^2 - 3{,}5^2)mm^2 = 25{,}56mm^3$$

$$\gamma \approx 3 \cdot 16 \cdot 10^{-6}\, \frac{1}{K} = 4{,}8 \cdot 10^{-5}\, \frac{1}{K}$$

$$V_2 \approx 25{,}56mm^3 \cdot [1 + 3 \cdot 16 \cdot 10^{-6}\, \frac{1}{K} \cdot (4K - 293K)] = 25{,}21mm^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 25{,}21mm^3 - 25{,}56mm^3 = -0{,}35mm^3$$

Volumenänderung in %

25,56mm^3	=	100%
25,21mm^3	=	98,63%
ΔV	=	1,37%

Lot Innenring: (Innenring)

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 1mm}{4} \cdot (1{,}6^2 - 0{,}6^2)mm^2 = 1{,}73mm^3$$

$$\gamma \approx 3 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} = 5{,}4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$$

$$V_2 \approx 1{,}73mm^3 \cdot [1 + 3 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot (4K - 293K)] = 1{,}70mm^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 1{,}7mm^3 - 1{,}73mm^3 = -0{,}03mm^3$$

Volumenänderung in %

1,73mm^3	=	100%
1,70mm^3	=	98,26%
ΔV	=	1,74%

Lot Außenring:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 1mm}{4} \cdot (3{,}5^2 - 2{,}5^2)mm^2 = 4{,}71mm^3$$

$$\gamma \approx 3 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} = 5{,}4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$$

$$V_2 \approx 4{,}71mm^3 \cdot [1 + 3 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot (4K - 293K)] = 4{,}63mm^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 4{,}63mm^3 - 4{,}71mm^3 = -0{,}08mm^3$$

Volumenänderung in %

4,71mm^3	=	100%
4,63mm^3	=	98,3%
ΔV	=	1,7%

Nach der Berechnung der Volumina in unterschiedlichen Temperaturbereichen werden im Folgenden die entsprechenden Wärmespannungen mit nachstehender Gleichung errechnet.

Durch verhinderte Wärmedehnung entstehen Zug- oder Druckspannungen:

$$\sigma_{vorhanden} = E \cdot \varepsilon_{th} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \qquad \text{[GL. 8.06]}$$

Δt > 0	Zugspannungen	mit positiven Werten
Δt < 0	Druckspannungen	mit negativen Werten

mit	$E_{Gehäuse}$	= 192000 N/mm^2	Gehäuse:	Edelstahl
	$E_{Isolator}$	= 380000 N/mm^2	Keramik:	AL_2O_3
	$E_{Kupferlot}$	= 95000 N/mm^2	Kupferlot:	CuSn12
	$E_{Innenleiter}$	= 330000 N/mm^2	Innenleiter:	Molybdän

$$\sigma_{vorhanden} = 192000 \frac{N}{mm^2} \cdot 16 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot 293K = 827{,}9 \frac{N}{mm^2} \qquad \text{Gehäuse}$$

$$\sigma_{vorhanden} = 380000 \frac{N}{mm^2} \cdot 8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot 293K = 819 \frac{N}{mm^2} \qquad \text{Isolator}$$

$$\sigma_{vorhanden} = 95000 \frac{N}{mm^2} \cdot 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot 293K = 460 \frac{N}{mm^2} \qquad \text{Kupferlot}$$

$$\sigma_{vorhanden} = 330000 \frac{N}{mm^2} \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot 293K = 462 \frac{N}{mm^2} \qquad \text{Innenleiter}$$

Berechnen der zulässigen Werte:

$$\sigma_{zul} = \frac{R_m}{\nu} \qquad \nu = 1{,}0 \text{ zulässige Beanspruchung} \qquad \text{[GL. 8.07]}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{R_m}{\nu} = R_m$$

In Ordnung, wenn $\sigma_{vorhanden} \leq \sigma_{zul}$

Gehäuse: $828 \frac{N}{mm^2} \leq 600 \frac{N}{mm^2}$ nicht i.O.

Isolator: $819 \frac{N}{mm^2} \leq 390 \frac{N}{mm^2}$ nicht i.O.

Kupferlot: $460 \frac{N}{mm^2} \leq 400 \frac{N}{mm^2}$ nicht i.O.

Innenleiter: $462 \frac{N}{mm^2} \leq 600 \frac{N}{mm^2}$ i.O.

Die σ_{zul} Werte sind der Tabelle auf Seite 66 entnommen.

Anhand der Rechnung ist zuerkennen, das die vorhandenen Spannungen über den der zulässigen Spannungen liegen. Beim Innenleiter ist die zulässige Spannung σ_{zul} größer als die auftretenden Spannungen.

In dem Beispiel wird mit einem statischen Wärmeausdehnungskoeffizient gerechnet, der die Temperaturdifferenzen nicht berücksichtigt. Dadurch sind die Rechnungen und ihre Ergebnisse nur als Überschlagsrechnung zuwerten.

8.3. Die verschiedenen Leckarten

Im Weiteren werden die Undichtigkeiten nach Art der auftretenden Material- oder Fügefehler unterschieden:

- Lecks in lösbaren Verbindungen: Flansche, Deckel
- Lecks in nicht lösbaren Verbindungen: Löt-/Schweißnähte, Klebestellen
- Porenlecks: insbesondere nach mechanischer Verformung (Biegen)
- Kalt-/Warmlecks: (reversibel) öffnen sich bei extremer Temperaturbeanspruchung, vor allem an Lötstellen und Lunkern (Verunreinigungen)
- Scheinbare Lecks: Gasmengen werden (auch durch Verdampfung von Flüssigkeiten) aus innern Hohlräumen in Gussteilen, Sacklöchern und Spalten frei
- Indirekte Lecks: undichte Versorgungsleitungen in Vakuumanlagen oder Öfen (Wasser, Druckluft, Sole)[19]

19 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S.144ff

8.4. Die Leckrate

Eine absolut hermetisch verschlossene, vakuumdichte Anlage gibt es grundsätzlich nicht. Wichtig ist das die Leckrate so gering wie möglich und somit ohne Einfluss auf den Einsatz im Vakuum ist, das der benötigte Arbeitsdruck, der Gashaushalt und der Enddruck im Vakuumbehälter erhalten bleibt.

Zur quantitativen Erfassung von Undichtheiten wurde der Begriff der Leckrate Q_L [mbar·l/s] eingeführt. Errechnet wird die Leckrate über die folgende Gleichung:

$$Q_L = \frac{\Delta(p*V)}{\Delta t} = \frac{R*T}{M} * \frac{\Delta m}{\Delta t} \qquad \text{[GL. 8.08]}$$

mit R = 83,14 mbar · l/mol · K

T = Temperatur in K

M = molare Masse in g/mol

Δm = Masse in g

Δt = Zeitspanne in s

Zum Verständnis dieser Gleichung und der Leckrate Q_L nachstehend ein kleines Beispiel.

Beispiel:[20]

Eine mit dem Kältemittel R134a betriebene Kälteanlage weist bei 25° C einen Kältemittelverlust von 1 g pro Jahr auf. Wie groß ist der Leckgasstrom Q_L?

$$Q_L = \frac{\Delta(p*V)}{\Delta t} = \frac{R*T}{M} * \frac{\Delta m}{\Delta t} \qquad \text{[GL. 8.09]}$$

R = 83,14 mbar · l/mol · K

T = 298 K

M $_{(R134a)}$ = 102 g/mol

Δm = 1g

Δt = 1a = 365·24·60·60 = $3{,}15 \cdot 10^7$

$$Q_L = \frac{83{,}14 mbar \cdot l \cdot 298K \cdot 1g}{mol \cdot K \cdot 102{,}03g \cdot mol^{-1} \cdot 1a}$$

$$Q_L = \frac{83{,}14 \cdot 298}{102{,}03 \cdot 1} \cdot \frac{mbar \cdot l}{3{,}15 \cdot 10^7 s} = 77 \cdot 10^{-7} \frac{mbar \cdot l}{s}$$

Als quantitative Faustregel für Hochvakuumapparaturen gelten folgende Angaben:

$Q_L < 10^{-6} \frac{mbar \cdot l}{s}$ => Apparatur sehr dicht

$Q_L < 10^{-5} \frac{mbar \cdot l}{s}$ => Apparatur hinreichend dicht

$Q_L < 10^{-4} \frac{mbar \cdot l}{s}$ => Apparatur undicht

20 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 144

Anhand der Faustregeln ist die Apparatur im Beispiel als sehr dicht zu betrachten.

Bis zu einem bestimmten Q_L ist es auch möglich durch größere Vakuumpumpen eine hinreichend dichte Leckrate mit Q_L < 10^{-5} $\frac{mbar \cdot l}{s}$ auszugleichen und den geforderten Enddruck zu erreichen. Bei den Überlegungen sollten aber auch wirtschaftliche und konstruktive Gedanken nicht ausbleiben. Die Kosten einer leistungsstärkeren Pumpe steigen, aber auch der Platzbedarf größerer Pumpen sind wichtige Bedingungen für die Entwicklung einer Anlage. Diese Faktoren spielen für den Konstrukteur und den Betreiber eine wichtige wirtschaftliche Rolle die abzuwägen ist.

Der Enddruck ergibt sich aus folgender Gleichung: $p_{end} = \frac{Q_L}{S_{eff}}$ [GL. 8.10]

mit

Q_L Leckrate

S_{eff} wirksames Saugvermögen am Rezipienten

Die Leckrate Q_L errechnet sich aus der Gleichung [Gl. 5.1]. Je nach Größe der Leckrate kann man etwa Abschätzen wie groß das Leck ist (siehe Tabelle 8.03). Für eine Leckrate von 10^{-6} $\frac{mbar \cdot l}{s}$ was für eine dichte Apparatur bezeichnet wird, ergibt sich nach der Tabelle ein Leck vom Durchmesser ca. 10^{-7} m = 0,1 µm.

Das effektive Saugvermögen S_{eff} ist abhängig von der Leistung der Vakuumpumpe und ermöglicht wie im nächsten Beispiel gezeigt, dass eine hinreichend dichte Apparatur durch entsprechend stärkerer Pumpe ausgeglichen werden kann.

20 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 144

Das zum Evakuieren eines Behälters oder zum Durchführen eines Prozesses in einer Vakuumanlage erforderliche effektive Saugvermögen S_{eff} stimmt nur dann mit dem katalogmäßig angegebenen Saugvermögen der verwendeten Pumpe überein, wenn die Pumpe direkt mit dem Behälter oder der Anlage verbunden ist. Praktisch ist das nur selten möglich, da fast immer ein Rohrleitungssystem erforderlich ist, das Ventile, Rohre usw. enthält. Diese stellt einen Strömungswiderstand dar, der zur Folge hat, dass das effektive Saugvermögen S_{eff} stets kleiner ist als das Saugvermögen S der Pumpe. Um ein bestimmtes Saugvermögen zu gewährleisten, muss man das Saugvermögen der Pumpe entsprechend höher wählen. Der Zusammenhang zwischen S und S_{eff} ist durch folgende vakuumtechnische Grundgleichung gegeben:

$$\frac{1}{S_{eff}} = \frac{1}{S} + \frac{1}{L} \qquad \text{[Gl. 8.11]}$$

Das L setzt sich aus den Einzelwerten der verschiedenen Bauteile des Rohrsystems zusammen und wird als Strömungsleitwert bezeichnet.

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots \frac{1}{L_n} \qquad \text{[Gl. 8.12]}$$

Die Leitwerte einzelner Elemente hängen ab vom Druckunterschied, vom Leitungsquerschnitt, von der Länge und von der Bauart. Der Leitwert einer geraden, nicht zu kurzen Rohrleitung der Länge *l* mit Kreisquerschnitt vom Durchmesser *d* berechnet sich mit der Formel[17]

$$L = 135 \cdot \frac{d^4}{l} \cdot p_{dach} + 12{,}1 \cdot \frac{d^3}{l} \cdot \frac{1 + 192 \cdot d \cdot p_{dach}}{1 + 237 \cdot d \cdot p_{dach}} \qquad \text{[Gl. 8.13]}$$

20 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 144

mit $$p_{dach} = \frac{p1 + p2}{2}$$ [Gl. 8.14]

wobei

d = Rohrdurchmesser in cm

l = Rohrlänge in cm

p_1 = Druck am Rohranfang in mbar

p_2 = Druck am Rohrende in mbar

Für den Grenzfall der molekularen Strömung, also für Fein- und Hochvakuum, vereinfacht sich die Gleichung zu

$$L = 12{,}1 \cdot \frac{d^3 \cdot l}{l \cdot s}$$ [GL. 8.15]

Beispiel[21]:

Der Behälter wird mit einer Turbo – Molekularpumpe TURBOVAC 50 evakuiert (S= 50 l/s), die über ein Absperrventil an den Behälter angesetzt ist, so hat man mit einem effektiven Saugvermögen am Behälter von etwa S_{eff} = 30 l/s zu rechnen. Der Enddruck ergibt sich dann folgendermaßen:

mit $Q_L = 10^{-5} \frac{mbar \cdot l}{s}$ => Apparatur hinreichend dicht

$Q_L = 10^{-4} \frac{mbar \cdot l}{s}$ => Apparatur undicht

$$p_{end} = \frac{Q_L}{S_{eff}} = \frac{10^{-5} mbar \cdot l \cdot s^{-1}}{30 l \cdot s^{-1}} = 3{,}33 \cdot 10^{-7} mbar$$

Der Enddruck ergibt sich zu $3{,}33 \cdot 10^{-7} mbar$, womit man sich trotz Leck in dem Ultrahochvakuum – Bereich befinden. Die Bedingungen sind somit erfüllt. Aber auch bei undichten Apparaturen erhalt man mit der gegebenen Vakuumpumpe noch ein im Ultrahochvakuum liegenden Bereich, siehe nächste Rechnung.[17]

$$p_{end} = \frac{Q_L}{S_{eff}} = \frac{10^{-4} mbar \cdot l \cdot s^{-1}}{30 l \cdot s^{-1}} = 3{,}33 \cdot 10^{-6} mbar$$

21 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath

8.5. Tabellen

Abschätzung von Lecks und Lochgröße

Abschätzung von Lecks <——> Lochgrößen

$\Delta p = 1013$ mbar, Lochdurchmesser d = 1 cm

Gasgeschwindigkeit = Schallgeschwindigkeit = $330 \frac{m}{s}$

Volumen/Sekunde: $330 \frac{m}{s} \cdot \frac{1^2 \cdot \pi}{4} \cdot cm^2 = 25{,}95 \cdot 10^{+3} \frac{cm^3}{s} = 25{,}95 \frac{\ell}{s}$

Menge/Sekunde: $1013 \text{ mbar} \cdot 25{,}95 \frac{\ell}{s} = 2{,}63 \cdot 10^{+4} \approx 10^{+4} \frac{\text{mbar} \cdot \ell}{s}$

Durchmesser cm	Leckrate $\frac{\text{mbar} \cdot \ell}{s}$
10^{-2} m = 1,0 cm	10^{+4}
10^{-3} m = 1,0 mm	10^{+2}
10^{-4} m = 0,1 mm	10^{0} (=1)
10^{-5} m = 0,01 mm	10^{-2}
10^{-6} m = 1,0 µm	10^{-4}
10^{-7} m = 0,1 µm	10^{-6}
10^{-8} m = 0,01 µm	10^{-8}
10^{-9} m = 1,0 nm	10^{-10}
10^{-10} m = 1,0 Angström	10^{-12} (Nachweisgrenze He-Leckdetektor)

Abbildung 8.03: Der Zusammenhang zwischen Leckrate zu Lochgröße[22]

22 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 145ff

Begriff / Kriterium	Bemerkung	Q_L (mbar · ℓ/s)	relevante Teilchengröße
wasserdicht *)	tropfen	$Q_L < 10^{-2}$	
dampfdicht	„schwitzen“	$Q_L < 10^{-3}$	
bakteriendicht *) (Kokken) (Stäbchen)		$Q_L < 10^{-4}$	∅ ≈ 1 µm ∅ ≈ 0,5 - 1 µm, 2 - 10 µm lang
öldicht		$Q_L < 10^{-5}$	
virendicht *) (Vaccine z. B. Pocken) (kleinste Vieren, Bakteriophagen) (Viroide, RNA)		$Q_L < 10^{-6}$ $Q_L < 10^{-8}$ $Q_L < 10^{-10}$	∅ ≈ 3 m ∅ ≈ 0,3 m ∅ ≈ 0,01 µm (Fäden)
gasdicht		$Q_L < 10^{-7}$	
„absolut dicht“	technisch	$Q_L < 10^{-10}$	

*) Im Gegensatz zu Dampf muß bei Flüssigkeiten zwischen hydrophilen und hydrophoben Festkörpern unterschieden werden. Das gilt auch für Bakterien und Viren da sie hauptsächlich in Lösungen transportiert werden

Abbildung 8.04: Die Lackraten in Vakuumapparaturen[22]

Ein Ventil oder eine Rohrleitung ist wasserdicht bei einer Leckrate $Q_L < 10^{-2}$ $\frac{mbar \cdot l}{s}$, entspricht etwa einer Lochgröße im Durchmesser von 0,01 mm. Als „absolut dicht“ spricht man wenn die Leckrate $Q_L < 10^{-10}$ $\frac{mbar \cdot l}{s}$ ist, also 1 nm oder 10^{-9} m.

22 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 145ff

8.6. Die Lecksuchmethoden

Die UHV – Durchführungen, die als Probanden zur Verfügung stehen werden nach dem Fertigungsprozess, während des Testablaufs im Kryostaten und nach der Prüfung mit Hilfe des in Abbildung 8.05, Seite 123 zu sehenden Helium – Leck Detektor auf Dichtigkeit geprüft. Für die Messung der Leckrate der einzelnen Prüflinge wird das Verfahren der lokalen Messung genutzt.

Abbildung 8.05: Der Leckdetektor ASM 110 bei der Gruppe MKS

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Lecksuchmethode, ob ein Lecksuchgerät zum Einsatz kommt oder nicht. Eine Undichtheit kann qualitativ, bei manchen Prüfmethoden aber auch quantitativ ohne Zuhilfenahme eines Lecksuchgeräts festgestellt werden. So kann die Menge aus einem undichten Wasserhahn in einem Messgefäß zeitbezogen ermittelt werden, aber man würde dabei nicht von einem Lecksuchgerät sprechen.

Bei den Suchmethoden ohne Leckdetektor handelt es sich um die Blasen-Sprühprüfung, bei Methoden mit Leckdetektor um Schnüffeltechnik (lokale Dichtheitsprüfung) und Sprühtechnik (lokale Dichtheitsprüfung). Es gibt noch weitere Verfahren auf beiden Seiten, diese sind aber technisch eher uninteressant und werden nicht weiter erläutert.

8.6.1. Die Blasen – Sprühprüfung

Bei diesem Verfahren der Lecksuche werden Überdruck führende Behälter oder Gasleitungen (Beispiel sind Gasversorgungsleitungen für Vakuumanlagen) mit einer Seifenlösung bepinselt oder angesprüht. Es handelt sich um eine Suchmethode ohne Leckdetektor. Austretendes Gas bildet an den Leckstellen „Seifenblasen“. Das Erkennen kleiner Lecks ist hier sehr zeitaufwendig und ist abhängig von der Aufmerksamkeit des Prüfers. Für die Suche besonders kleiner Leckagen ist dieses Verfahren ungeeignet.

8.6.2. Die Schnüffeltechnik

Es handelt sich hier bei um eine Methode mit einem Leckdetektor für die lokale Dichtheitsprüfung.

Hierbei werden die leckverdächtigen Stellen des unter Vakuum stehenden Prüflings mittels eines Prüfgasschnüfflers, der über eine Leitung mit dem Lecksuchgerät verbunden ist, sorgsam abgetastet.

Die Empfindlichkeit der Methode und die Genauigkeit der Lokalisierung undichter Stellen hängen von der Art des verwendeten Schnüfflers, der Ansprechzeit des angeschlossenen Lecksuchgerätes und vor allem von der Geschwindigkeit mit der der Schnüffler am Testobjekt vorbei bewegt wird.

Mit dieser Methode kann die Leckstelle zwar geortet, jedoch nicht quantitativ erfasst werden. Es können theoretisch Leckraten bis zu 10^{-7} $\frac{mbar \cdot l}{s}$

nachgewiesen werden. In der Praxis zeigte sich jedoch, dass nur grobe Undichtheiten mit einer Leckrate von $10^{-4}\ \frac{mbar \cdot l}{s}$ (abhängig vom Typ des Schnüfflers) oder mehr zuverlässig nachgewiesen werden konnten.

Wird der Prüfling nur vom Leckdetektor selbst evakuiert, so spricht man von Hauptstrombetrieb. Ist der Prüfling selbst eine komplette Vakuum – Anlage mit eigenen Vakuumpumpen und der Leckdetektor wird parallel zu den Anlagenpumpen betrieben, so spricht man von Teilstrombetrieb. Von Teilstrombetrieb spricht man auch, wenn parallel zum Leckdetektor eine separate Hilfspumpe verwendet wird.

8.6.3. Die Sprühtechnik

Beim DESY stehen der Prüfung von Vakuumbauteilen Löt- und Schweißverbindungen Helium – Leck Detektoren zur Verfügung. Dieses Verfahren der Lecksuche bietet eine nachweisbare Leckrate von bis zu

$2 \cdot 10^{-10}\ \frac{mbar \cdot l}{s}$. Das Prüfgas ist Helium und ist für eine quantitative Messung im Vakuum- und Überdruckbereich gut geeignet. Grundsätzlich kann als Prüfgas jede Art von Gas verwendet werden, doch hat sich Helium als besonders praktikabel erwiesen.

Der mit dem Helium – Leckdetektor verbundenem Prüfling wird mit einem sehr feinen Heliumstrahl aus der Sprühpistole an leckverdächtigen Stellen wie Schweiß- und Lötnähten und Flanschverbindungen langsam abgetastet. Die Sprühmenge muss der nachzuweisenden Leckrate und der Größe und Zugänglichkeit des zu prüfenden Objektes angepasst sein. Bei Undichtigkeiten des Prüflings saugt sich das Helium durch die undichten Stellen in den Detektor und gelangt zum Massenspektrometer, der ermittelt wie groß der Heliumanteil ist. Daraus errechnet sich dann die Leckrate.

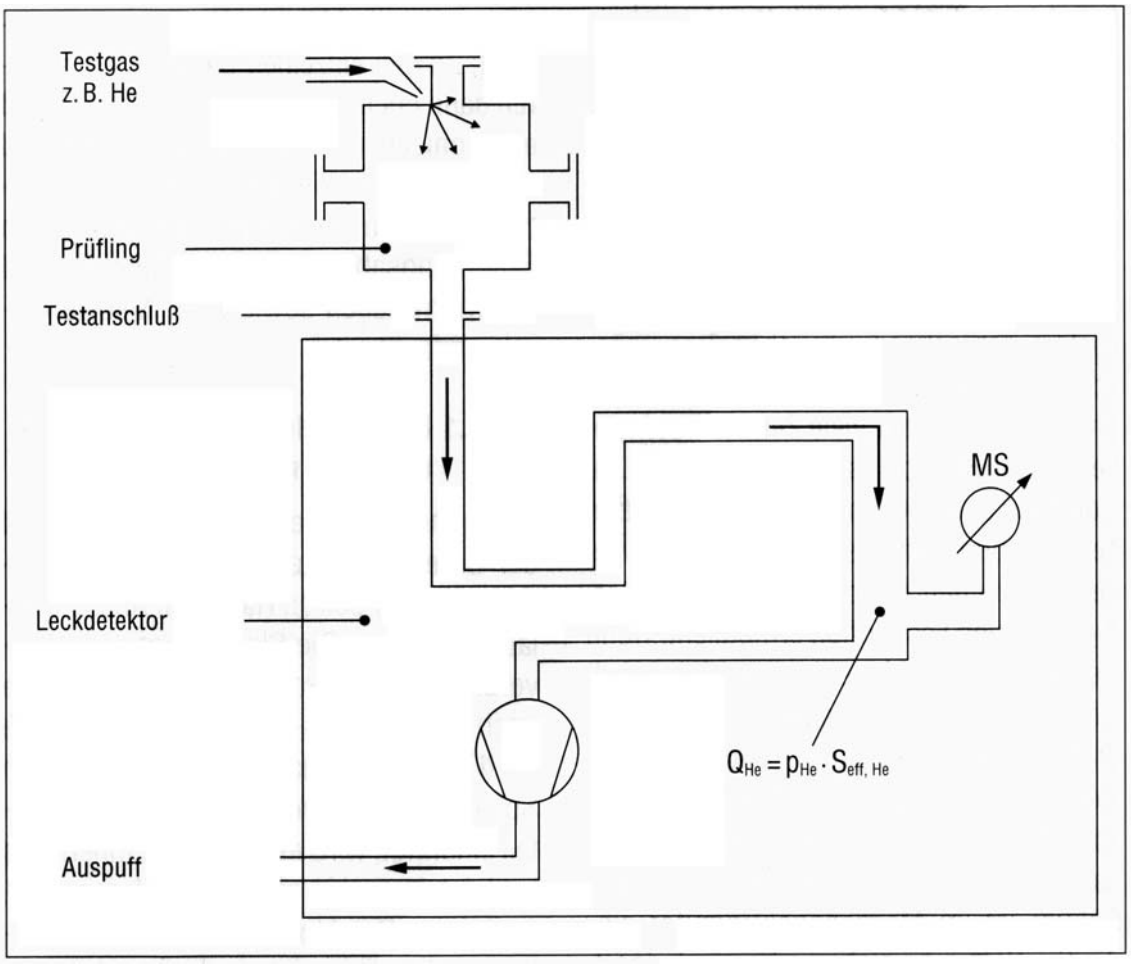


Abbildung 8.06 : Die schematische Darstellung eines Lecksuchers[22]

22 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 144ff

Für die eindeutige Definition eines Lecks sind die Angaben der Drücke auf beiden Seite der Wand und die Art des durchdringenden Mediums bzw. dessen molare Masse notwendig. Allgemein wird Unterschieden bei der Messung von Leckraten (siehe Abbildung 8.07, Seite 128) zwischen der Erfassung von

- Einzellecks (lokale Messung)
- Summe aller Lecks (integrale Messung)

Und außerdem ist zu unterscheiden zwischen der

- Vakuum – Methode (outside - in leak)

  (Druck im Prüfling < Umgebungsdruck)
- Überdruck – Methode (inside - out leak)

  (Druck im Prüfling > Umgebungsdruck)

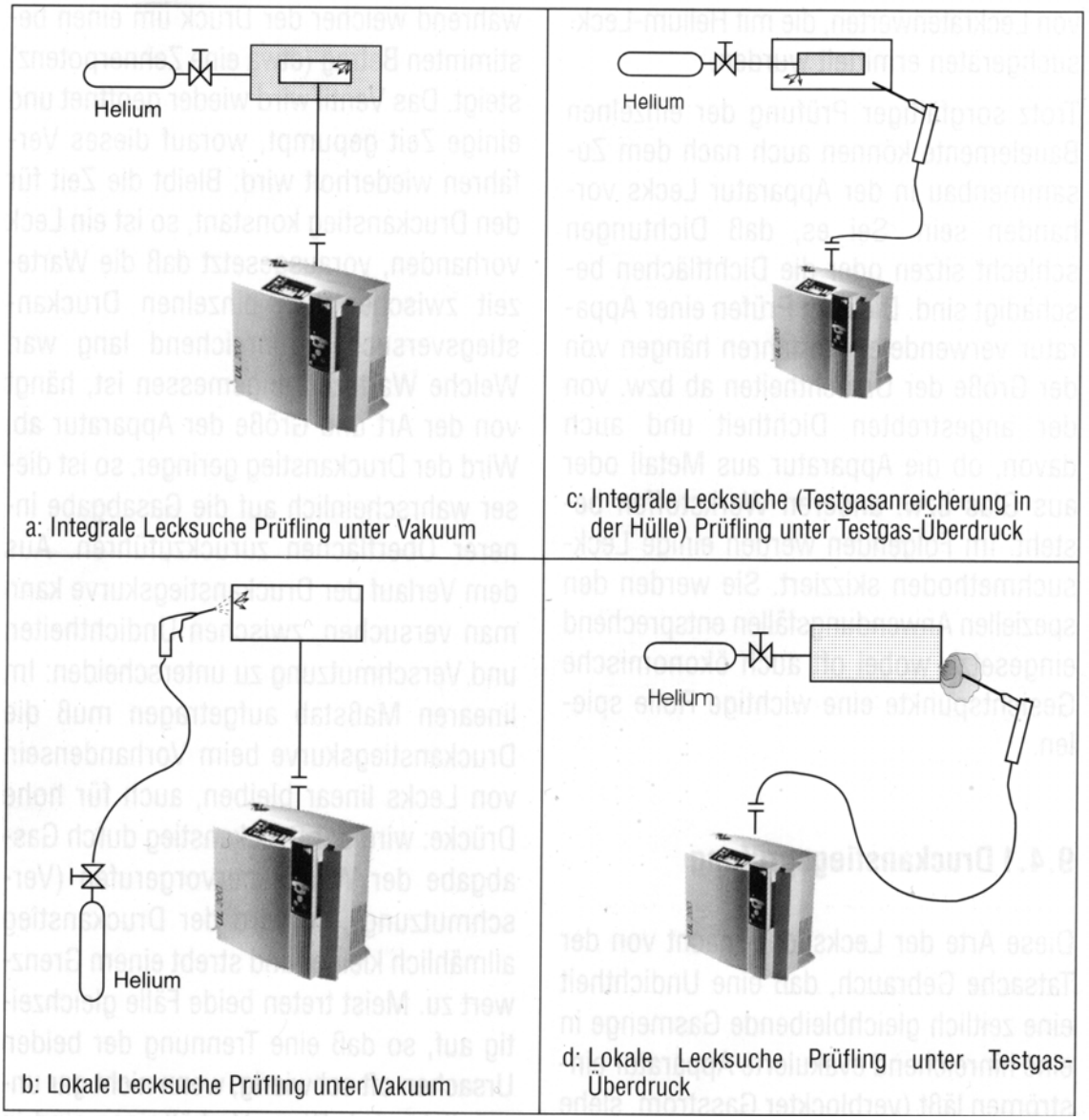


Abbildung 8.07: Der Vergleich der Lecksuchmethoden[22]

Die Unterscheidung der beiden Kriterien zeigt die obige Abbildung. Es ist unterteilt in „Lokale“ und „Integrale“ Lecksuchmethoden und Testgasüber- und Testgasunterdruck.

22 LEYBOLD-VACUUM, Grundlagen der Vakuumtechnik, Dr. Walter Umrath, S. 145ff

Beschreibung der Bilder

Bild a:

Der Prüfling wird in einem Behältnis unter Vakuum getestet und gibt an, ob die Vakuumbedingungen erfüllt sind, ohne Angabe des Ortes der Leckage.

Bild b:

Der Prüfling wird direkt an den Leckdetektor angeschlossen und mit der Helium – Sprüh – Technik abgesprüht. Getestet wird nach Leckrate und nach Einzelleck. Die Angabe des Ortes an der Lackage ist erfassbar.

Bild c und d

Befindet sich der Prüfkörper unter Helium – Überdruck und es wird abgetastet ob aus dem Prüfkörper Helium entweicht. Dieses Verfahren kommt im Weitern für die Prüfung der Durchführungen nicht zum Einsatz.

8.7. Die Anwendungsbereiche der Lecksuche

In vielen Industriebereichen ist es notwendig auf Leckagen zu testen. Im Folgenden sind einige Industriebereiche aufgelistet.

Kälte – und Klimatechnik

- Prüfung von Einzelteilen und Baugruppen
- Vorprüfung der Systeme vor der Befüllung
- Fertigung von Wärmetauschern

Automobilindustrie

- Prüfung von Bremssystemen
- Prüfung von Kraftstoffleitungen und Benzintanks
- Prüfung von Klimaanlagen und deren Baugruppen.

8.8. Die verwendeten Lecksucher

Leybold Lecktester UL500[18]

Die gesamten Fertigungserzeugnisse für Vakuumsanwendungen werden nach der Fertigung einer Ultrahochvakuumdichtheitsprüfung unterzogen. Dies bedeutet, dass die Leckagen denn Wert 10^{-7} mbar*l*s^{-1} nicht überschreiten dürfen. Dafür steht beim DESY, der ULTRATEST UL 500 der Firma LEYBOLD VAKUUM GmbH zur Verfügung. Der UL 500 Helium – Leck – Detektor ist ein Heliumlecksucher mit massenspektrometrischem Nachweisprinzip.

Der UL 500 arbeitet mit dem Prinzip eines Gegenstromlecksuchers, dass heisst, das Helium diffundiert entgegen der Pumpenrichtung der Turbo – Molekularpumpe in das Massenspektrometer, während schwere Gase, vor allem Wasserdämpfe, zurückgehalten werden.

Das besondere am Prinzip dieser Modelle ist die zweiflutige Turbo-Molekularpumpe, deren Saugseite am Prüfling für kurze Ansprechzeiten sorgt. Außerdem ist dadurch der Einlass nicht ständig mit einer Vorvakuumpumpe verbunden, so dass die Prüflinge nicht mit Kohlenwasserstoffen verunreinigt werden.

Die zweistufige Turbo – Molekularpumpe vereinigt in einem Gehäuse zwei Turbo-Molekularpumpen, die von einem gemeinsamen Motor angetrieben werden. Die beiden Turbo – Molekularpumpen arbeiten gegenläufig an einen gemeinsamen Vorvakuumanschluss. Eine Seite der Pumpen (Kompressionsseite) erzeugt aus dem Helium – Druck im Vorvakuum den Helium – Druck im Massenspektrometer, der dort dann nachgewiesen wird. Dabei wird ihr stabiles Kompressionsvermögen für Helium ausgenutzt. Die andere Seite der Pumpe (Pumpenseite) dient als Hochvakuumpumpe zur Evakuierung des Einlasses bzw. des Prüflings.

Die kleinste messbare Leckrate ist $2*10^{-10}$ mbar*l*s^{-1}.

Das Massenspektrometer besteht im Wesentlichen aus der Ionenquelle, dem magnetischen Trennsystem und dem Ionenfänger.

Die Ionenquelle ionisiert neutrale Gasteilchen und erzeugt daraus einen Ionenstrahl. Die positiv geladenen Ionen werden aus der Ionenquelle heraus beschleunigt und gelangen anschließend in das Magnetfeld. Dort werden sie in eine Kreisbahn abgelenkt, deren Radius vom Masse / Ladungsverhältnis der Ionen abhängt. Nur die Heliumionen erfüllen die Trennbedingung und erreichen den Ionenfänger, wo sie als Strom gemessen werden können.[18]

Der Alcatel Lecktester ASM 110 Turbo CL

Die Prüfungen beim DESY, in der Abteilung MKS, erfolgen mit dem Alcatel Lecktester ASM 110 Turbo CL. Zur Erzeugung eines Vakuums in den Rezipienten steht ein Lecktester der Firma Alcatel aus dem Jahr 1976 zur Verfügung. Das Gerät ist 30 Jahre alt, von der Funktion des Testen aber nur geringfügig unterschiedlich zu den aktuellen Geräten. Das Gerät verfügt über zwei Pumpen, einer Vorpumpe und einer Turbopumpe, einem Massenspektrometer, mehreren Ventilen, dem Einlassflansch als Anschluss für die Prüflinge, einem Auspuff sowie einem analogen Messinstrument. Weitere wichtige Bauteile sind der Magnetschalter und der Heizdraht. Vor dem Gebrauch ist das Gerät einige Zeit vorher eingeschaltet, damit das Öl der Pumpen warm ist und eine bessere Pumpleistung erzielt wird.

Im nächsten Kapitel wird auf die formelle und statische Erfassung von Fehlerursachen bei Kaufteilen in Form einer FMEA – Methode eingegangen. Des Weiteren werden die notwenigen Protokolle dafür erstellt.

23 Vgl.: Datenblatt Leybold UL 500

9. Fehler- Möglichkeits- und Einfluss- Analyse

9.1 Die Einleitung

Die FMEA Methode dient dazu, denkbare Fehlerursachen darzustellen und abschätzen zu können. Anhand dieser Abschätzung können mögliche Maßnahmen zur Fehlervermeidung abgeleitet werden.

Es gibt verschiedene Typen der FMEA – Prozesse, z.B. System-, Konstruktions-, Prozess-, Kaufteil-, Projekt-, Geschäftsprozess – FMEA.

Für die UHV – Durchführungen wird der Prozess Kaufteil – FMEA verwendet.

Diese Analysierung erfolgt, indem:

- der Fehlerort lokalisiert
- die Fehlerfolge bestimmt
- und die Fehlerursache beschrieben wird.

9.2 Die Analyse

Mit der Berechnung der Risiko – Prioritätszahl (RPZ) wird eine Rangfolge der Risiken erstellt. Die RPZ entsteht durch Multiplikation der A, B und E Bewertungszahlen.

Die Formel RPZ = A * B * E kann Werte zwischen 1 und 1000 annehmen.

A = Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit

(gering = "1" hoch ="10")

B = Bewertungszahl für die Bedeutung

(gering = "1" hoch ="10")

E = Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit

(gering = "1" hoch ="10")

Dadurch ist es möglich verschiedene FMEA Methoden untereinander vergleichen zu können. Eine Aussage im Sinne besser oder schlechter ist hiernach möglich.

Auf Seite 134 und 135 werden die vier UHV – Durchführungen in Tabellenform bewertet und es wird anhand der Bewertung eine „Empfehlende Maßnahme“ erstellt.

Fehler- Möglichkeits- und Einfluss- Analyse								
UHV-Durchführung	**Typ "A" und Typ "B"**							
Funktionen	Fehlerart	Fehlerfolge	Fehlerursache	IST - Zustand				Empfohlende Maßnahmen
				A	B	E	RPZ	
Verschleiß des Steckverbindungselementes einhalten	Steckverbinder defekt	Keine Kommunikation der Hardware	Gewinde defekt	4	5	6	120	Bedienungs-anleitung und Handhabungs-richtlinien
		Vakuumundichtigkeit	Innenleiter verbogen	8	3	5	120	Schulung der Mitarbeiter in der Montage / Wartung
Verschleiß der Schneiden einhalten	Schneiden-geometrie stumpf	Schneidkraft auf die Cu - Dichtung muss erhöht werden	Härte nicht ausreichend	5	5	5	125	Messung des Härtegrades in Härte Rockwell HRC bei einem Langzeitversuch
	Ungeeignete Oberflächen des Gehäuses	Vakuum-undichtigkeit	Material nicht hart genug	6	5	4	120	Sorgfältige Materialauswahl
Verschleiß der Durchführung einhalten	Beschädigter Innenleiter	Vakuumun-dichtigkeit	falsche Montage	4	6	4	96	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
		fehlerhafte Messung	falsche Montage	4	5	5	100	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
Isolation der Keramik	Keramikbruch	Vakuum-undichtigkeit	starke Temperaturschwankungen beim Betrieb	6	5	4	120	Nutzungsdauer durch Langzeittestnachweis en
Sichere Schraubenverbindung	Verformung des Gehäuses / UHV - Durchführung	Vakuum-undichtigkeit	starke Temperaturschwankungen beim Schweißen	7	4	4	112	Nutzungsdauer durch Langzeittestnachweis en

Tabelle : FMEA – Methode, UHV – Durchführung des Typs „A“ und „B“

Fehler- Möglichkeits- und Einfluss- Analyse								
UHV-Durchführung	**Typ "C" und Typ "D"**							
Funktionen	Fehlerart	Fehlerfolge	Fehlerursache	IST - Zustand				Empfohlende Maßnahmen
				A	B	E	RPZ	
Verschleiß des Steckverbindungselementes einhalten	Steckverbinder defekt	Keine Kommunikation der Hardware	Gewinde defekt	4	5	6	120	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
		Vakuumundichtigkeit	Innenleiter verbogen	6	3	5	90	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
Verschleiß der Schneiden einhalten	Schneiden-geometrie stumpf	Schneidkraft muss erhöht werden	Härte nicht ausreichend	4	5	5	100	Messung des Härtegrades in Härte Rockwell HRC bei einem Langzeitversuch
	Ungeeignete Oberflächen des Gehäuses	Vakuum-undichtigkeit	Material nicht hart genug	5	4	4	80	Sorgfältige Materialauswahl
Verschleiß der Durchführung einhalten	Beschädigter Innenleiter	Vakuum-undichtigkeit	falsche Montage	5	6	4	120	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
		fehlerhafte Messung	falsche Montage	4	5	5	100	Schulung der Mitarbeiter in der Montage
Isolation der Keramik	Keramikbruch	Vakuum-undichtigkeit	starke Temperaturschwankungen beim Betrieb	3	5	6	90	Nutzungsdauer durch Langzeittestnachweisen
Festigkeit der Verbindungselemente	Verbindungselemente lose	Vakuumundichtigkeit	starke Temperaturschwankungen beim Betrieb	7	4	4	112	Nutzungsdauer durch Langzeittestnachweisen

Tabelle : FMEA – Methode, UHV – Durchführung des Typs „C“ und „D“

9.3 Die Auswertung

Die Durchführungen wurden in zwei Gruppen eingeteilt, in Schweißvarianten und in Flanschvarianten.

Nach dem alle drei (A,B,E) Bewertungskriterien miteinander multipliziert wurden, ergibt sich eine Risikoprioritätszahl (RPZ). Liegt diese Bewertungszahl über den Wert von 125, sind Verbesserungsmaßnahmen vorzusehen. Desweitern müssen alle Bewertungskriterien im Einzelnen unter dem Wert neun liegen, ist das nicht der Fall sind auch hier Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten.

Anhand der Tabellen auf Seite 134 und Seite 135 ist zuerkennen, das alle an die Durchführungen gestellten Grenzwerte eingehalten werden.

Es sind keine Verbesserungsmaßnahmen vorzusehen.

In dem Kapitel 10 wird der Kryogeniktestablauf vorgestellt. Es wird der Ablaufplan und der Prüfablauf der Testreihen erstellt. Des weiteren werden die verschiedenen Protokolle beispielhaft für die UHV – Durchführung Nummer eins besprochen.

10. Der Kryogeniktestablauf

10.1. Die Einleitung

Die Prüfungen der einzelnen UHV – Durchführungen werden in diesem Kapitel beschrieben. Der Umfang der Prüfungen, die Vorgehensweise und die Protokollierung sind unterteilt in verschiedene Unterpunkte dieses Kapitels.

10.2. Die Steuerungssoftware der Kryogenikanlage

Zur Steuerung der Kälteanlage beim DESY steht der Gruppe MKS die „ttfkryo“ Software zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um eine graphische Oberfläche mit deren Hilfe es dem Anwender vereinfacht wird, die Anlage weitestgehend online zu bedienen. Es ist möglich alle Einheiten (z.B. Ventile) und alle Füllstandssensoren mit der Software auszulesen. Über jede Einheit und jeden Sensor wird automatisch ein Trend (Historie) geschrieben. Dadurch ist es möglich alle Daten in Abhängigkeit von der Zeit zu speichern und sichtbar zumachen.

Diese Software läuft auf einen 1980 erstellten Sun – Solar – Server und wird mit Microsoft Windows XP Clienten bedient. Zur Darstellung der Grafiken auf den Windows XP Clienten läuft ein Portierungsserver, welcher die Anpassung auf die verschiedenen Betriebssysteme übernimmt. Diese Anpassung senkt massiv die Geschwindigkeit der Anwendung, dadurch leidet die Systemstabilität der Software erheblich.

Anhand der nachstehenden Abbildungen 10.01 und 10.02, Seite 140 sind die wichtigsten Elemente zur Steuerung der kryogenischen Anlage zu erkennen.

Auf der Abbildung 10.01 ist die Verteilerbox 1 abgebildet. Zu erkennen sind die vier Versuchsbehälter V1, V2, V3, und H1. Die V – Behälter sind vertikale Versuchsbehälter, in der die zu prüfenden Prüflinge vertikal eingebaut werden. Der Versuchsbehälter H1 ist ein Kryostat, in den der Prüfling horizontal eingebaut wird.

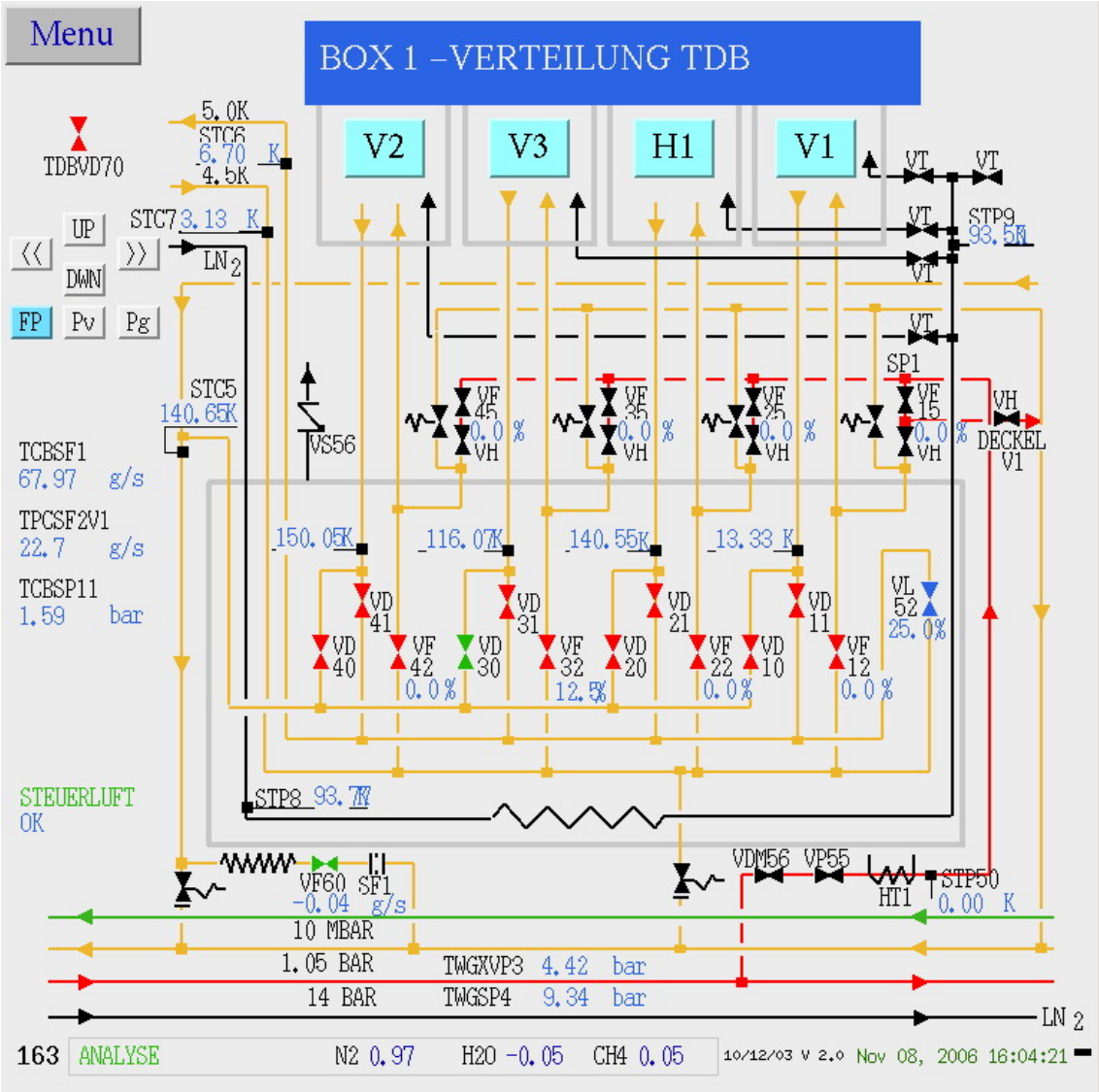


Abbildung 10.01: Ventil – Verteilerbox 1

Es sind die Zu – und Ableitungen (Rohrleitungen) für das Helium und die Ventile zu sehen. In regelmäßigen Abständen an den Rohrleitungen sind Temperaturen – und Druck – Sensoren installiert, die über das Programm ausgelesen werden. Die prozentuale Angabe an den Ventilen in der Software gibt die Ventil – Stellung an.

Für den V3 stehen die Ventile

- VF 35
- VF 32
- VD 31
- und VD 30 zur Verfügung.

In Abbildung 10.02, Seite 140 ist die Cold Box (Dewar) zu erkennen. In der Cold Box befindet sich das flüssige, kalte Helium, welches zur Befüllung der Testbehälter (V1, V2, V3, H1) zur Verfügung steht. Der Dewar verfügt über einen Füllstandslevel – Sensor der die Füllstandsmenge des Heliums in Prozent ausgibt. Das gesamte Füllvolumen des Dewar beträgt max. 2000 Liter flüssiges Helium.

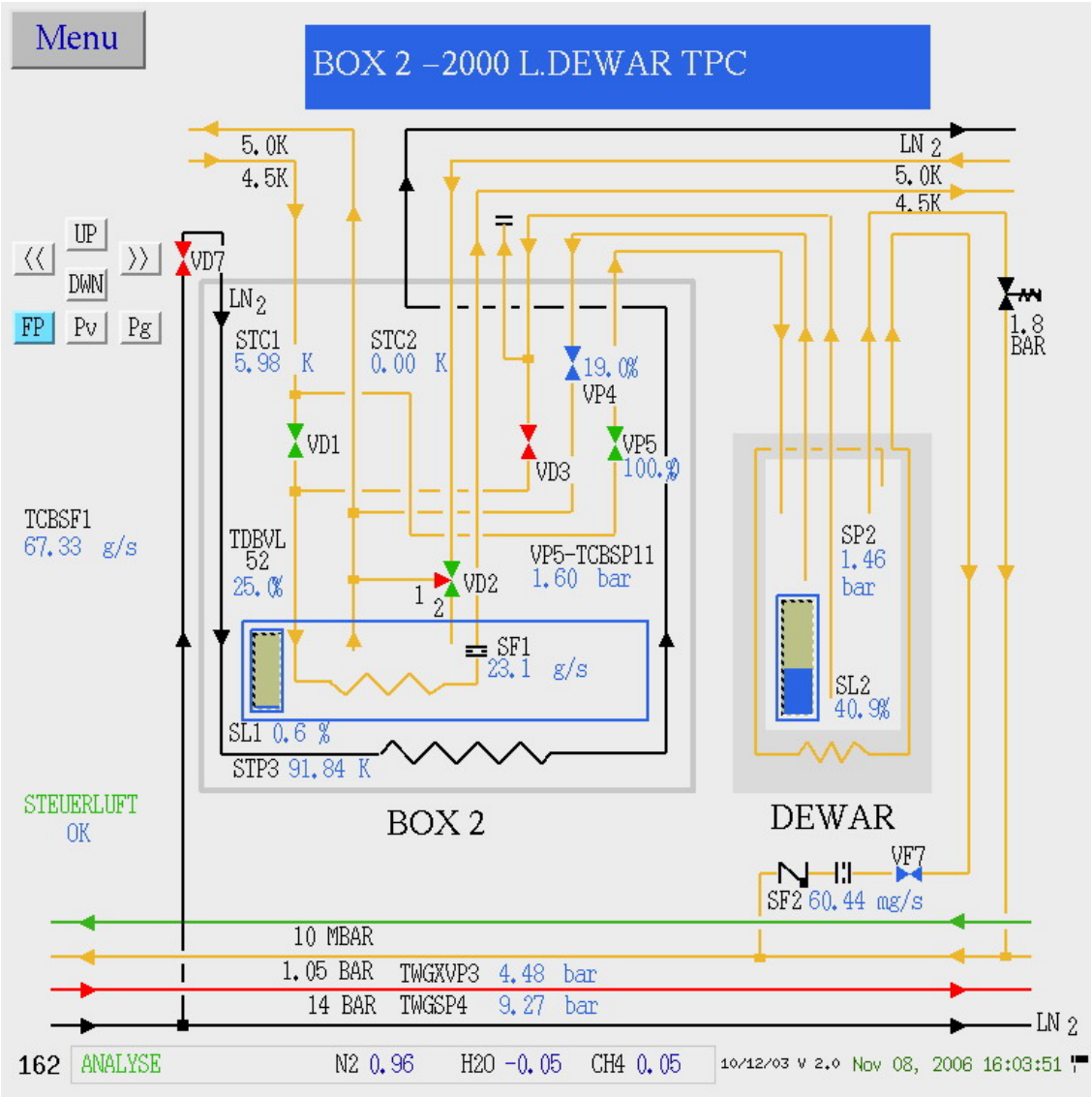


Abbildung 10.02: Die Ventil – Verteiler Box 2 mit Füllstandsanzeige der Cold Box (Dewar)

10.3. Der Abschluss der Kryogeniktestreihe und die Protokollierung

Jeder der 48 UHV – Durchführungen ist ein Teil einer Baugruppe. Eine Baugruppe besteht aus den Fertigungsteilen, Flansch, Rohr, Adapterring und der UHV – Durchführung. Alle Fertigungsteile werden auf Form- und Lagetoleranzen überprüft. Das Ergebnis wird in der folgenden Abbildung 10.03, Seite 142 beispielhaft niedergeschrieben. Anschließend wird die Baugruppe verschweißt und bei Umgebungstemperatur auf Leckage überprüft. Hiernach erhält jede Baugruppe eine Schlagzahl zur eindeutigen Identifizierung (Laufende Nummer von 1 bis 48).

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	1
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmasse :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmasse :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmasse :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der komplette Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der komplette Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Abbildung 10.03: Fertigungsprotokoll der Durchführungsnummer 1

Für die Vakuumprüfung wird der Lecksucher UL 500 der Firma Leybold – Vakuum verwendet. Unten ist das Prüfgerät zu sehen, an dem eine UHV – Durchführung mit Schnellspannern befestigt ist. Dadurch ist ein schnelles Wechseln der UHV – Durchführungen möglich. Das digitale Display des UL 500 zeigt die vorhandene Leckrate des Prüflings an.

Die verschiedenen UHV – Durchführung werden mittels Gummidichtung und Schnellspanner an der Flanschseite an die Vorrichtung geklemmt. Die UHV – Durchführungen werden evakuiert auf ein Vakuum von 10^{-6} mbar und mit einem feinem Helium – Sprüh – Strahl abgesprüht. Alle möglichen Stellen wie Flanschverbindungen oder Schweißverbindungen, werden hierbei mit Helium benetzt. Bei undichten Stellen würde das Helium durch die Vakuumpumpen angesaugt und im Massenspektrometer erkannt werden. Das Ergebnis der Prüfung wird auf dem Display ausgegeben.

Die Anzeige gibt die Leckrate in (mbar*l)/(s) an.

Abbildung 10.04: Der Lecksucher UL 500 mit adaptierter Durchführung des Typs „A“

10.4. Die Prüfprozedur der Testreihe

10.4.1. Den Ablaufplan der Testreihe definieren

Ein Ablaufplan (Abbildung 10.05, Seite 145) ist die Dokumentation der logischen Planung des Projektablaufes. Die UHV – Durchführungen werden nacheinander getestet. Begonnen wird mit der UHV – Durchführung des Typs „A“, beendet wird die Testreihe mit der UHV – Durchführung des Typs „D“. Jede UHV – Durchführung wird in drei Gruppen mit je vier Einheiten aufgeteilt. Damit entstehen zwölf durchzuführende Testreihen mit jeweils 4 Probanden pro Zyklus.

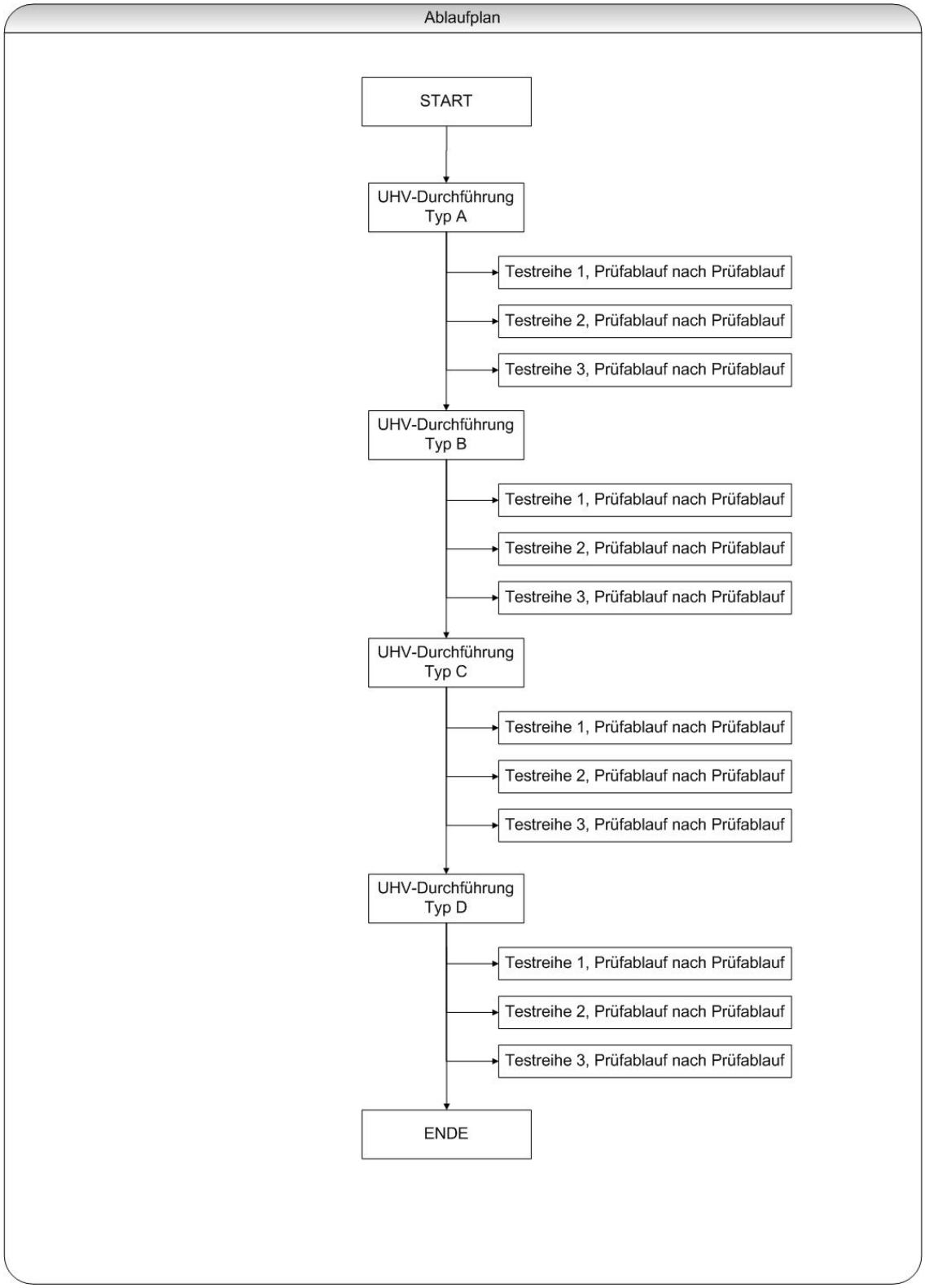


Abbildung 10.05: Der Ablaufplan der Testreihe

10.4.2. Den Prüfablauf der Testreihe definieren

Für jede der zwölf Testreihen ist der nachstehende Testablauf gültig. In dem Testablauf bzw. in der Testprozedur werden alle notwendigen Schritte für den Kryogeniktest beschrieben, siehe Abbildung 10.06, Seite 147.

Es ist darauf zu achten, dass in diesem System keine Verunreinigungen in Form von Luft oder Wasserdampf u. a. zugeführt sind. Daher ist der Kryostateninnenraum vor dem Befüllen dreimal auszupumpen und mit He – Gas aus einem Transportbehälter zu spülen. Der Innenraum des Kryostaten darf erst dann ausgepumpt werden, wenn das Isoliervakuum kleiner als $1x10^{-2}$ mbar ist.

Trotzdem fallen enorme Gasmengen bei Experimenten mit flüssigem Helium an. Um die Kosten zu minimieren wird das Helium in einem geschlossenen Kreis gehandhabt, d.h. das verdampfende Gas aus Kryostat und Transportbehälter wird einem Rückgewinnungssystem zugeführt. Dadurch entstehen nur geringe Verluste, etwa beim Pumpen und Spülen der Anlage.

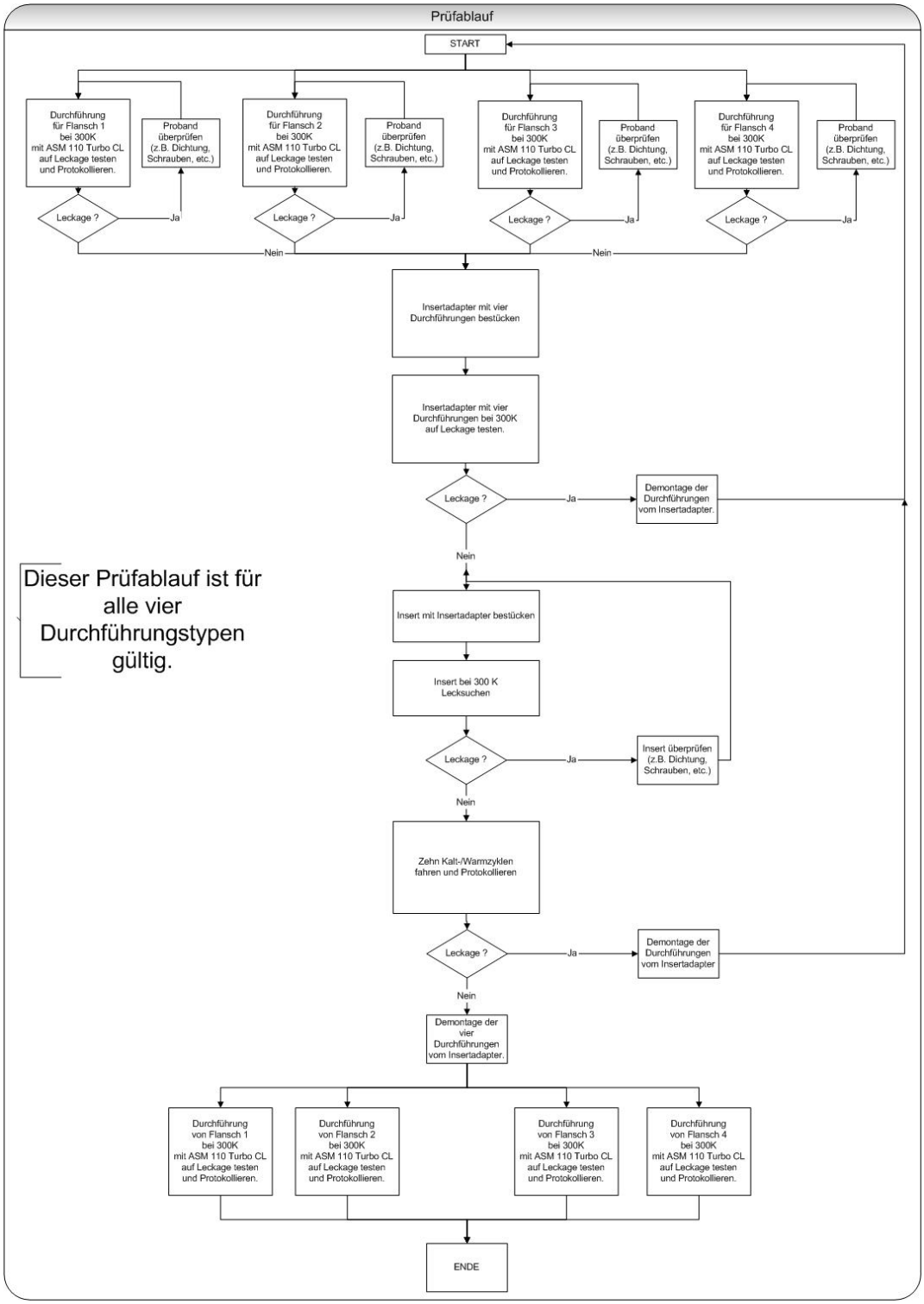


Abbildung 10.06: Die Prüfprozedur

10.5. Die Kryogeniktestreihe der UHV – Durchführungen

10.5.1. Der Lecktest vor der Kryogeniktestreihe

Für den kommenden Kryogeniktest werden alle 48 UHV – Durchführungen auf Leckage untersucht, um die Möglichkeit auszuschließen, dass eventuelle Beschädigungen beim Transport entstanden sind.

Abbildung 10.07: Der Leckagetest der Durchführung des Typs „B“

Die Abbildung 10.07 zeigt den Lecksucher ASM 110. Der Prüfling wird per Hand mit Helium abgesprüht.

Alle 48 UHV – Durchführungen müssen eine mindest Leckrate von $2*10^{-9}$ (mbar*l)/(s) bei Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck aufweisen.

Die Aufnahme der Werte ist beispielhaft in der Abbildung 10.08 zusehen.

Prüfprotokoll
Einzeltest vor Kryogeniktestreihe

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Dennis Müller
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
Durchführungstyp :	Teil A

Messung :

Durchführungsnr.:	1	2	3	4	5	6
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit:	11.06	11.12	11.19	11.24	11.32	11.38
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	7	8	9	10	11	12
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit:	11.44	1..49	11.54	12.02	12.09	12.16
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Abbildung 10.08: Das Einzelprüfprotokoll der Durchführung des Typs „A“

10.5.2. Der Summenlecktest der Kryogeniktestreihe

10.5.2.1. Der Kaltfahrzyklus

Der Kaltfahrzyklus ist ein wesentlicher Teil der Prüfung. Hier werden die UHV – Durchführungen zehn Mal von 273 K auf 4 K abgekühlt. Bei dem Prozess sind jeweils vier der 48 UHV – Durchführungen am Kryostaten – Insert vakuumdicht montiert. Das Insert (Einsatz) mit den vier angeschraubten UHV – Durchführungen wird mit Hilfe eines Krans in den Dewar eingesetzt und vakuumdicht mit M8 – Schrauben verschlossen.

In Abbildung 5.19, Seite 65 ist der Insert, mit Insert – Adapter und Vakuum – Schlauch zu erkennen. An den Schlauch wird ein Lecksuchgerät der Marke Alcatel ASM 110 für die Evakuierung und Lecksuche während der Zyklen angeschlossen. Die poröse Masse am oberen Teil der Prüfvorrichtung dient zur Vakuum – Isolierung. Die Kabel in den Farben blau und rot sind für die Sensoren, die während des Zyklus die Temperaturen, Füllstand und Druck protokollieren.

In unterschiedlichen Höhen angebracht informieren die Sensoren mit Hilfe der Software über den aktuellen Zustand im Inneren des Kryostaten.

Wird die Kaltfahrphase begonnen wird das Ventil VF 32 ca. 6% geöffnet. Die Öffnung der Ventile erfolgt über die Software und ist abhängig vom Druck im Kryostaten. Bei der Befüllung ist auf den Druck im Kryostaten zu achten, dieser darf nicht höher als 1600 mbar sein. Die Ablaufrohre sind für höhere Drücke nicht ausgelegt. Bei einem Druck von mehr als 1600 mbar öffnet sich automatisch ein Sicherheitsventil und entlässt das Helium aus dem Kryostaten in die Maschinenhalle.

Mehrere Sensoren die sich während der Zyklen im und am Kryostaten befinden geben Werte zurück, die für Entscheidungen für eine spätere Bewertung der Prüflinge notwendig sind. Diese Werte können „live“ an den Messgeräten abgelesen werden oder später im Trend der Sensoren verfolgt werden.

Die Befüllung des Kryostaten dauert je nach Öffnung des Einlassventils ca. 30 min. Die Befüllung ist abgeschlossen, wenn der Füllstandssensor „ausschlägt“(Widerstandsänderung). Das Einlassventil wird geschlossen, die Befüllung ist jetzt beendet. Durch das über den ganzen Prozess geöffnete Auslassventil entweichen die warmen Heliumdämpfe. Das ist notwendig, damit sich kein zu hoher Druck beim Befüllen im V3 aufbaut.

In der Abbildung 10.09 werden alle Senoren des Kryostaten V3 abgebildet.

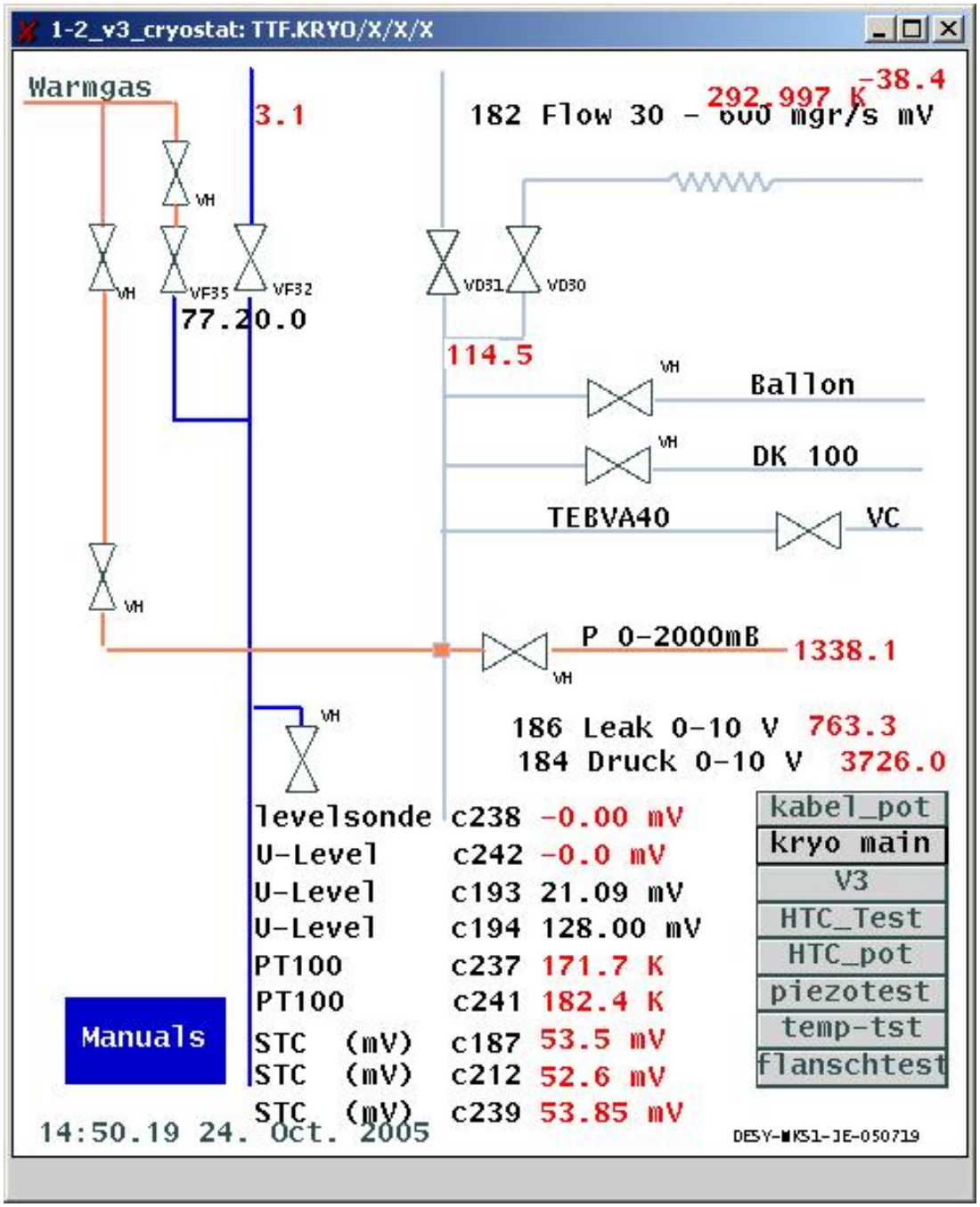


Abbildung 10.09: Der Kryostat V3 mit Sensorübersicht

Bei der Folgenden Abbildung 10.10, Seite 154 handelt es sich um einen Kaltfahrtrend der auf einem Windows XP PC über das Programm „ttfkryo“ ausgegeben wird.

Das Diagramm 1 zeigt das Verhalten des Pt100 Sensors. Es ist deutlich die Abkühlung des Dewar zu erkennen. Des weiteren zeigt sich, dass der PT100 bei ca. 30 K „aussteigt“.

Das „aussteigen“ bedeutet das der zumessende Temperaturbereich, den des Pt100 Sensors übersteigt.

Die Diagramme 3 und 5 zeigen die beiden Füllstandssensoren. Es ist ein sprungartiger Anstieg zu erkennen. Bei ca. 450 mV sind die Sensoren komplett mit flüssigem Helium bedeckt.

Das Diagramm 2 zeigt die Helium – Leckrate in mV an. Es ist kein Anstieg der Leckrate über die Zeit zu erkennen. Der Ausschlag um ca. 15.15 Uhr ist zu vernachlässigen, da das Kaltfahren um 16.00 begonnen wurde.

Das Diagramm 4 zeigt ab 16.00 Uhr den Druck in mbar im Kryostaten an. Es ist ein Ausschlag zuerkennen, welcher auf einen langsamen Regelungs-prozess schliessen lässt.

Das Diagramm 6 zeigt den Verlauf einer Pfeiffer Druckmesszelle an. Das Diagramm zeigt keine Druck – Veränderung nach der Zeit. Die Vakuumtauglichkeit der Bauteile ist somit gegeben.

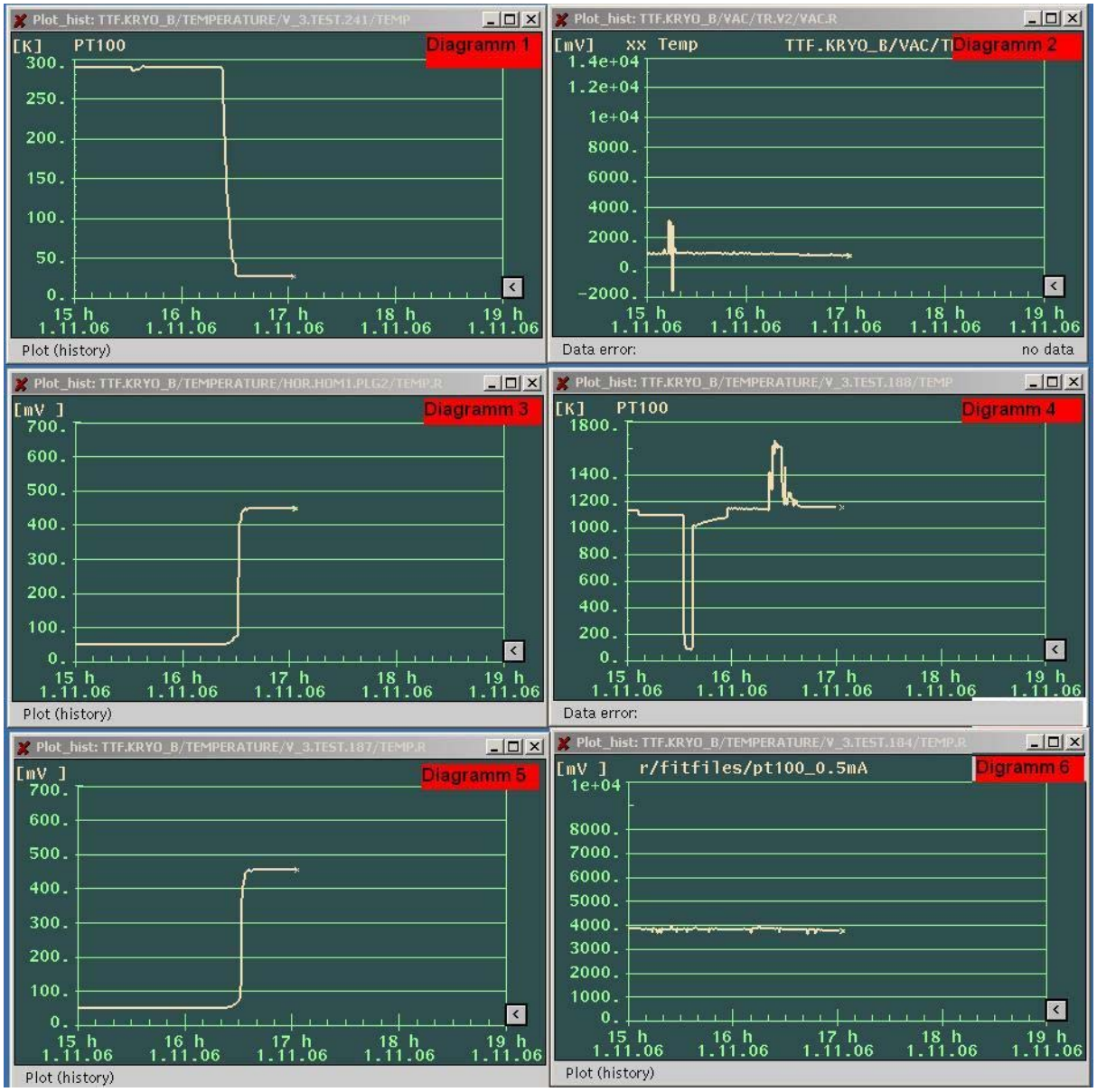


Abbildung 10.10: Die Trend – Graphik des Kaltfahr – Prozesses

10.5.2.2. Der Warmfahrzyklus

Beim Warmfahren des Kryostaten sind einige Dinge zu beachten. Der Zustand des Kryostaten beim Beginn des Warmfahren ist:

- der Kryostat ist mit kaltem, flüssigem Helium gefüllt
- das Zulaufventil für das kaltes Helium ist geschlossen
- die Sensorwerte sind komplett protokolliert

Der Kryostat wird nun so konfiguriert, dass das Auslassventil zu 100% geöffnet ist. Das warme Helium wird über das Einlassventil, mit einer Öffnungsweite mit ca. 20% eingelassen. Dabei darf der Druck, wie auch schon beim Kaltfahren, nicht über 1600 mbar steigen. Steigt der Druck dennoch, wird die Öffnungsweite des Einlassventils nachgeregelt.

Bei einer Temperatur im Kryostaten von ca. 200 K werden zusätzlich Heizbänder eingeschaltet. Diese befinden sich an den Zulaufrohren des warmen Heliums. Damit ist es möglich das warme Helium zusätzlich zu erwärmen. Diese Erwärmung erhöht das ΔT zwischen Kryostat und einfließendem Helium. Dadurch beschleunigt sich die Erwärmung des Dewar.

Auf der Abbildung 10.11, Seite 156, Diagramm 5 ist die Temperaturkurve der Erwärmung des Dewar zu erkennen.

Das Diagramm 2 zeigt um 11.35 Uhr einen sprunghaften Anstieg der Leckrate auf ca. 9000 mV, welches in erste Deutung als Leckage zudeuten wäre. Es ist aber zu beobachten das dieser Anstieg bei der Erwärmung (Diagramm 5) auftritt. Bei diesem Phänomenen lösen sich schlagartig die gefrorenen Helium – Atome und gelangen in großer Anzahl in das

Massenspektrometer, welche den Anstieg registriert. Würde eine Leckage an den UHV – Durchführungen auftauchen, würde sich die Leckrate (Diagramm 2) stetig vergrößern. Eine Gerade mit einer starken Steigung entsteht.

Der Wärmezyklus ist beendet, wenn die beiden Füllstands – Sensoren (Diagramm 4 und 5) den Wert 50 mV erreicht haben und diesen halten.

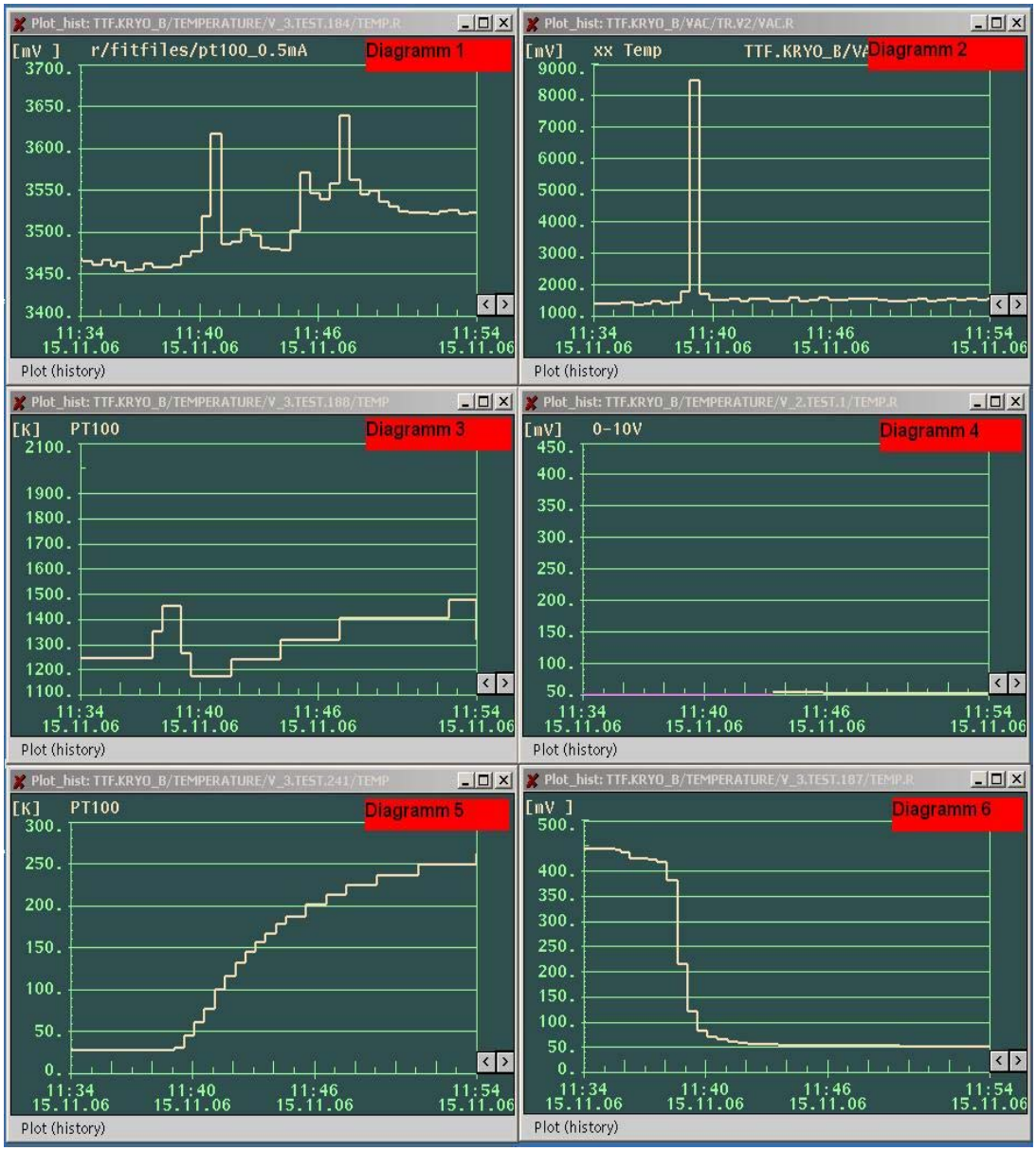


Abbildung 10.11: Die Trend – Graphik des Warmfahr – Prozesses

10.5.2.3. Das Summenlecktestprotokoll

Für jede der zwölf Testreihen der UHV – Durchführungen wird ein Summen-Leckagetest Protokoll angefertigt. Die Abbildung 10.12, Seite 158 zeigt ein solches Protokoll für die Testreihe 1.

Es werden alle sieben Sensoren und alle fünf Displays beispielhaft eingetragen.

Summentest - Teil A- Adapterflansch 1

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187	Trendgrafiknummer	Bemerkungen
																			* Wert mit cryo Software ermittelt
Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	30.10	16.00	$5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	30.10	17.10	$5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	30.10	17.30	$1,5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	30.10	17.38	$1,5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	01.11	15.30	$1,2*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	01.11	15.38	$1,35*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$0,8*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	01.11	16.30	$1,1*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	910	50	50	50		
1	2	kalt	01.11	16.45	$1,0*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	900	450	450	450	Nein	
	3	warm	02.11	09.47	$9,2*10^{-5}$	3750	1150	1155	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	304	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	52	52	52		
2	4	kalt	02.11	10.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1220	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	445	445	445	100	
	5	warm	02.11	10.45	$9,3*10^{-5}$	3745	1350	1650	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	287	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	785	51	51	51		
3	6	kalt	02.11	11.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1260	1270	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	730	448	448	448	100	
	7	warm	02.11	11.54	$9,8*10^{-5}$	3750	1280	1600	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	810	50	50	50		
4	8	kalt	02.11	12.10	$7,7*10^{-5}$	3725	1150	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	800	404	411	403	100	
	9	warm	02.11	13.15	$9,1*10^{-5}$	3750	1230	1400	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52	OFF	52		
5	10	kalt	02.11	13.42	$7,6*10^{-5}$	3690	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	703	449	OFF	455	100	
	11	warm	02.11	14.31	$9,1*10^{-5}$	3740	1560	1590	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52,5	OFF	52,4		
6	12	kalt	02.11	14.53	$7,7*10^{-5}$	3700	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	695	456	OFF	456	100	
	13	warm	02.11	16.00	$9,1*10^{-5}$	3750	1200	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	750	52	OFF	52		
7	14	kalt	03.11	09.10	$6,9*10^{-5}$	3720	1110	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	425	OFF	430	Nein	
	15	warm	03.11	10.05	$9,1*10^{-5}$	3745	1560	1540	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	282	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	780	52	OFF	52		Helium leer
8	16	kalt	07.11	11.31	$7,5*10^{-5}$	3560	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	430	OFF	430	Nein	
	17	warm	07.11	12.15	$9,1*10^{-5}$	3630	1500	1510	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	880	50	OFF	52		
9	18	kalt	07.11	12.30	$7,7*10^{-5}$	3580	1240	1253	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	852	444	OFF	440	Nein	
	19	warm	07.11	13.08	$9,1*10^{-5}$	3650	1410	1398	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	941	50	OFF	51		
10	20	kalt	07.11	13.30	$7,7*10^{-5}$	3570	1230	1262	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	895	445	OFF	441	Nein	
		warm	07.11	14.13	$6,4*10^{-6}$	3800	1150	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	302	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	940	52	OFF	52		

Seite 2/4

Abbildung 10.12: Das Summenlecktestprotokoll

10.5.3. Der Leckagetest nach dem Kryogeniktestreihenabschluss

Für die kommende Prüfauswertung werden alle 48 UHV – Durchführungen bei Raumtemperatur auf Leckage untersucht. Dazu wird der Lecksucher ASM 110 von Alcatel verwendet. Nach dem Test kann die Möglichkeit einer defekten Kryogenikanlage weites Gehens ausgeschlossen werden, da alle UHV – Durchführungen einzeln getestet und protokolliert wurden. Die Abbildung 10.13, Seite 160, zeigt das Protokoll vom Typ „A“.

Prüfprotokoll
Einzeltest nach Testreihenabschluss

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Sebastian Sturm
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
Durchführungstyp :	Teil A

Messung :

Durchführungsnr.:	1	2	3	4	5	6
Prüftemperatur: [K]	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	10.20	10.23	10.25	10.28	10.33	10.37
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	7	8	9	10	11	12
Prüftemperatur: [K]	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	10.42	10.46	10.51	10.57	11.04	11.10
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Abbildung 10.13: Der Leckagetest nach dem Kryogeniktestreihenabschluss

10.6. Die Prüfauswertung des abschließenden Leckagetest

In der Kryogeniktestreihe wurden alle 48 UHV – Durchführungen auf ihre Vakuumtauglichkeit in einem Kryostaten getestet.

Nach den Vorgaben des Technical Design Report (TDR) für den XFEL beim DESY wird jede Durchführung zehnmal mit einem vorher definierten Temperaturrhythmus beansprucht.

Anhand der Messergebnisse der zwölf Summen – Testreihen und der 48 Einzel Testreihen können folgende Aussagen über die Durchführungen gemacht werden.

Die Durchführungen haben bei Raumtemperatur eine Leckrate von ca.

$2*10^{-9}$ (mbar*l)/(s).

Dieser, sehr gute Wert der Leckrate, ändert sich auch über die zehn Kalt-/Warmfahrzyklen vernachlässigbar gering, der Test ist somit bestanden.

Jede Durchführung hat die Prüfprozedur bestanden.

In der Folgenden Finite Element Methode, wird eine UHV – Durchführung numerisch berechnet. Dabei werden ihre Inneren Spannungen graphisch gestellt.

11. Die Finite Elemente Methode

11.1. Die Einleitung

Die Finite Elemente Methode, kurz FEM ist ein numerisches Berechnungsverfahren, mit dem Spannungen und Verformungen komplexer geometrischer Strukturen berechnet werden.

Die zu untersuchende Struktur wird durch gedachte Flächen und Linien in sogenannte "Finite Elemente" unterteilt, die über Knoten miteinander verbunden sind. Anstelle des realen Bauteils wird also ein idealisiertes Modell betrachtet, das aus einer endlichen Anzahl diskreter Elemente besteht. Kennt man die elastischen Eigenschaften der Elemente, d.h. ihre Last – Formänderungs – Beziehungen, aus denen sich ihre Steifigkeit bzw. Nachgiebigkeit ergibt und setzt man die Elemente unter Beachtung der elastizitätstheoretischen Grundgesetzte zum gesamten Tragwerk zusammen, so kann man das statische und dynamische Verhalten dieses Tragwerks errechnen.

Für jedes dieser Elemente wird unter Berücksichtigung von Anfangs- oder Randbedingungen der physikalische Sachverhalt formuliert. Die Beschreibungen aller Elemente werden in einem Gesamtgleichungssystem zusammengefasst, das dann gelöst werden kann.

Die Berechnung einer Konstruktion mit Hilfe von finiten Elementen lässt sich auf zwei Arten durchführen: Zum einen nach der Kraftmethode und zum anderen nach der Verschiebungsmethode.

Bei der Kraftmethode werden die Gleichgewichtsbedingungen in der ganzen idealisierten Struktur erfüllt, die geometrischen Verträglichkeitsbedingungen

dagegen nur in angenäherter Form und an bestimmten Knotenpunkten, während umgekehrt bei der Verschiebungsmethode die geometrischen Verträglichkeitsbedingungen für die Formänderung überall erfüllt sind und die Gleichgewichtsbedingungen nur an den Knotenpunkten.

11.2. Die rechnerischen Grundlagen der FEM

Bei der Verschiebungsmethode sind die Verschiebungen in den Verbindungsstellen der Elemente, den Knotenpunkten, die gesuchten Unbekannten. Aus ihnen lassen sich am Schluss die Dehnungen und Spannungen errechnen. Diese Elementverschiebungen sind mit den Elementkräften, das sind in den Knotenpunkten angreifende verallgemeinerte Kräfte und Momente, verknüpft durch die Beziehung

$$P_{(j)} = k_{(j)} * \rho_{(j)} \qquad \text{[Gl. 11.1]}$$

Dabei ist

$P_{(j)}$: Vektor der Elementkräfte

$k_{(j)}$: Steifigkeitsmatrix

$\rho_{(j)}$: Vektor der Elementverschiebung

Die Steifigkeitsmatrix $k_{(j)}$ lässt sich aus den geometrischen Gegebenheiten des jeweiligen Elements und seinen elastischen Materialdaten errechnen. Die Aufstellung der Steifigkeitsmatrix bildet das Kernstück der Finite – Elemente – Methode.

Für jedes Element (j) gilt eine Beziehung nach Art der Gleichung 11.1. Für das gesamte Tragwerk oder Bauteil, das ja aus einer endlichen Anzahl von Elementen besteht, kann man alle diese Beziehungen zusammenfassen und als Matrizengleichung schreiben.

$$P = k * \rho \qquad \text{[Gl. 11.2]}$$

wobei

$$P = \{P_1 P_2 ... P_j ...\}^T$$

$$k = diag[k_j] = diag\{k_1 k_2 ... k_j ...\}$$

$$\rho = \{\rho_1 \rho_2 ... \rho_j ...\}^T$$

Dabei bedeuten

$\{\ldots\}^T$: Spaltenvektor

j: Nummer des Elements

$$diag[k_j] = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & k_2 & 0 & \ldots & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & k_3 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & k_j & \ldots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & \ldots & k_n \end{bmatrix} \text{ (Diagonalmatrix)} \qquad \text{[Gl. 11.3]}$$

Zu beachten ist, dass alle Elementmatrizen k_j bei der Zusammenfassung zur Matrix k auf das gleiche Koordinatensystem bezogen sein müssen. Wenn die Aufstellung der Steifigkeitsmatrizen k_j in anderen, lokalen Koordinatensystemen geschah, so müssen die k_j durch entsprechende Transformationen auf ein allgemeines, globales Koordinatensystem umgeschrieben werden, auf das sich die Kräfte P und Verschiebungen ρ beziehen.[24]

24 Vgl.: Skript FEM METHODE Prof. Dr. Siegfried Schmauder

11.3. Die Software des FEM – Moduls im CAD System IDEAS

Für die Finite Elemente Methode gibt es eine Reihe von Programmen, die zur Analyse unterschiedlicher Bauteile und Baugruppen unter verschiedensten Belastungsarten zur Verfügung stehen. Zu den bekanntesten Programmen der FEM zählen unter anderem:

- ANSYS
- FEMLAB
- ABAQUS
- IDEAS
- CATIA V5

Für die Spannungsanalyse unter Temperatureinfluss wird im Weiteren das High – End CAD Programm IDEAS verwendet. Mit Hilfe des Programms ist es möglich die bereits erstellten CAD Modelle direkt für weitere Analysen zu nutzen, mit dem großen Vorteil keine Konvertierungsprobleme zwischen unterschiedlicher Software zu haben.

Das CAD Programm unterteilt sich in unterschiedliche Applikationen mit dazu untergeordneten Tasks. Jede Applikation verfügt über eine Reihe von Tasks (Anwendungen) mit wiederum zahlreichen Tools.

Für die Auslegung solcher Komponenten ist die FEM Berechnung ein bedeutendes Instrument. Die Modelle sind meist bereits im CAD vorhanden und können durch Änderung der Eigenschaften der Materialien, Spannungen aufeinander abstimmen, ohne große Berechnungen anzustellen. Es wird erkannt, wo besondere Spannungen auftreten und ob diese zulässig sind.

Die wichtigsten Applikationen für die Analyse sind Simulation und Design. Die bedeutsamsten Tasks sind jeweils zu den Applikationen aufgeführt.

Design

- Master Modeler
- Master Assembly
- Master Drafting
- Mechanism Design
- Harness Design
- Product Modeling

Simulation

- Master Modeler
- Master Assembly
- Meshing
- Boundary Conditions
- Beam Sections
- Model Solution
- Optimization
- Post Processing

Nachfolgend wird anhand eines Beispiels der Umfang der Applikation „Design“ und dem Task „Master Modeler“ beschrieben. Zu erkennen in Abbildung 11.01, Seite 167 sind die Einstellungen für die Applikation und den Task.

Im Windows – Fenster sind die Applikationen und die Tasks in einem „Drop Down“ Menü auszuwählen. Als Beispiel ist die Applikation „Design“ und dem Task „Master Modeler“ angewählt. Unter der Einstellung sind mehrere leistungsstarke Tools oder auch Features zur Erstellung von CAD Geometrien und Modellen vorhanden. Unter jedem Tool sind verschiedene Symbole, die unterschiedliche Eigenschaften haben. Das Symbol Extrudieren wird z.B. verwendet, um aus ebenen Flächen Volumenkörper zu erstellen.

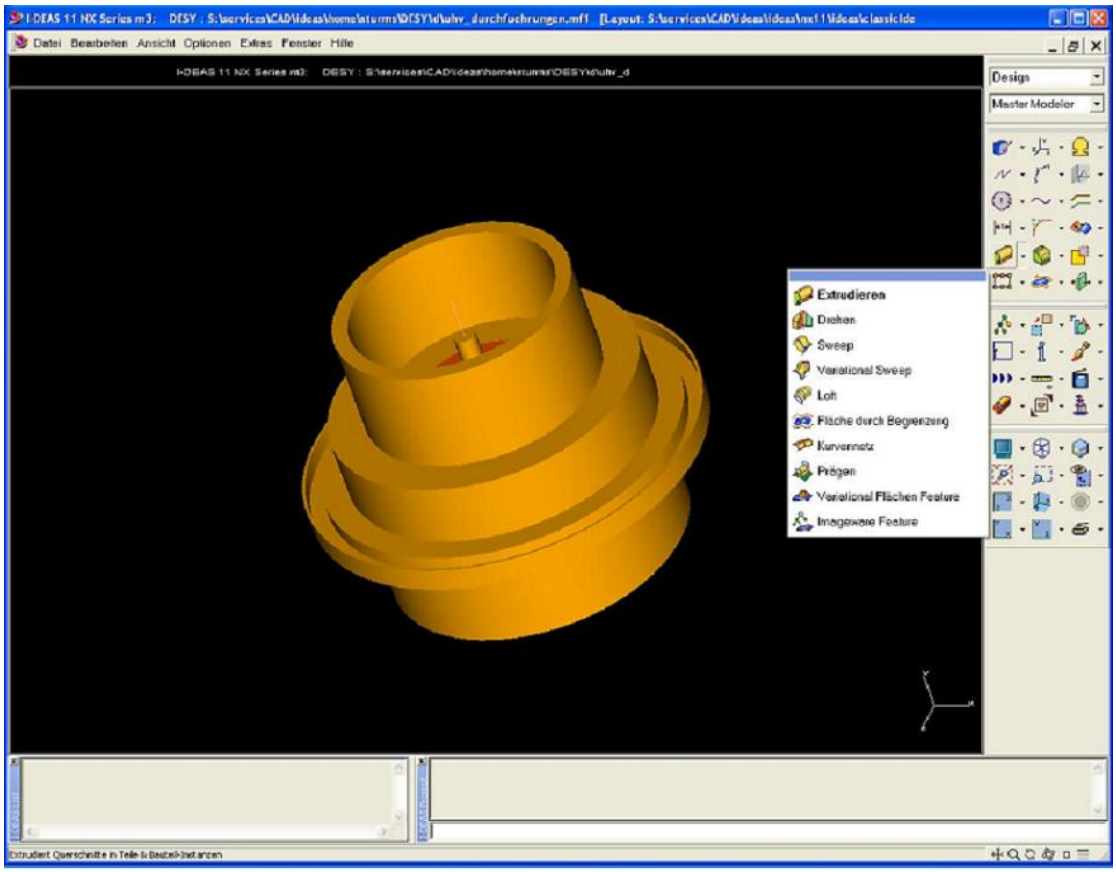


Abbildung 11.01: Darstellung des Gehäuses der UHV – Durchführung des Typs „A“

11.4. Der Ablaufplan der FEM

Der Ablaufplan beschreibt das allgemeine Vorgehen einer FEM Analyse. Unter der Applikation „Simulation“ sind die aufgeführten Task zu verwenden. Die Doppelpfeile kennzeichnen, dass man zwischen den Anwendungen (Task) direkt wechseln kann. Die Einzelpfeile bedeuten, dass nur in eine Richtung gearbeitet wird. Das bedeutet, wenn der Post Processor ein Ergebnis errechnet hat, kann nicht ein Schritt zurückgegangen werden, um evtl. Änderungen zur Verbesserung des Ergebnisses zu erzielen. Dazu muss der „Post Processor“ eine neue Rechnung durchführen.

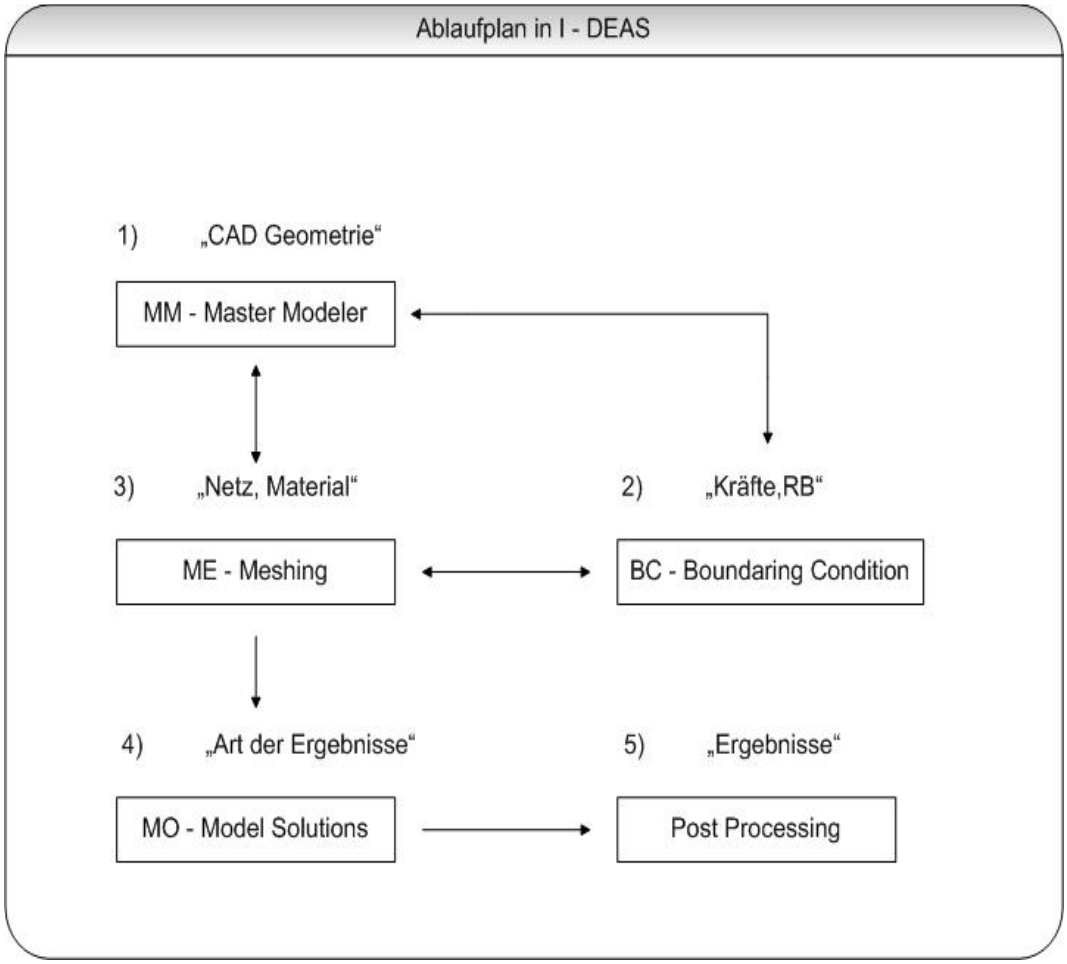


Abbildung 11.02: Ablaufplan

11.5. Der Ablauf der Analyse anhand der UHV – Durchführungen

Applikation: Simulation

Nach Beendigung der Modellierung der 3D – Modelle, wird in die Applikation Simulation gewechselt. Hier stehen für die FE Methode einige Tasks bzw. Tools bereit, wie bereits auf Seite 166 aufgelistet. Im Folgenden wird der allgemeine Vorgang der Simulation beschrieben.

Task: MM – Master Modeler

Für die Analyse der UHV – Durchführungen werden die Modelldaten die bereits für die Zeichnungserstellung modelliert wurden geöffnet. Die Innengeometrie und die für die FEM Analyse noch benötigten Parts wie Antenne und Dichtung müssen zunächst noch modelliert werden. Mit Hilfe des Tools „add“ (Hinzufügen) wird die UHV – Durchführung zusammengefügt. Die komplett erstellten Solids (Volumenkörper) benötigen für weiteres Vorgehen noch eine Materialzuweisung mit den dazugehörigen Materialeigenschaften, wie E – Modul und Querkontraktion.

Die Werte der E – Module sind der Tabelle auf Seite 66/67 zu entnehmen. Der E – Modul ist ein Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten beschreibt. Materialien mit hohen E – Modul sind „steif“ und mit niedrigen E – Modul sind „nachgiebig“.

Die Querkontraktion ν beschreibt das Verhalten bei Zug -, bzw. Druckkräften. Das Material wird bei Zugkräften länger, aber auch gleichzeitig dünner. Die Dichte des Materials bleibt aber konstant.

Dieses Phänomen wird von der Querkontraktion beschrieben. Diese Werte halten sich bei Metallen zwischen 0,25 und 0,35 auf, bei Polymeren etwa zwischen 0,3 und 0,4. Sie wird auch als „Poissons Ratio“ bezeichnet und ist eine einheitenlose Kennzahl.

Als weiteren Kennwert wird das Schubmodul, auch G –Modul benötigt, das sich das System aus dem E – Modul und der Querkontraktion über folgende Beziehung selber errechnet.

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1+\nu)} \approx 0{,}4 \cdot E \qquad \text{(für } \nu \approx 0{,}3\text{)}$$

Man wechselt in den Task „Boundaring Condition“ (siehe Ablaufdiagramm).

Task: BC – Boundaring Condition

In dem Task „Boundaring Condition“ werden die Randbedingungen für das Bauteil festgelegt. Hierbei unterscheidet man zwischen natürlichen und wesentlichen Randbedingungen. Zu den natürlichen Randbedingungen gehören unter anderem Lagerungen und Einspannungen (wie Schweißverbindungen). Die wesentlichen Randbedingungen sind z.B. Lasten, Kräfte oder Temperaturen.

Folgend wird der chronologische Ablauf der Randbedingungen für die UHV – Durchführungen im Task „Boundaring Condition“ beschrieben.

Es wird zunächst die natürliche Randbedingung festgelegt. Dabei handelt es sich um die Verbindungsschweißnaht zwischen Strahllagemonitor und UHV – Durchführung. Diese Randbedingung (feste Einspannung) wird über das Tool „Displacement Restraint“ festgelegt.

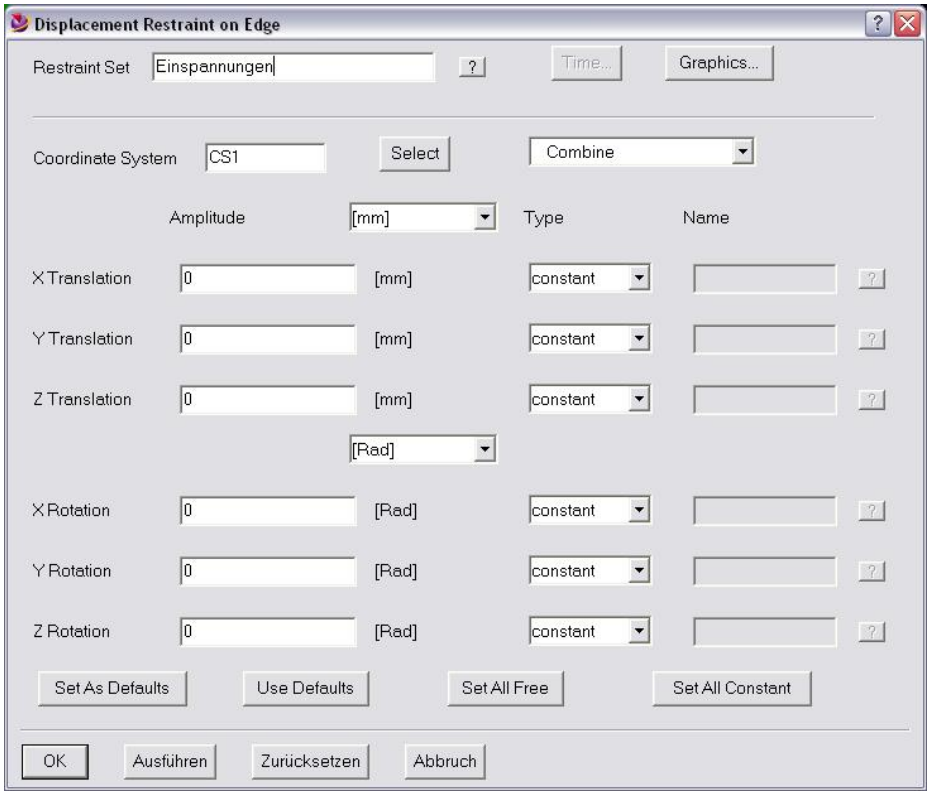


Abbildung 11.03: Das Menü „Displacement Restraint“ von IDEAS

Die UHV – Durchführung wird an der Schweißnaht in allen sechs Freiheitsgraden festgelegt. Die Translation und die Rotation werden mit 0 mm, bzw. mit 0 Rad festgelegt. Dadurch ist keine Bewegung der UHV – Durchführung im Strahllagemonitor möglich.

IDEAS kennzeichnet die erfolgreiche Festlegung der Freiheitsgrade mit zwei Koordinatensystemen, das erste stellt die rotatorischen und das zweite die translatorischen Freiheitsgrade dar (siehe Abbildung 11.04).

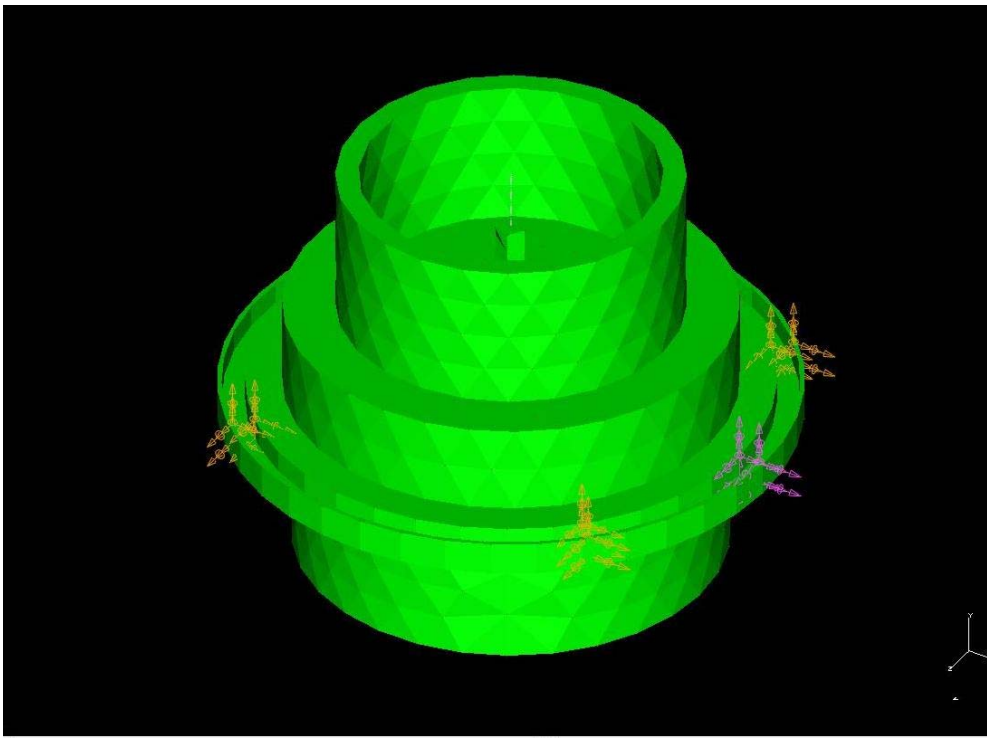


Abbildung 11.04: Feste Einspannung an der Schweißverbindung der UHV – Durchführung.

Als nächstes wird die wesentliche Randbedingung in Form von Temperaturdifferenzen angegeben. Unter dem Tool „Temperature“ wird die max. Bauteiltemperaturdifferenz angegeben.

Folgend werden alle Randbedingung des Bauteils in dem Tool „Boundary Condition Set“ zu einer Randbedingung zusammengefasst. Bei der Temperatureingabe, bzw. bei der Differenz der Temperaturen ergab sich die Schwierigkeit, dass es durch den Zeitrahmen der Arbeit bedingt, nicht möglich war, Temperaturdifferenzen über eine bestimmte Zeit für die Bauteile zu erstellen.

Es wurde die Temperaturdifferenz von 300 K in einer unbekannten Zeit angenommen. Hierdurch ergeben sich Ungenauigkeiten im Ergebnis der FE – Methode. Die entstehenden Spannungen und Verformungen sollten daher kritisch hinterfragt werden.

Es wird zum Task „Meshing“ gewechselt.

Task: ME – Meshing

Für die folgende Bauteilanalyse werden alle drei Bauteile vernetzt. Das bedeutet die Oberfläche des jeweiligen Bauteils wird mit einem Netz nachgebildet. Es wird je nach Genauigkeit und Rechenleistung das Netz in unterschiedlich viele Elemente und Knoten aufgeteilt. Je feiner die Vernetzung ist, desto genauer bildet das Netz die Konturen des Bauteiles nach, aber desto höher sind auch die benötigte Rechenleistung und die Rechenzeit.

Unter dem Tool „Define Solid Mesh“ wird das Netz definiert. Hier wird die Größe der Elemente bzw. Anzahl der Knoten festgelegt. Nach der Festlegung des Netzes wird dieses auf „Verzerrung“ (Distortion) und „Ausdehnung“ (Stretch) mit dem Tool „Auto Settings“ überprüft. Die Werte sollten hierbei für „Distortion“ den Wert von 0,7 bzw. für „Stretch“ den Wert von 0,3 nicht unterschreiten. Bei negativen Werten würde das Programm keine Berechnungen erstellen können, da das Netzt Überlappungen aufweist du somit überbestimmt wäre. Wenn die Berechung erfolgt ist, wird ein vernetztes Bauteil erstellt (siehe Abbildung 11.05 und 11.06 auf Seite 175).

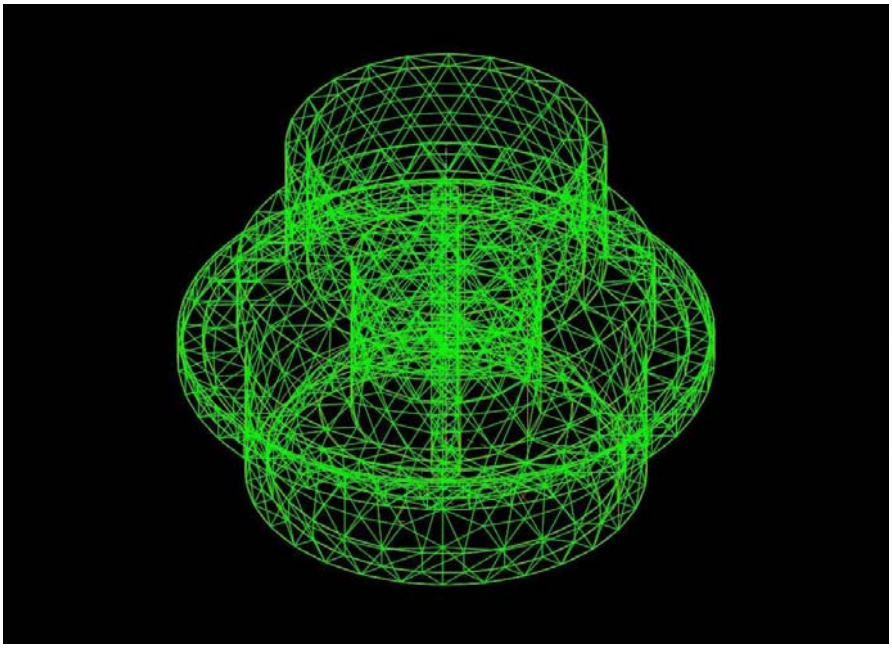


Abbildung 11.05: Die vernetzte UHV – Durchführung. Die verdeckten Kanten sind sichtbar.

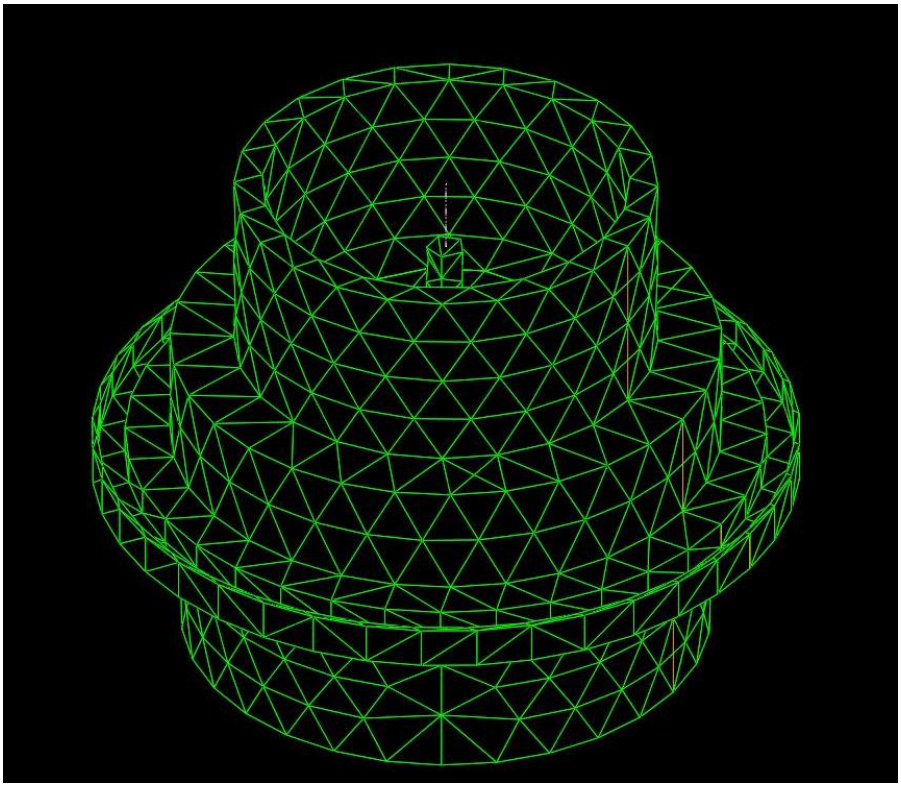


Abbildung 11.06: Die vernetzte UHV – Durchführung. Die verdeckten Kanten sind unsichtbar.

Task: MO – Model Solutions

Im Task „Model Solution“ wird das vernetzte Bauteil anhand der gegebenen Randbedingungen berechnet und farblich als Gitternetz – Graphik dargestellt.

Das folgende Bild beschreibt den Rechenprozess. Zu sehen ist ein Diagramm in dem die Anzahl der Gleichungen (Equations) über die Anzahl der Knoten (Supernode) aufgetragen sind. Dieser Rechenprozess dauert je nach Güte der Vernetzung und Rechenleistung einige Minuten.

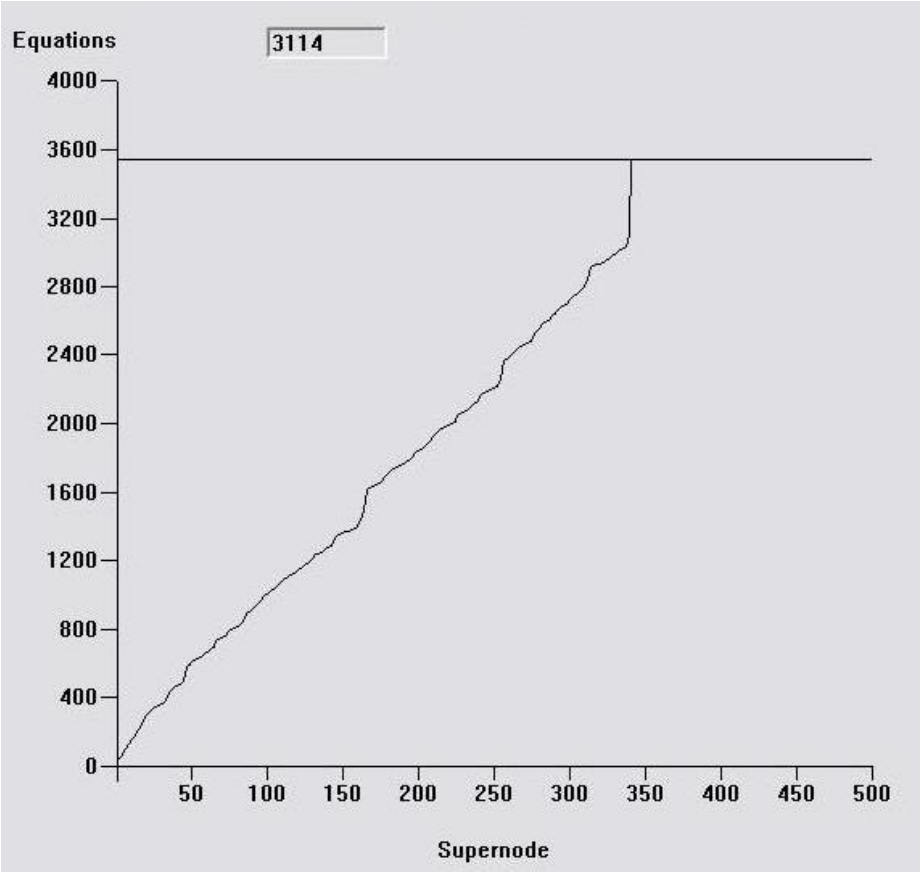


Abbildung 11.07: Der Rechenprozess

Der letzte, aber für die Darstellung „wichtigste“ „Task“ ist der „post processor“.

Task: Post Processing

Anhand der Randbedingungen und des bereits erstellten Gitternetzes im Task „Model Solution“ errechnet der Post Prozessor alle darzustellenden Spannungen im Bauteil. Diese sind mit einem „Visualisier“ darstellbar. Die unterschiedlichen Spannungsintensitäten sind unterschiedlichen Farben zugeordnet. Dabei sind die rotfarbigen Kennzeichnungen besonders zu beachten, da hier erhöhte Spannungen auftreten.

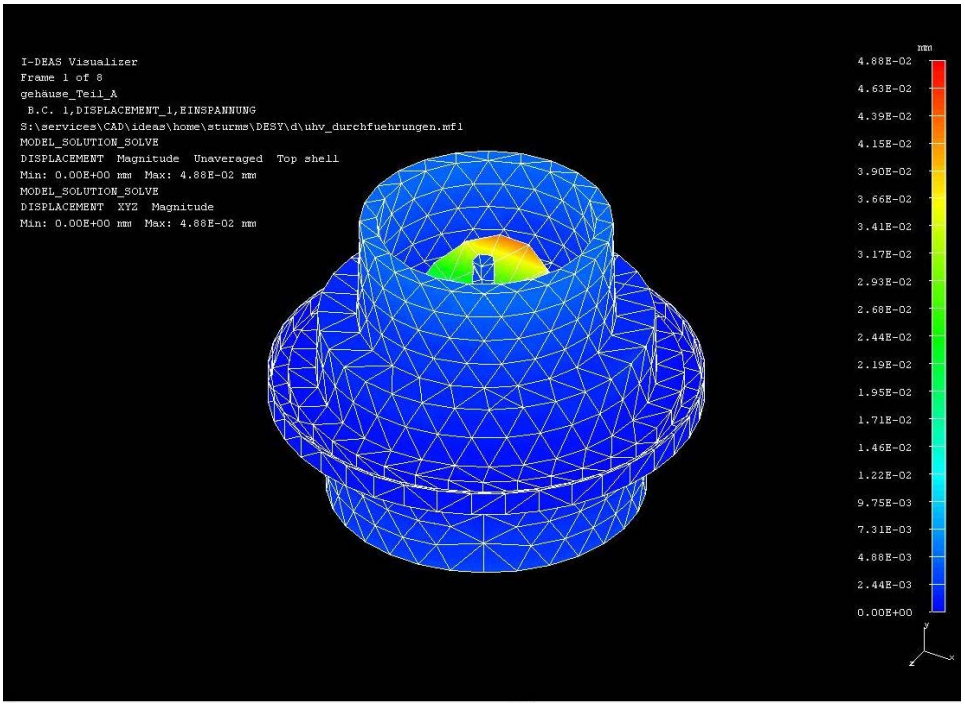


Abbildung 11.08: Die Verformung der einzelnen Komponenten.

Die Abbildung 11.08 zeigt die Verformungen (Displacement) bei einer Temperaturdifferenz von 300 K an. Die größten darstellbaren Verformungen in der UHV – Durchführung sind bei der Isolation

(Keramik) zu erkennen. Sie befinden sich im „gelb-roten“ Bereich. Die Verformung beträgt in dem Bereich ca. 4. 10^{-2} mm.

In der folgenden Auswertung werden anhand der ausgewählten UHV – Durchführung des Weiteren Spannungsverläufe, Verformungsverläufe und der Reaktionskraftverlauf dargestellt.

11.6. Die Auswertung

Zur Auswertung der UHV – Durchführungen stehen die statische Berechnung aus Kapitel 8 (Seite 106 bis Seite 112) und die Graphische FEM Lösung aus diesem Kapitel zur Verfügung.

Wie bereits Erwähnt gilt die Rechnung aus Kapitel 8 nur für statische Wärmeausdehnungskoeffizienten im Bereich von 20 °C. Diese Rechnung ist daher nur überschlägig zu bewerten. Sie weist auf eine erste Tendenz und auf mögliche Problemstellen in den UHV – Durchführungen hin.

Aufgrund der betrieblichen Geheimnisse der Hersteller (z.B. MEGITT) solcher UHV – Durchführungen, sind die genauen Materialangaben und zugehörigen Kenngrößen nicht genau bekannt. Vor allem beim Fügeverfahren und dem Lot sind Toleranzen der Werkstoffkenndaten möglich.

Die FE – Methode mit der Berücksichtigung von Temperaturdifferenzen und Werkstoffkenndaten weist eine andere Tendenz auf.

Die Graphische FEM zeigt das an den Übergängen der unterschiedlichen Materialien, wie zum Beispiel an den Lötstellen und Isolatoren nur sehr geringe Spannungen zu erkennen sind (siehe Abbildung 11.09 – 11.11). Dieses Verhalten ist auf die sehr gute Werkstoffpaarung und derer Ausdehnungskoeffizienten zu einander zurückzuführen.

Allerdings sind die folgenden Bilder mit den Spannungs- und Verformungsangaben eher kritisch zu betrachten. Wie bereits erwähnt sind Schwierigkeiten bei der Angabe der Temperaturdifferenzen entstanden. Weitere Schwierigkeiten sind unter anderem die Eingabe der unterschiedlichen Materialien mit Ihren unterschiedlichen Kennwerten, wie E – Modul und Querkontraktion. Die entstandenen Probleme sind im vorhandenen Zeitrahmen der Diplomarbeit nur teilweise zu bearbeiten

gewesen. Das CAD – System IDEAS stellt eine Vielzahl von Tools und Features zur Berechnung zur Verfügung. Die einzustellenden Parameter konnten nicht in allen Bereichen berücksichtigt werden. Es wurden zum Teil Bereiche mit Standard (default) Einstellungen abgedeckt. Dieser Bereich ist im weiteren Vorgehen für exaktere Berechnungen nachzuarbeiten.

Die Abbildung 11.09 zeigt die Verformungen (Displacement) der einzelnen Komponenten der UHV – Durchführungen nach der Abkühlung. An den Stellen die farblich markiert sind, sind die größten Verformungen aufgetreten. Die Skala auf der rechten Seite gibt die Verformung in mm an. Hier ist der unterste Wert 0 mm und der oberste Wert $4{,}88*10^{-2}$ mm. Ob die Verformungen im Bereich zwischen $3{,}9*10^{-2}$ und $4{,}2*10^{-2}$ mm bereits ausreichen, um die UHV – Durchführungen zu beschädigen und somit eine Leckage zu verursachen, oder ob das Fügematerial „Kupferlot“ diese Verformungen durch hohe Elastizität ausgleichen kann, muss über die zulässigen Spannungen und vorhandenen Spannungen ermittelt werden. Die vorhandenen Spannungen sind in der Abbildung 11.10 auf Seite 182 zu erkennen. Die zulässigen Spannungen sind dem Kapitel „Die Dichtigkeitsprüfung auf Ultrahochvakuumtauglichkeit“ auf Seite 111 und 112 zu entnehmen.

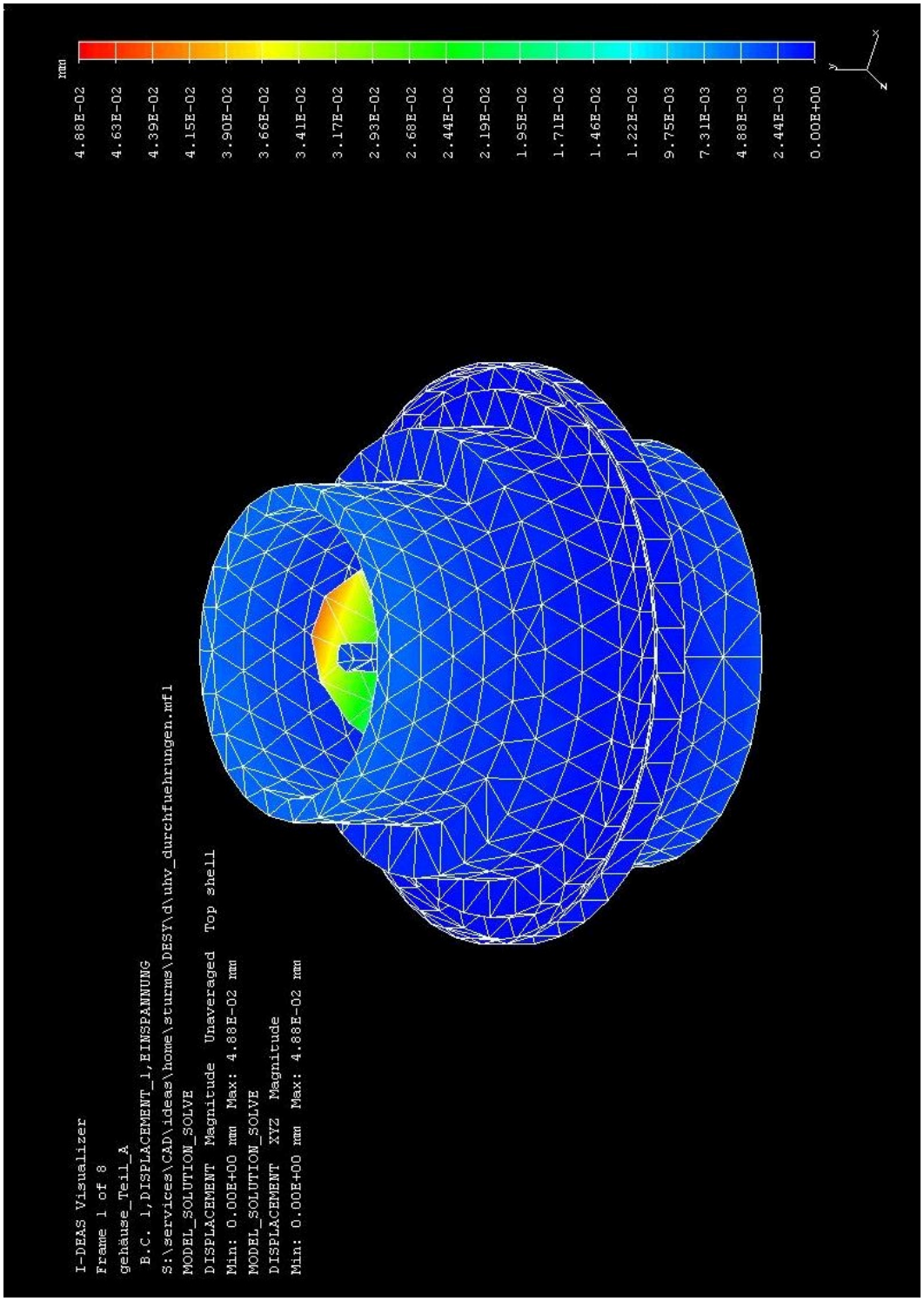


Abbildung 11.09: Die Verformung in der UHV – Durchführung

Die kommende Abbildung 11.10 macht die vorhandenen Spannungen (Stress, von Mises) deutlich. Hierbei ist der Spannungsverlauf kritisch zu betrachten. Die Hauptspannungen treten hiernach an den festen Einspannungen der UHV – Durchführung auf. Die größte Spannung beträgt hier ca. 1,00 $*10^5$ mN/mm^2, entspricht 100 N/mm^2. Die zulässigen Werte sind weit über den vorhandenen Spannungen (siehe Seite 111/112). Nach der Durchführung der FE – Methode sind diese UHV – Durchführungen nicht im kritischen Bereich.

Aus der Abbildung 11.10 ist zu erkennen, das die zu erwartenden Spannungen im Inneren der UHV – Durchführungen nicht in dem Kritischen Maße auftreten. Jedoch ist in der Einspannung eine ersichtliche Spannung zu erkennen. Durch die konzentrierte Belastung am äußeren Rand steigt die Wahrscheinlichkeit einer Leckage in diesem Bereich.

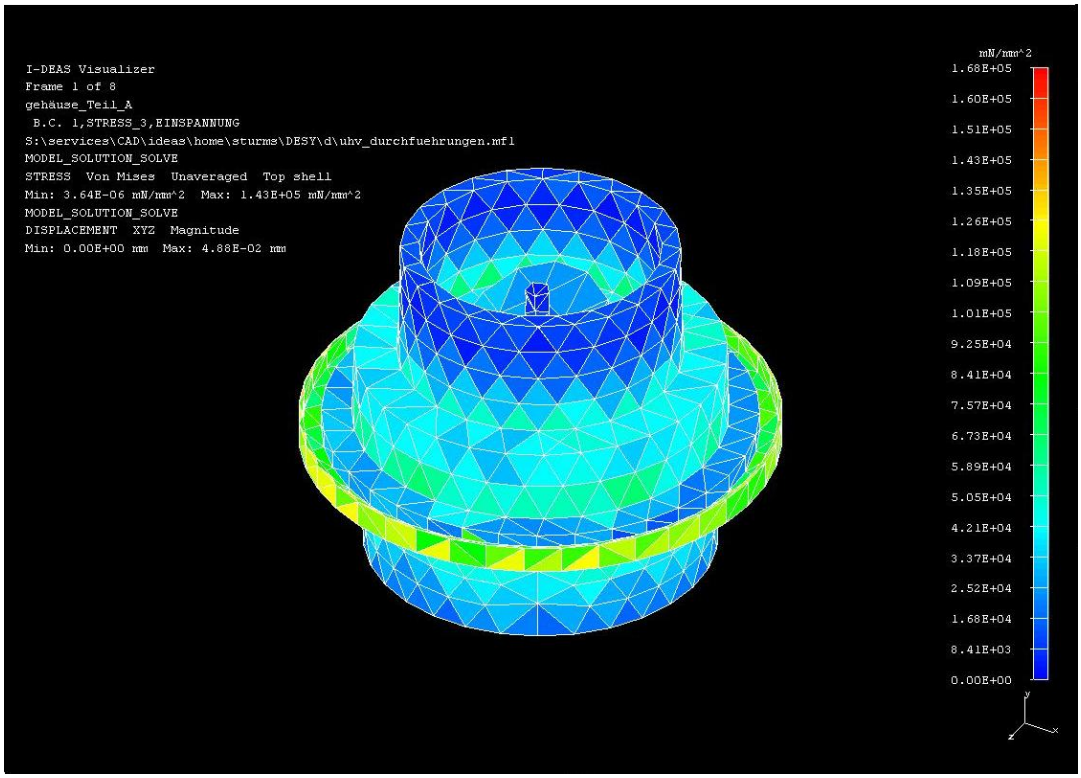


Abbildung 11.10: Die vorhandenen Spannungen an der UHV – Durchführung

Die letzte Abbildung 11.11 gibt die Reaktionskraft (Reaction Force) in Folge der Temperaturdifferenz an der Festeinspannung wieder. Sie liegt im Bereich von ca. 250 N. Das entspricht einer Last von etwa 25 kg die die Schweißnaht in dem Bereich aushalten muss. Hierbei ist zu beachten, dass die UHV – Durchführung für die Berechnung nicht im Monitorgehäuse verbaut ist. Die Wärmeabführung an die Umgebung ist wesentlich langsamer, als die Wärmeleitung im Monitorgehäuse. Dadurch werden die abgebildeten Reaktionskräfte stark überzeichnet. Diese Erkenntnis gilt auch für die Darstellung der Spannungsverläufe und für den Verformungsverlauf.

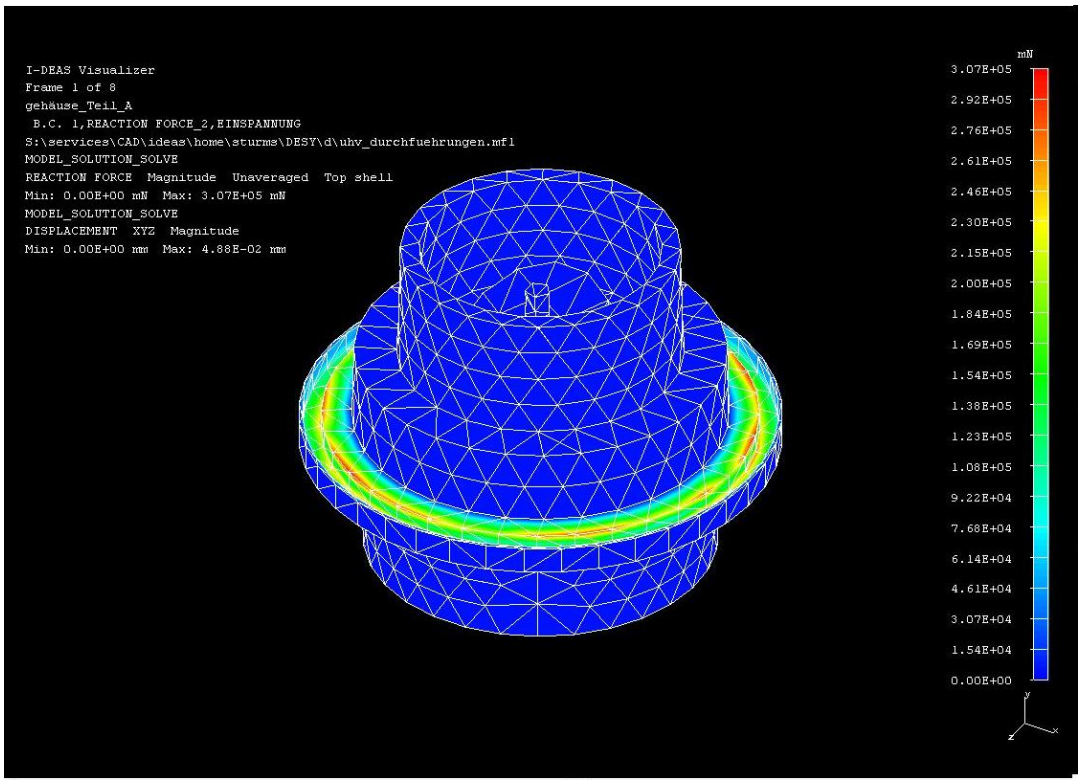


Abbildung 11.11: Die Reaktionskräfte an den Einspannungen

Als Ergebnis dieser umfangreichen Software Berechnung ist zu vermerken, das eine vorausgehende Werkstoffanalyse in einem Werkstofflabor notwendig ist, da bereits geringe Abweichungen von den Materialkennwerten die Ergebnisse verfälschen.

Des Weiteren ist ein routinierter Umgang und viel Erfahrung in diesem Bereich der FEM erforderlich, um die Ergebnisse tiefgehend zu analysieren. Auch der regelmäßige Umgang mit spezieller FEM Software ist von Vorteil. Der Erfahrungsaustausch mit Spezialisten ist bei komplizierten Baugruppen mit mehreren Einzelteilen und unterschiedlichen Materialien notwendig.

Im weiteren Vorgehen der FEM – Berechnung wird empfohlen nicht im Einzelnen die UHV – Durchführung zu berechnen, sondern eine komplette Monitoreinheit zu verwenden. Diese besteht aus einem Monitorgehäuse und den vier verschweißten UHV – Durchführungen. Dieses hat zur Folge, dass die Wärmeableitungen an der Schweißnaht jeder UHV – Durchführung zusätzlich von der Wärmeleitung des Monitorgehäuses beeinflusst wird. Die Spannungen breiten sich im gesamten Monitor aus und sind nicht nur an den Kanten der UHV – Durchführungen „gefangen“. Das mindert im Falle der gezeigten Abbildungen die Höhe der Spannungen, Verformungen und Reaktionskräfte.

Das hieraus zu erwartende Ergebnis entspricht in diesem Falle den Ergebnissen aus den durchgeführten Kryogenik – Testreihen.

12. Wirtschaftliche Betrachtung

Für eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung liegen zur zeit nur Information über Ausfallzeiten von UHV – Durchführungen am Speicherring HERA vor.

Der Betrieb derartiger Großforschungsanlagen hängt nicht nur alleine von den Mitteln der Stadt Hamburg und des Bundes ab. In der Zukunft werden Beschleuniger wie FLASH und das Zukunftsprojekt XFEL s.g. „Userfacilities“sein, welche Teilchenstrahlen in bestimmter Güte und Brillanz exakt nach den Anforderungen der „User“ liefern, die diese Teilchennutzungszeit „bezahlen“.

Um somit einen effektiven Strahlbetrieb mit größtmöglicher Strahlnutzzeit zu erhalten, müssen alle Komponenten fehlerresistent und wartungsfreundlich arbeiten.

Aus dem Ergebnis von ca. 16 Jahren Strahlbetrieb an HERA ist bekannt, dass von ca. 200 BPM’s mit je vier UHV – Durchführungen, 20 BPM’s mit gebrochenen Keramiken in UHV – Durchführungen ausgetauscht werden mussten. Das ist eine ca. 10 %ige Fehlerrate.

Diese BPM’s waren alle bei Tieftemperatur im HERA Protonenring in Einsatz. Ein Tausch eines Monitors konnte vor Ort durchgeführt werden, jedoch musste das bestreffende Kryomodul Warmgefahren werden und das Vakuum geöffnet werden. Dieser Tausch wurde immer im Zusammenhang mit einem anderen Fehler durchgeführt, sodass ein Bruch einer UHV – Durchführung keine direkte Auswirkung auf eine Strahlunterbrechung hatte.

Welche Auswirkungen ein Bruch einer UHV – Durchführung in Modulen des XFEL haben wird, ist nur sehr schwer vorherzusagen, da es bei anderen Großforschungsinstitute dieser Art keine nennenswerten Langzeitstudien und Fehler – Nutzenanalysen gibt.

Die Erfahrungen bei FLASH zeigen, dass die Qualität der Module leidet, wenn durch Leckagen das Vakuum sich verschlechtert. Im worst – case – Fall kann durch den Einbruch von Sauerstoff in das Modul, das Modul einfrieren und somit komplett ausfallen. In diesem Fall muss das schadhafte Modul ausgetauscht werden.

Wie lange so ein Vorgang dauert ist zurzeit nicht kalkulierbar.

Als Fazit ist zu vermerken, dass eine Fehlerrate bei 10% eindeutig zu hoch ist. Durch einsatzoptimierte Gestaltung der UHV – Durchführungen, mittels FEM, durch Vorversuche, durch prozessfähige Herstellung der zukünftigen UHV – Durchführungen und durch notwendige Testreihen, ist die Ausfallrate nahezu auf Null % zu minimieren.

Dabei darf auch die Lebensdauer von UHV – Durchführungen nicht unberücksichtigt bleiben.

13. Die Schlussbetrachtung und der Ausblick auf weitere Vorgehensweisen

Für die Testreihe wurden vier Durchführungstypen von zwei Herstellern ausgewählt. Die Durchführungen wurden nach ihren Montagemöglichkeiten in zwei Gruppen, die Schweißvariante und in die Flanschvariante, eingeteilt.

Alle vier Durchführungstypen wurden durch jeweils zwölf Probanden vertreten. Es entstand dadurch eine Testreihe von 48 Durchführungen. Nach den Vorgaben des TDR muss jede Durchführung mindesten zehnmal mit einem Kalt – Warmfahrzyklus beansprucht werden. Um dieser Anforderung in einem vorgegebenen Zeitrahmen gerecht zu werden, wurden jeweils vier Durchführungen in einem Summenlecktest zusammengefasst und geprüft. Dadurch entstanden 120 Kalt – Warmfahrzyklen.

Die Abschlußprüfung der UHV – Durchführungen hat keine Beanstandung in Folge von Leckagen und Undichtigkeit ergeben.

Die FMEA Methode vor den Testreihen hat gezeigt, dass bei den vier verschiedenen Kaufteiltypen nach der Bewertung keine Verbesserungsmaßnahmen vorzusehen sind.

Die im Anschluss an die Testreihen durchgeführte FE – Methode hat gezeigt, dass die vorhandenen Spannungen im Bauteil die der zulässigen Spannungen nicht überschreiten.

Die Qualität der derzeitigen UHV – Durchführungen hat in den Testreihen alle Erwartungen übertroffen. Aus Erfahrungen beim DESY über mehrere Jahre hinweg, sind bisweilen etwa 10 % der UHV – Durchführungen während ihrer geplanten Lebensdauer Leck geworden. Dies wären im Falle der Testreihe von 48 Stück ca. 5 Durchführungen. Die Erkenntnis dieser überraschend gut ausgefallenen Testreihe ist, dass es entweder ein statistischer Zufall ist oder das ein erheblicher Qualitätsgewinn in den letzten zwei Jahren entstanden ist.

Für die künftige Verwendung der UHV – Durchführungen sollten weiterhin stichprobenartig Testreihen durchgeführt werden. Der Aufwand der Testreihen sollte jedoch verringert werden. Als weiteres Vorgehen wird empfohlen, die Testreihen der UHV – Durchführungen, auf drei Zyklen zu reduzieren. Aufgrund von Erfahrungswerten beim DESY, entstehen die Leckagen in den Anfangszyklen. Die Schlussfolgerung liegt nahe, das Leckage bei UHV – Durchführungen meist nur entstehen, wenn es sich um Fertigungs- Material- oder Fügefehler handelt. Die sind bereits nach wenigen Zyklen zu erkennen. Ein weiterer Vorteil ist es, dass die UHV – Durchführungen mit den verringerten Zyklen weniger stark belastet werden und dadurch die allgemeine Lebensdauer im Wesentlichen nicht beeinträchtigt wird.

Der zeitliche Aufwand und die dadurch entstehenden Kosten der Prüfung von 48 Durchführungen mit jeweils zehn Zyklen, stehen nicht im Verhältnis zu den erhaltenen Ergebnissen. Der Aufwand von drei Zyklen ist zu vertreten und würde die gewünschten Ergebnisse kostengünstiger liefern.

Die Temperaturdifferenz bei den Testreihen von 4 K bis 290 K ist weiterhin zu empfehlen, da es der realen Situation im Beschleuniger entspricht. Auch die extreme Beanspruchung in kürzester Zeit, sprich Kaltfahren in 12 min und Warmfahren direkt im Anschluss, sind mögliche Situationen im Beschleuniger-betrieb.

Eine weitere Empfehlung bei der Prüfung der UHV – Durchführungen im Kryostaten, wäre ein Insertadapter der auch Schweißvarianten und verschiedene Flanschvarianten aufnehmen kann. Dieses würde eine Umkonstruktion der Durchführungen überflüssig machen und somit Kosten und Zeitersparnisse mit sich bringen. Ständig erneuerbarer Konstruktions- und Fertigungsaufwand entfallen.

Die Verwendung der UHV – Durchführungen können dann ohne sonstige Umkonstruktionen, in ihrem Einsatzgebiet weiter verwendet werden.

14. Literaturverzeichnis

Christian Edelmann
Vakuumphysik
Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg • Berlin, 1998

PUPP/HARTMANN
Vakuum Technik - Grundlagen und Anwendungen
Carl Hanser Verlag München Wien, 1991

K. Wille
Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrontronstrahlungs-quellen
Teubner Studienbücher, Auflage 2

LEYBOLD VACUUM
Grundlagen der Vakuumtechnik
LEYBOLD VACUUM GmbH, 2002

15. Internetverzeichnis

http://www.m-woite.de/de/werkstoffe.shtml

http://zms.desy.de/ueber_desy/index_ger.htm

http://zms.desy.de/forschung/beschleuniger/index_ger.htm

http://xfelinfo.desy.de/de/xfelpilotanlage/2/index.html

http://adweb.desy.de/mdi/aufgabe.htm

http://www.goodfellow.com/csp/active/static/g/siliziumdioxid.html

http://www.lenntech.com/deutsch/Data-PSE/He.htm

http://avt-vakuumtechnik.de/lexikon/erzeugung/drehschieber.htm

http://www.kupfer-institut.de/front_frame/pdf/CuSn10-C.pd

http://www.asd-online.com/ger/ger_jsmindex.htm?fem-analyse.htm

http://www.fz-juelich.de

http://www.uni-oldenburg.de

http://de.wikipedia.org/wiki/pt100

http://www-kryo.desy.de/documents/softwareKRYK/HERA/helals.html

http://www.kreamverband.de/keramik/deutsch/fachinfo/werkstoffe.html

16. Der Anhang

16.1. Die Listen

Baugruppenliste

Stückliste

16.2. Die Protokolle

Fertigungskontrolle, Typ A

Fertigungskontrolle, Typ B

Fertigungskontrolle, Typ C

Fertigungskontrolle, Typ D

Leckagetest, Typ A vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ B vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ C vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ D vor Kryogeniktestreihe

Summen-Leckagetest, Typ A

Summen-Leckagetest, Typ B

Summen-Leckagetest, Typ C

Summen-Leckagetest, Typ D

Leckagetest, Typ A nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ B nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ C nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ D nach Testreihenabschluss

16.3. Die Untersuchungsberichte der Firma MAN-Diesel

UHV-Durchführung, Typ A

UHV-Durchführung, Typ B

UHV-Durchführung, Typ C

UHV-Durchführung, Typ D

16.4. Die Fertigungszeichnungen

Baugruppe, Typ A

Baugruppe, Typ B

Baugruppe, Typ D

Einzelteil, Rohr_innen

Einzelteil, Rohr_aussen

Einzelteil, Adapterring für Typ A

Einzelteil, Adapterring für Typ B

Einzelteil, Adapterring für Typ D

Einzelteil, CF16 Flansch geschlitzt

Einzelteil, Scheibe 6,5mm-10mm

16.5. Die Pläne

Ablaufplan

Prüfprozedur

16.6. Die Trendgrafiken

Trendgrafik 100

Trendgrafik 101

Trendgrafik 102

Trendgrafik 103

Trendgrafik 104

Trendgrafik 105

Trendgrafik 106

Trendgrafik 107

Trendgrafik 108

16.0 Der Anhang

16.1. Listen

Baugruppenliste

Stückliste

Baugruppenliste

	Posi	Einzelteile	Stück	Halbzeug	Werkstoff	Teilbezeichnung
Baugruppe 3_06_4125/A.000/5.1						UHV - Durchführung Teil A
	1	3_06_4125/A.001/5.1	1	RM Rd Ø40x20	_1.4435	Adapterring Teil A
	2	3_06_4125/A.002/5.1	1	RM Rd Ø20x16	_1.4435	Rohr Update von CFL 16 innen
	3	3_06_4125/A.003/5.1	1	Kaufteil	_1.4429	CF 16 DN Flansch
Baugruppe 3_06_4125/B.000/5.1						UHV Durchführung Teil B
	4	3_06_4125/B.001/5.1	1	RM Rd Ø20x20	_1.4435	Adapterhülse Teil B
	2	3_06_4125/B.002/5.1	1	RM Rd Ø20x16	_1.4435	Rohr Update von CFL 16 aussen
	3	3_06_4125/A.003/5.1	1	Kaufteil	_1.4429	CF 16 DN Flansch
Baugruppe 3_06_4125/C.000/5.1						UHV Durchführung Teil SMA
	5	3_06_4125/C.001/5.1	1	RM Rd Ø30x30	_1.4435	Adapterring Teil SMA
	2	3_06_4125/A.002/5.1	1	RM Rd Ø20x16	_1.4435	Rohr Update von CFL 16 innen
	6	3_06_4125/C.002/5.1	1	Kaufteil	_1.4429	CF 16 DN Flansch geschlitzt

Stückliste

Posi	Einzelteile	Stück	Halbzeug	Werkstoff	Teilbezeichnung	Lagernummer
1	3_06_4125/A.001/5.1	12	RM Rd Ø40x20	_1.4435	Adapterring Teil A	
2	3_06_4125/A.002/5.1	24	RM Rd Ø20x16	_1.4435	Rohr Update von CFL 16 innen	
3	3_06_4125/A.003/5.1	24	Kaufteil	_1.4429	CF 16 DN Flansch	
4	3_06_4125/B.001/5.1	12	RM Rd Ø20x20	_1.4435	Adapterhülse Teil B	
5	3_06_4125/C.001/5.1	12	RM Rd Ø30x30	_1.4435	Adapterring Teil SMA	
6	3_06_4125/C.002/5.1	12	Kaufteil	_1.4429	CF 16 DN Flansch geschlitzt	
7	nach Skizze	24	RM Rd Ø10	_1.4435	Scheibe M6	
8	3_06_4125/B.002/5.1	12	RM Rd Ø20x16	_1.4435	Rohr Update von CFL 16 aussen	
9		24	Din 912	Titan	Sonderschraube, Zylinderschraube mit Innensechskannt, M6x14	
10		12	Kaufteil	_1.4429	UHV Flachdichtung VAT	94945-01
11		70	Kaufteil	Kupfer	UHV-Cu-Flachdichtung	64506
12		70	DIN 933	A2_1.4435	Sechskantschraube, M4x20	75401
13		70	DIN EN 24032	A2_1.4435	Sechskantmutter M4	75636
14		70	DIN EN ISO 7090	A2_1.4435	Scheibe Form B M4	75662
15						
16						

16.2 Protokolle

Fertigungskontrolle, Typ A

Fertigungskontrolle, Typ B

Fertigungskontrolle, Typ C

Fertigungskontrolle, Typ D

Leckagetest, Typ A vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ B vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ C vor Kryogeniktestreihe

Leckagetest, Typ D vor Kryogeniktestreihe

Summen-Leckagetest, Typ A

Summen-Leckagetest, Typ B

Summen-Leckagetest, Typ C

Summen-Leckagetest, Typ D

Leckagetest, Typ A nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ B nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ C nach Testreihenabschluss

Leckagetest, Typ D nach Testreihenabschluss

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	1
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	2
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	3
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	4
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	16.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	5
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	6
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	7
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	8
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	17.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	9
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	10
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	11
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	12
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil A
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	MEGGITT
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	18.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	13
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	14
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	15
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	16
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	19.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	17
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	18
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	19
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	20
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	20.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	21
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	22
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	23
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	24
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil B
	Ersteller :	Herr Sebastian Sturm

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/A.003/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/B.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	META.CERAM-QUARTEX
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	21.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	25
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	26
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	27
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	28
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	29
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	30
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	31
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	32
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	33
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	34
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	35
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	36
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "C"
	Ersteller :	Herr Dennis Müller

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	nicht notwendig keine Umkonstruktion
	Untersuchungsort :	
	Person :	
	Verfahren :	
	gemessene Leckrate >10^{-8} :	

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	37
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	38
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	02.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	39
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	05.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	10.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	23.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	40
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	41
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	42
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	43
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	44
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	03.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	06.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	11.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	45
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	46
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	47
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll		
	Durchführungsnr.:	48
	Baugruppenart :	UHV-Durchführung Teil "D"
	Ersteller :	Herr Dennis Mueller

Einzelteile

Flansch		
	Zeichnugsnummer :	3_06_4125/C.002/5.1
	Material :	1.4429
	Herstellungsdatum :	04.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Rohr		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/A.002/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	09.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Adapterring		
	Zeichnungsnummer :	3_06_4125/C.001/5.1
	Material :	1.4435
	Herstellungsdatum :	12.10.2006
	Fertigungsort :	DESY, Technikerwerkstatt
	Person :	Herr Gert Strupel
	Prüfung Abmaße :	Ok

Durchführung		
	Hersteller :	KAMAN
	Art :	UHV_HF_Durchführung
	Kaufteil :	Ja

Schweißen der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Mikro-WIG

Lecksuche der kompletten Baugruppe		
	Datum :	24.10.2006
	Untersuchungsort :	DESY, Hauptwerkstatt
	Person :	Herr Wolfgang Menck
	Verfahren :	Helium-Lecksuche/Sprütechnik
	gemessene Leckrate $>10^{-8}$:	$2*10^{-10}$ [mbar*l/s]

Prüfprotokoll
Einzeltest vor Kryogeniktestreihe

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Dennis Müller
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil A

Messung :

Durchführungsnr.:	1	2	3	4	5	6
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit:	11.06	11.12	11.19	11.24	11.32	11.38
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	7	8	9	10	11	12
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit:	11.44	1..49	11.54	12.02	12.09	12.16
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest vor Kryogeniktestreihe

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Dennis Müller
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil B

Messung :

Durchführungsnr.:	13	14	15	16	17	18
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit	10.00	10.08	10.12	10.16	10.21	10.25
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	19	20	21	22	23	24
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
Uhrzeit:	10.31	10.37	10.42	10.51	10.56	11.00
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest vor Kryogeniktestreihe

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Dennis Müller
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil C

Messung :

Durchführungsnr.:	25	26	27	28	29	30
Prüftemperatur: [K]	294	294	294	294	294	294
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10
Uhrzeit:	14.10	15.15	15.25	15.33	15.36	15.41
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	31	32	33	34	35	36
Prüftemperatur: [K]	294	294	294	294	294	294
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10
Uhrzeit:	15.44	15.54	15.59	16.04	16.09	16.14
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest vor Kryogeniktestreihe

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Dennis Müller
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil D

Messung :

Durchführungsnr.:	37	38	39	40	41	42
Prüftemperatur: [K]	294	294	294	294	294	294
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10
Uhrzeit:	16.18	16.23	16.27	16.33	16.38	16.42
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	43	44	45	46	47	48
Prüftemperatur: [K]	294	294	294	294	294	294
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10	30.10
Uhrzeit:	16.47	16.53	16.58	17.04	17.10	17.15
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Summentest

Ort	DESY, MKS
Ersteller	Sebastian Sturm
UHV-Durchführungstyp	Teil A

	Flansch-nummer	Durchführungs-nummer
Adapter-flansch 1	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
Adapter-flansch 2	1	5
	2	6
	3	7
	4	8
Adapter-flansch 3	1	9
	2	10
	3	11
	4	12

Beschreibung :

Der Summentest im Kryostaten V3 besteht aus drei Testreihen.
Jede Testreihe besteht aus zehn Kalt- und Warmfahrzyklen mit je zwei Datensätzen.
Die Vorgabe besagt das der erste Datensatz bei min. 273K entsteht, der zweite bei konstanten 4,5K im Kryostaten.
Jede Testreihe wird mit vier UHV-Durchführungen des oben genannten Typs bestückt.

Summentest -Teil A- Adapterflansch 1

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187	Trendgrafiknummer	**Bemerkungen**
Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	30.10	16.00	$5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	30.10	17.10	$5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	30.10	17.30	$1,5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	30.10	17.38	$1,5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	01.11	15.30	$1,2*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	01.11	15.38	$1,35*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$0,8*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	01.11	16.30	$1,1*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	910	50	50	50		
1	2	kalt	01.11	16.45	$1,0*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	900	450	450	450	Nein	
	3	warm	02.11	09.47	$9,2*10^{-5}$	3750	1150	1155	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	304	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	52	52	52		
2	4	kalt	02.11	10.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1220	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	445	445	445	100	
	5	warm	02.11	10.45	$9,3*10^{-5}$	3745	1350	1650	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	287	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	785	51	51	51		
3	6	kalt	02.11	11.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1260	1270	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	730	448	448	448	100	
	7	warm	02.11	11.54	$9,8*10^{-5}$	3750	1280	1600	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	810	50	50	50		
4	8	kalt	02.11	12.10	$7,7*10^{-5}$	3725	1150	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	800	404	411	403	100	
	9	warm	02.11	13.15	$9,1*10^{-5}$	3750	1230	1400	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52	OFF	52		
5	10	kalt	02.11	13.42	$7,6*10^{-5}$	3690	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	703	449	OFF	455	100	
	11	warm	02.11	14.31	$9,1*10^{-5}$	3740	1560	1590	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52,5	OFF	52,4		
6	12	kalt	02.11	14.53	$7,7*10^{-5}$	3700	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	695	456	OFF	456	100	
	13	warm	02.11	16.00	$9,1*10^{-5}$	3750	1200	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	750	52	OFF	52		
7	14	kalt	03.11	09.10	$6,9*10^{-5}$	3720	1110	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	425	OFF	430	Nein	
	15	warm	03.11	10.05	$9,1*10^{-5}$	3745	1560	1540	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	282	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	780	52	OFF	52		Helium leer
8	16	kalt	07.11	11.31	$7,5*10^{-5}$	3560	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	430	OFF	430	Nein	
	17	warm	07.11	12.15	$9,1*10^{-5}$	3630	1500	1510	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	880	50	OFF	52		
9	18	kalt	07.11	12.30	$7,7*10^{-5}$	3580	1240	1253	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	852	444	OFF	440	Nein	
	19	warm	07.11	13.08	$9,1*10^{-5}$	3650	1410	1398	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	941	50	OFF	51		
10	20	kalt	07.11	13.30	$7,7*10^{-5}$	3570	1230	1262	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	895	445	OFF	441	Nein	
		warm	07.11	14.13	$6,4*10^{-6}$	3800	1150	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	302	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	940	52	OFF	52		

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Summentest -Teil A- Adapterflansch 2

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	**Bemerkungen**
Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	07.11	15.33	$1,5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	07.11	15.38	$9,9*10^{-5}$		1000		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	07.11	15.42	$9,1*10^{-5}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	07.11	15.45	$8,4*10^{-5}$		1000		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	07.11	15.49	$7,7*10^{-5}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	07.11	15.53	$6,8*10^{-5}$		1000		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	07.11	15.55	$4,7*10^{-5}$	4150	1080	1080	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	294	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	2000	50	50	50		
1	2	kalt	07.11	16.30	$4,5*10^{-5}$	3900	1180	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1900	445	450	452	Nein	
	3	warm	08.11	08.00	$6,3*10^{-4}$	3650	1100	1130	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	52	51	51,5		V1 und V2 werden kalt gefahren
2	4	kalt	08.11	08.23	$5,3*10^{-5}$	3580	1155	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1180	430	431	430	101	.-> evtl.Druckschwankungen
	5	warm	08.11	09.35	$6,1*10^{-4}$	3620	1350	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1150	OFF	51	51,5		
3	6	kalt	08.11	09.50	$4,9*10^{-5}$	3580	1155	1170	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	418	421	101	
	7	warm	08.11	10.31	$5,3*10^{-4}$	3620	1290	1310	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	50,8	52		
4	8	kalt	08.11	10.42	$4,7*10^{-5}$	3570	1180	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1140	OFF	448	438	101	
	9	warm	08.11	11.25	$5,9*10^{-4}$	3620	1300	1360	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1150	OFF	52	52		
5	10	kalt	08.11	11.38	$4,7*10^{-5}$	3565	1210	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1080	OFF	447	446	101	
	11	warm	08.11	12.25	$6,5*10^{-4}$	3630	1260	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1240	OFF	51	51,5		
6	12	kalt	08.11	12.43	$4,5*10^{-5}$	3550	1260	1360	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	OFF	443	442	101	
	13	warm	08.11	13.24	$5,6*10^{-4}$	3600	1330	1360	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1350	OFF	51	51,5		
7	14	kalt	08.11	14.10	$4,3*10^{-5}$	3545	1120	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1260	OFF	446	444	101	
	15	warm	08.11	15.05	$5,5*10^{-4}$	3600	1320	1310	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1310	OFF	52	52		
8	16	kalt	08.11	15.17	$4,3*10^{-5}$	3560	1180	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1240	OFF	448	448	101	
	17	warm	08.11	15.53	$5,2*10^{-4}$	3560	1590	1610	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1230	OFF	52	52		
9	18	kalt	08.11	16.07	$4,2*10^{-5}$	3530	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1100	OFF	448	448	101	
	19	warm	08.11	16.43	$5,2*10^{-4}$	3600	1180	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1250	OFF	51	51		
10	20	kalt	08.11	17.03	$4,4*10^{-5}$	3560	1190	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1220	OFF	451	451	101	
		warm	08.11	18.12	$5,1*10^{-4}$	3590	1180	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1220	OFF	51	51,9		

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Summentest -Teil A- Adapterflansch 3

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen
Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	09.11	10.15	$1*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	09.11	10.19	$9,5*10^{-5}$		1010		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	09.11	10.23	$7,5*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5 min
2	4	spülen	09.11	10.25	$4*10^{-5}$		950		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	09.11	10.29	$5,5*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5 min
3	6	spülen	09.11	10.33	$3,4*10^{-5}$		1090		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	09.11	10.41	$3,6*10^{-5}$	4120	1050	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1950	51	52	51		
1	2	kalt	09.11	11.05	$1,7*10^{-5}$	3900	1020	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1950	438	441	442	Nein	
	3	warm	09.11	12.00	$1,3*10^{-5}$	3850	1010	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	2250	50	50	50		
2	4	kalt	09.11	12.14	$8,3*10^{-6}$	3740	1040	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1900	444	444	442	102	
	5	warm	09.11	13.05	$9*10^{-6}$	3720	1100	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	279	$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	2150	52	51,5	51,5		
3	6	kalt	09.11	13.23	$6,6*10^{-6}$	3700	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	2020	446	443	443	102	
	7	warm	09.11	15.00	$7,2*10^{-6}$	3650	1310	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$1,8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1610	53	52	52		
4	8	kalt	09.11	15.21	$5,5*10^{-6}$	3620	1220	1260	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1460	447	447	446	102	
	9	warm	09.11	16.09	$7,1*10^{-6}$	3680	1120	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	279	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1340	51	51,5	52		
5	10	kalt	09.11	16.53	$4,9*10^{-6}$	3560	1150	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	449	450	450	102	
	11	warm	09.11	17.35	$6,7*10^{-6}$	3640	1130	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	279	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1140	51	51,5	53		
6	12	kalt	09.11	17.48	$4,7*10^{-6}$	3580	1130	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1240	447	447	449	102	
	13	warm	10.11	09.21	$4,8*10^{-6}$	3580	1110	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	279	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1120	52	53	52		
7	14	kalt	10.11	16.18	$3,7*10^{-6}$	3510	1130	1168	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1168	453	447	446	Nein	
	15	warm	10.11	17.22	$4,9*10^{-6}$	3581	1120	1155	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	886	52,04	50,8	51,5		
8	16	kalt	10.11	17.41	$3,8*10^{-6}$	3518	1130	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	869	444	446	453	Nein	
	17	warm	11.11	08.00	$4,2*10^{-6}$	3539	1500	1440	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	279	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	913	51,98	50,8	50,5		
9	18	kalt	11.11	09.00	$3,3*10^{-6}$	3474	1516	1480	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	859	411	413	418	Nein	
	19	warm	12.11	12.15	$3,4*10^{-6}$	3523	1440	1520	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	923	51	51	50,8		
10	20	kalt	12.11	12.32	$3,3*10^{-6}$	3488	1400	1460	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	912	448	446	448	Nein	
		warm	13.11	10.00	$3,3*10^{-5}$	3478	1120	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	910	52	52	52		

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Prüfprotokoll
Summentest

Ort	DESY, MKS
Ersteller	Sebastian Sturm
UHV-Durchführungstyp	Teil B

	Flansch-nummer	Durchführungs-nummer
Adapter-flansch 1	1	13
	2	14
	3	15
	4	16
Adapter-flansch 2	1	17
	2	18
	3	19
	4	20
Adapter-flansch 3	1	21
	2	22
	3	23
	4	24

Beschreibung :

Der Summentest im Kryostaten V3 besteht aus drei Testreihen.
Jede Testreihe besteht aus zehn Kalt- und Warmfahrzyklen mit je zwei Datensätzen.
Die Vorgabe besagt das der erste Datensatz bei min. 273K entsteht, der zweite bei konstanten 4,5K im Kryostaten.
Jede Testreihe wird mit vier UHV-Durchführungen des oben genannten Typs bestückt.

Summentest -Teil B- Adapterflansch 1

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187	Trendgrafiknummer	**Bemerkungen**
Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	30.10	16.00	$5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	30.10	17.10	$5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	30.10	17.30	$1,5*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	30.10	17.38	$1,5*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	01.11	15.30	$1,2*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	01.11	15.38	$1,35*10^{-4}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$0,8*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	01.11	16.30	$1,1*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	910	50	50	50		
1	2	kalt	01.11	16.45	$1,0*10^{-5}$	3800	1150	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	900	450	450	450	Nein	
	3	warm	02.11	09.47	$9,2*10^{-5}$	3750	1150	1155	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	304	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	52	52	52		
2	4	kalt	02.11	10.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1220	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	790	445	445	445	100	
	5	warm	02.11	10.45	$9,3*10^{-5}$	3745	1350	1650	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	287	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	785	51	51	51		
3	6	kalt	02.11	11.10	$7,7*10^{-5}$	3700	1260	1270	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	730	448	448	448	100	
	7	warm	02.11	11.54	$9,8*10^{-5}$	3750	1280	1600	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	810	50	50	50		
4	8	kalt	02.11	12.10	$7,7*10^{-5}$	3725	1150	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	800	404	411	403	100	
	9	warm	02.11	13.15	$9,1*10^{-5}$	3750	1230	1400	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52	OFF	52		
5	10	kalt	02.11	13.42	$7,6*10^{-5}$	3690	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	703	449	OFF	455	100	
	11	warm	02.11	14.31	$9,1*10^{-5}$	3740	1560	1590	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	745	52,5	OFF	52,4		
6	12	kalt	02.11	14.53	$7,7*10^{-5}$	3700	1120	1145	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	695	456	OFF	456	100	
	13	warm	02.11	16.00	$9,1*10^{-5}$	3750	1200	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	750	52	OFF	52		
7	14	kalt	03.11	09.10	$6,9*10^{-5}$	3720	1110	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	425	OFF	430	Nein	
	15	warm	03.11	10.05	$9,1*10^{-5}$	3745	1560	1540	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	282	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	780	52	OFF	52		Helium leer
8	16	kalt	07.11	11.31	$7,5*10^{-5}$	3560	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	680	430	OFF	430	Nein	
	17	warm	07.11	12.15	$9,1*10^{-5}$	3630	1500	1510	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	880	50	OFF	52		
9	18	kalt	07.11	12.30	$7,7*10^{-5}$	3580	1240	1253	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$0,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	852	444	OFF	440	Nein	
	19	warm	07.11	13.08	$9,1*10^{-5}$	3650	1410	1398	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	941	50	OFF	51		
10	20	kalt	07.11	13.30	$7,7*10^{-5}$	3570	1230	1262	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	895	445	OFF	441	Nein	
		warm	07.11	14.13	$6,4*10^{-6}$	3800	1150	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	302	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	940	52	OFF	52		

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Summentest -Teil B- Adapterflansch 2

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

** Wert mit ttfkryo Software ermittelt*

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	13.11	11.07	$1,5*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$3,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	13.11	11.11	$1,2*10^{-4}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	13.11	11.14	$8,5*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,4*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	13.11	11.17	$8,4*10^{-5}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	13.11	11.20	$7,1*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	13.11	11.25	$5,3*10^{-5}$		1220		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	13.11	11.30	$2,7*10^{-5}$	4120	1160	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	294	$1,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1740	OFF	50,7	50,6		
1	2	kalt	13.11	11.47	$2,0*10^{-5}$	3950	1180	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	OFF	444	443	Nein	
	3	warm	13.11	12.37	$1,9*10^{-5}$	3850	1280	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1580	OFF	50,6	50,8		
2	4	kalt	13.11	13.12	$1,9*10^{-5}$	3750	1270	1310	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1460	OFF	445	444	Nein	
	5	warm	13.11	14.20	$1,6*10^{-5}$	3720	1290	1330	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1420	OFF	50,7	50,8		
3	6	kalt	13.11	14.45	$1,4*10^{-5}$	3650	1200	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1340	OFF	448	447	Nein	
	7	warm	13.11	16.10	$1,2*10^{-5}$	3700	1360	1400	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1325	OFF	50,9	51		
4	8	kalt	13.11	16.57	$4,8*10^{-6}$	3600	1160	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1260	OFF	447	446	Nein	
	9	warm	15.11	09.25	$4,2*10^{-6}$	3540	1100	1170	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1180	OFF	50,6	50,7		
5	10	kalt	15.11	10.18	$3,4*10^{-6}$	3480	1120	1224	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	OFF	454	448	Nein	
	11	warm	15.11	11.12	$1,2*10^{-5}$	3440	1110	1126	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1440	OFF	51,5	50,8		
6	12	kalt	15.11	11.29	$4,8*10^{-6}$	3440	1140	1153	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1450	OFF	450,5	446	103	
	13	warm	15.11	12.00	$1,2*10^{-5}$	3500	1110	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	OFF	51,5	50,7	103	
7	14	kalt	15.11	12.15	$4,8*10^{-6}$	3430	1130	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1230	OFF	445	440	104	Leckrate bei 8000mV !
	15	warm	15.11	12.44	$1,2*10^{-5}$	3517	1160	1156	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1544	OFF	51,4	50,7		
8	16	kalt	15.11	13.00	$4,8*10^{-6}$	3468	1220	1222	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1320	OFF	451,9	446	103	
	17	warm	15.11	13.26	$1,2*10^{-5}$	3530	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1481	OFF	50,7	50,7		
9	18	kalt	15.11	13.41	$4,8*10^{-6}$	3468	1180	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1426	OFF	440	448	103	
	19	warm	15.11	14.11	$1,2*10^{-5}$	3524	1180	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1580	OFF	50,7	51,9		
10	20	kalt	15.11	14.27	$4,8*10^{-6}$	3473	1180	1177	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1396	OFF	443	443	103	
		warm	15.11	15.03	$2,7*10^{-5}$	3523	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1482	OFF	50,7	51,9		

Summentest -Teil B- Adapterflansch 3

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	13.11	11.07	$1,5*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$3,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
1	2	spülen	13.11	11.11	$1,2*10^{-4}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	13.11	11.14	$8,5*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,4*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
2	4	spülen	13.11	11.17	$8,4*10^{-5}$		1080		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	13.11	11.20	$7,1*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
3	6	spülen	13.11	11.25	$5,3*10^{-5}$		1220		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	13.11	11.30	$2,7*10^{-5}$	4120	1160	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	294	$1,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1740	OFF	50,7	50,6		
1	2	kalt	13.11	11.47	$2,0*10^{-5}$	3950	1180	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	OFF	444	443	Nein	
	3	warm	13.11	12.37	$1,9*10^{-5}$	3850	1280	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1580	OFF	50,6	50,8		
2	4	kalt	13.11	13.12	$1,9*10^{-5}$	3750	1270	1310	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1460	OFF	445	444	Nein	
	5	warm	13.11	14.20	$1,6*10^{-5}$	3720	1290	1330	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1420	OFF	50,7	50,8		
3	6	kalt	13.11	14.45	$1,4*10^{-5}$	3650	1200	1250	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1340	OFF	448	447	Nein	
	7	warm	13.11	16.10	$1,2*10^{-5}$	3700	1360	1400	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1325	OFF	50,9	51		
4	8	kalt	13.11	16.57	$4,8*10^{-6}$	3600	1160	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1260	OFF	447	446	Nein	
	9	warm	15.11	09.25	$4,2*10^{-6}$	3540	1100	1170	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1180	OFF	50,6	50,7		
5	10	kalt	15.11	10.18	$3,4*10^{-6}$	3480	1120	1224	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	OFF	454	448	Nein	
	11	warm	15.11	11.12	$1,2*10^{-5}$	3440	1110	1126	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1440	OFF	51,5	50,8		
6	12	kalt	15.11	11.29	$4,8*10^{-6}$	3440	1140	1153	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1450	OFF	450,5	446	103	
	13	warm	15.11	12.00	$1,2*10^{-5}$	3500	1110	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	OFF	51,5	50,7	103	
7	14	kalt	15.11	12.15	$4,8*10^{-6}$	3430	1130	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1230	OFF	445	440	104	Leckrate bei 8000mV !
	15	warm	15.11	12.44	$1,2*10^{-5}$	3517	1160	1156	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	281	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1544	OFF	51,4	50,7		
8	16	kalt	15.11	13.00	$4,8*10^{-6}$	3468	1220	1222	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1320	OFF	451,9	446	103	
	17	warm	15.11	13.26	$1,2*10^{-5}$	3530	1120	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1481	OFF	50,7	50,7		
9	18	kalt	15.11	13.41	$4,8*10^{-6}$	3468	1180	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1426	OFF	440	448	103	
	19	warm	15.11	14.11	$1,2*10^{-5}$	3524	1180	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1580	OFF	50,7	51,9		
10	20	kalt	15.11	14.27	$4,8*10^{-6}$	3473	1180	1177	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1396	OFF	443	443	103	
		warm	15.11	15.03	$2,7*10^{-5}$	3523	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1,7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1482	OFF	50,7	51,9		

Prüfprotokoll
Summentest

Ort	DESY, MKS
Ersteller	Dennis Müller
UHV-Durchführungstyp	Teil C

	Flansch-nummer	Durchführungs-nummer
Adapter-flansch 1	1	25
	2	26
	3	27
	4	28
Adapter-flansch 2	1	29
	2	30
	3	31
	4	32
Adapter-flansch 3	1	33
	2	34
	3	35
	4	36

Beschreibung :

Der Summentest im Kryostaten V3 besteht aus drei Testreihen.
Jede Testreihe besteht aus zehn Kalt- und Warmfahrzyklen mit je zwei Datensätzen.
Die Vorgabe besagt das der erste Datensatz bei min. 273K entsteht, der zweite bei konstanten 4,5K im Kryostaten.
Jede Testreihe wird mit vier UHV-Durchführungen des oben genannten Typs bestückt.

Summentest -Teil C- Adapterflansch 1

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	**Bemerkungen**

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	15.11	16.17	$1,6*10^{-4}$		75		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$6,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	15.11	16.21	$1,5*10^{-4}$		1010		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	15.11	16.25	$1,3*10^{-4}$		75		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,4*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	15.11	16.28	$1,2*10^{-4}$		1040		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,3*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	15.11	16.29	$7,0*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	15.11	16.34	$8,4*10^{-5}$		1100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	17.11	08.45	$4,0*10^{-6}$	3510	1120	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1160	OFF	50,8	51,5		
1	2	kalt	17.11	09.08	$3,2*10^{-6}$	3450	1190	1186	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1050	OFF	441	448	105	
	3	warm	17.11	09.45	$5,4*10^{-6}$	3591	1140	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1140	OFF	50,8	51,5		
2	4	kalt	17.11	09.59	$3,9*10^{-6}$	3506	1200	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1070	OFF	443	449	105	
	5	warm	17.11	11.10	$5,2*10^{-6}$	3600	1360	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	287	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1750	OFF	50,8	51,5		
3	6	kalt	17.11	11.38	$3,9*10^{-6}$	3540	1260	1290	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1850	OFF	449	449	105	
	7	warm	17.11	12.45	$4,9*10^{-6}$	3570	1120	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300	$2,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	2460	OFF	50,8	51,5		
4	8	kalt	17.11	13.00	$3,3*10^{-6}$	3490	1140	1192	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	2371	OFF	449	443	105	
	9	warm	17.11	13.27	$5,1*10^{-6}$	3576	1120	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$3,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	2791	OFF	50,8	51,5		
5	10	kalt	17.11	13.41	$3,9*10^{-6}$	3504	1140	1173	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2583	OFF	453	447	105	
	11	warm	17.11	14.04	$5,1*10^{-6}$	3592	1120	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2806	OFF	50,77	51,5		
6	12	kalt	17.11	14.19	$3,9*10^{-6}$	3505	1200	1203	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2720	OFF	447	448	105	
	13	warm	20.11	08.24	$3,6*10^{-6}$	3480	1120	1143	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300,8	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	OFF	51,4	50,7		
7	14	kalt	20.11	08.44	$3,3*10^{-6}$	3461	1200	1215	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	444	442	Nein	
	15	warm	20.11	09.20	$4,0*10^{-6}$	3509	1100	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1270	OFF	50,4	51,8		
8	16	kalt	20.11	09.36	$3,3*10^{-6}$	3470	1200	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1199	OFF	440	445	Nein	
	17	warm	20.11	10.18	$3,7*10^{-6}$	3466	1200	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1289	OFF	51,4	51,8		
9	18	kalt	20.11	10.58	$2,6*10^{-6}$	3407	1160	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	447	440	Nein	
	19	warm	20.11	11.23	$3,7*10^{-6}$	3462	1170	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1208	OFF	51,4	51,8		
10	20	kalt	20.11	11.39	$3,2*10^{-6}$	3452	1180	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1160	OFF	444	438	Nein	
		warm	20.11	12.40	$3,1*10^{-6}$	3462	1140	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1,3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1233	OFF	51,4	51,8		

Summentest -Teil C- Adapterflansch 2

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

** Wert mit ttfkryo Software ermittelt*

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	15.11	16.17	$1,6*10^{-4}$		75		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$6,5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	15.11	16.21	$1,5*10^{-4}$		1010		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	15.11	16.25	$1,3*10^{-4}$		75		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,4*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	15.11	16.28	$1,2*10^{-4}$		1040		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,3*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	15.11	16.29	$7,0*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$5,1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	15.11	16.34	$8,4*10^{-5}$		1100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$4,9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	17.11	08.45	$4,0*10^{-6}$	3510	1120	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1160	OFF	50,8	51,5		
1	2	kalt	17.11	09.08	$3,2*10^{-6}$	3450	1190	1186	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1050	OFF	441	448	105	
	3	warm	17.11	09.45	$5,4*10^{-6}$	3591	1140	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1140	OFF	50,8	51,5		
2	4	kalt	17.11	09.59	$3,9*10^{-6}$	3506	1200	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1070	OFF	443	449	105	
	5	warm	17.11	11.10	$5,2*10^{-6}$	3600	1360	1380	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	287	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1750	OFF	50,8	51,5		
3	6	kalt	17.11	11.38	$3,9*10^{-6}$	3540	1260	1290	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1850	OFF	449	449	105	
	7	warm	17.11	12.45	$4,9*10^{-6}$	3570	1120	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300	$2,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	2460	OFF	50,8	51,5		
4	8	kalt	17.11	13.00	$3,3*10^{-6}$	3490	1140	1192	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,5*10^{-9}$	10.10^{-9}	2371	OFF	449	443	105	
	9	warm	17.11	13.27	$5,1*10^{-6}$	3576	1120	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$3,0*10^{-9}$	10.10^{-9}	2791	OFF	50,8	51,5		
5	10	kalt	17.11	13.41	$3,9*10^{-6}$	3504	1140	1173	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2583	OFF	453	447	105	
	11	warm	17.11	14.04	$5,1*10^{-6}$	3592	1120	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2806	OFF	50,77	51,5		
6	12	kalt	17.11	14.19	$3,9*10^{-6}$	3505	1200	1203	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2,9*10^{-9}$	10.10^{-9}	2720	OFF	447	448	105	
	13	warm	20.11	08.24	$3,6*10^{-6}$	3480	1120	1143	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300,8	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1200	OFF	51,4	50,7		
7	14	kalt	20.11	08.44	$3,3*10^{-6}$	3461	1200	1215	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	444	442	Nein	
	15	warm	20.11	09.20	$4,0*10^{-6}$	3509	1100	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1,4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1270	OFF	50,4	51,8		
8	16	kalt	20.11	09.36	$3,3*10^{-6}$	3470	1200	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1199	OFF	440	445	Nein	
	17	warm	20.11	10.18	$3,7*10^{-6}$	3466	1200	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1,3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1289	OFF	51,4	51,8		
9	18	kalt	20.11	10.58	$2,6*10^{-6}$	3407	1160	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	OFF	447	440	Nein	
	19	warm	20.11	11.23	$3,7*10^{-6}$	3462	1170	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1208	OFF	51,4	51,8		
10	20	kalt	20.11	11.39	$3,2*10^{-6}$	3452	1180	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1,2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1160	OFF	444	438	Nein	
		warm	20.11	12.40	$3,1*10^{-6}$	3462	1140	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1,3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1233	OFF	51,4	51,8		

Summentest -Teil C- Adapterflansch 3

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

** Wert mit ttfkryo Software ermittelt*

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	20.11	13.04	$8{,}0*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
1	2	spülen	20.11	13.08	$5{,}5*10^{-5}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	20.11	13.10	$4{,}2*10^{-5}$		100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
2	4	spülen	20.11	13.14	$3{,}7*10^{-5}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	20.11	13.16	$3{,}3*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
3	6	spülen	20.11	13.20	$3{,}3*10^{-5}$		1090		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	20.11	13.21	$8{,}0*10^{-5}$	4050	1090	1105	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1661	51,92	OFF	51,4		
1	2	kalt	20.11	13.24	$1{,}4*10^{-5}$	3901	1180	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1408	444	OFF	435	106	
	3	warm	20.11	14.54	$1{,}4*10^{-5}$	3832	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1300	51,4	OFF	51,9		
2	4	kalt	20.11	15.12	$7{,}7*10^{-5}$	3707	1200	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1201	444	OFF	440	106	
	5	warm	20.11	15.48	$9{,}6*10^{-5}$	3600	1200	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1290	51,4	OFF	51,9		
3	6	kalt	20.11	16.06	$6{,}1*10^{-5}$	3641	1160	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	448	OFF	441	106	
	7	warm	20.11	16.36	$8{,}8*10^{-5}$	3737	1170	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1265	51,4	OFF	51,8		
4	8	kalt	20.11	17.03	$5{,}3*10^{-5}$	3580	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1330	450	OFF	444	106	
	9	warm	21.11	21.00	$5{,}4*10^{-5}$	3450	1150	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	299	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1265	51,4	OFF	51,8		
5	10	kalt	21.11	08.03	$2{,}9*10^{-5}$	3450	1150	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1210	448	OFF	446	106	
	11	warm	21.11	08.40	$5{,}5*10^{-5}$	3640	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1090	51,4	OFF	51,8		
6	12	kalt	21.11	09.21	$2{,}9*10^{-5}$	3490	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1060	448	OFF	446	Nein	
	13	warm	21.11	10.20	$5{,}2*10^{-5}$	3527	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	302	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1150	51,4	OFF	51,9		
7	14	kalt	21.11	11.19	$2{,}9*10^{-5}$	3455	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1210	448	OFF	449	Nein	
	15	warm	21.11	11.45	$4{,}5*10^{-5}$	3570	1140	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1330	51,4	OFF	51,8		
8	16	kalt	21.11	11.58	$5{,}3*10^{-5}$	3480	1160	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1240	445	OFF	446	Nein	
	17	warm	21.11	12.31	$4{,}6*10^{-5}$	3544	1180	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1406	51,4	OFF	51,8		
9	18	kalt	21.11	12.49	$3{,}2*10^{-5}$	3478	1190	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1388	440	OFF	439	Nein	
	19	warm	21.11	13.20	$4{,}1*10^{-5}$	3540	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1466	51,4	OFF	51,8		
10	20	kalt	21.11	13.36	$3{,}2*10^{-5}$	3470	1180	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1436	449	OFF	443	Nein	
		warm	21.11	14.01	$3{,}2*10^{-5}$	3500	1100	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1530	51,8	OFF	51,8		

Prüfprotokoll
Summentest

Ort	DESY, MKS
Ersteller	Dennis Müller
UHV-Durchführungstyp	Teil D

	Flansch-nummer	Durchführungs-nummer
Adapter-flansch 1	1	37
	2	38
	3	39
	4	40
Adapter-flansch 2	1	41
	2	42
	3	43
	4	44
Adapter-flansch 3	1	45
	2	46
	3	47
	4	48

Beschreibung :

Der Summentest im Kryostaten V3 besteht aus drei Testreihen.
Jede Testreihe besteht aus zehn Kalt- und Warmfahrzyklen mit je zwei Datensätzen.
Die Vorgabe besagt das der erste Datensatz bei min. 273K entsteht, der zweite bei konstanten 4,5K im Kryostaten.
Jede Testreihe wird mit vier UHV-Durchführungen des oben genannten Typs bestückt.

Summentest -Teil D- Adapterflansch 1

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	**Bemerkungen**

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	20.11	13.04	$8{,}0*10^{-4}$		80		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
1	2	spülen	20.11	13.08	$5{,}5*10^{-5}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	20.11	13.10	$4{,}2*10^{-5}$		100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
2	4	spülen	20.11	13.14	$3{,}7*10^{-5}$		1050		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	20.11	13.16	$3{,}3*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
3	6	spülen	20.11	13.20	$3{,}3*10^{-5}$		1090		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	20.11	13.21	$8{,}0*10^{-5}$	4050	1090	1105	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	285	$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1661	51,92	OFF	51,4		
1	2	kalt	20.11	13.24	$1{,}4*10^{-5}$	3901	1180	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1408	444	OFF	435	106	
	3	warm	20.11	14.54	$1{,}4*10^{-5}$	3832	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1300	51,4	OFF	51,9		
2	4	kalt	20.11	15.12	$7{,}7*10^{-5}$	3707	1200	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1201	444	OFF	440	106	
	5	warm	20.11	15.48	$9{,}6*10^{-5}$	3600	1200	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1290	51,4	OFF	51,9		
3	6	kalt	20.11	16.06	$6{,}1*10^{-5}$	3641	1160	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1190	448	OFF	441	106	
	7	warm	20.11	16.36	$8{,}8*10^{-5}$	3737	1170	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1265	51,4	OFF	51,8		
4	8	kalt	20.11	17.03	$5{,}3*10^{-5}$	3580	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1330	450	OFF	444	106	
	9	warm	21.11	21.00	$5{,}4*10^{-5}$	3450	1150	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	299	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1265	51,4	OFF	51,8		
5	10	kalt	21.11	08.03	$2{,}9*10^{-5}$	3450	1150	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1210	448	OFF	446	106	
	11	warm	21.11	08.40	$5{,}5*10^{-5}$	3640	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	277	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1090	51,4	OFF	51,8		
6	12	kalt	21.11	09.21	$2{,}9*10^{-5}$	3490	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}1*10^{-9}$	10.10^{-9}	1060	448	OFF	446	Nein	
	13	warm	21.11	10.20	$5{,}2*10^{-5}$	3527	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	302	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1150	51,4	OFF	51,9		
7	14	kalt	21.11	11.19	$2{,}9*10^{-5}$	3455	1160	1180	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1210	448	OFF	449	Nein	
	15	warm	21.11	11.45	$4{,}5*10^{-5}$	3570	1140	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1330	51,4	OFF	51,8		
8	16	kalt	21.11	11.58	$5{,}3*10^{-5}$	3480	1160	1140	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	1240	445	OFF	446	Nein	
	17	warm	21.11	12.31	$4{,}6*10^{-5}$	3544	1180	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1406	51,4	OFF	51,8		
9	18	kalt	21.11	12.49	$3{,}2*10^{-5}$	3478	1190	1230	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1388	440	OFF	439	Nein	
	19	warm	21.11	13.20	$4{,}1*10^{-5}$	3540	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1466	51,4	OFF	51,8		
10	20	kalt	21.11	13.36	$3{,}2*10^{-5}$	3470	1180	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}	1436	449	OFF	443	Nein	
		warm	21.11	14.01	$3{,}2*10^{-5}$	3500	1100	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1530	51,8	OFF	51,8		

Summentest -Teil D- Adapterflansch 2

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

**** Wert mit ttfkryo Software ermittelt***

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	21.11	15.00	$1{,}1*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$3{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
1	2	spülen	21.11	15.05	$8{,}4*10^{-4}$		1120		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	21.11	15.08	$8{,}4*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
2	4	spülen	21.11	15.12	$5{,}6*10^{-5}$		1070		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	21.11	15.15	$8{,}0*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen, ca 5min
3	6	spülen	21.11	15.19	$4{,}9*10^{-5}$		1100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	21.11	15.20	$4{,}2*10^{-5}$	4100	1100	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300	$2{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	2400	50	OFF	50		
1	2	kalt	21.11	15.34	$2{,}0*10^{-5}$	3918	1195	1254	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1795	436,95	OFF	443,8	107	
	3	warm	21.11	16.27	$1{,}5*10^{-5}$	3936	1140	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1660	51,7	OFF	51,3		
2	4	kalt	21.11	16.42	$9{,}4*10^{-6}$	3750	1190	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1521	444	OFF	448	107	
	5	warm	21.11	17.26	$9{,}4*10^{-6}$	3760	1150	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1550	51,3	OFF	51,3		
3	6	kalt	21.11	17.50	$6{,}7*10^{-6}$	3661	1190	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1395	447	OFF	440	107	
	7	warm	21.11	20.00	$4{,}2*10^{-6}$	3544	1140	1195	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1357	51,3	OFF	51,8		
4	8	kalt	22.11	09.26	$4{,}0*10^{-6}$	3480	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1243	440	OFF	431	107	
	9	warm	22.11	10.00	$4{,}2*10^{-6}$	3556	1140	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1295	51,8	OFF	51,3		
5	10	kalt	22.11	10.12	$4{,}0*10^{-6}$	3484	1160	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1231	444	OFF	445	108	
	11	warm	22.11	10.56	$3{,}7*10^{-6}$	3500	1210	1274	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1274	51,3	OFF	51,8		
6	12	kalt	22.11	11.11	$3{,}4*10^{-6}$	3438	1200	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1227	448	OFF	448	108	
	13	warm	22.11	11.46	$4{,}0*10^{-6}$	3500	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1340	51,4	OFF	51,9		
7	14	kalt	22.11	12.10	$3{,}9*10^{-6}$	3460	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1311	440	OFF	441	108	
	15	warm	22.11	13.04	$3{,}6*10^{-6}$	3490	1140	1170	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1630	51,4	OFF	51,8		
8	16	kalt	22.11	13.16	$3{,}6*10^{-6}$	3440	1140	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1700	449	OFF	442	108	
	17	warm	22.11	13.46	$3{,}8*10^{-6}$	3513	1190	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1642	51,3	OFF	51,8		
9	18	kalt	22.11	14.00	$3{,}6*10^{-6}$	3460	1210	1260	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1514	443	OFF	440	108	
	19	warm	22.11	14.27	$3{,}6*10^{-6}$	3490	1480	1500	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1606	51,4	OFF	51,8		
10	20	kalt	22.11	14.39	$3{,}6*10^{-6}$	3444	1270	1300	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1440	444	OFF	440	108	
		warm	22.11	15.10	$3{,}7*10^{-6}$	3500	1300	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	51,4	OFF	51,8		

Summentest -Teil D- Adapterflansch 3

Zyklusnummer	Laufendenummer	Status	Datum	Uhrzeit	Druck Insert [mbar]	Druck Insert [mV] * Messzelle Nr. 184 [Pfeiffer]	Druck Kryostat [mbar]	Druck Kryostat [mV] * Sensor Nr. 188	Druck Heizfaden [mbar]	Druck Isoliervakuum [mbar]	Temperatur Kryostat [K] * Sensor Nr. 241(1) [PT100]	Rezipient Leckrate [mbar*l*s-1]	Rezipient Leckrate Bereich/Range	Rezipient Leckrate [mV] * Sensor Nr. 186	Temperatur unten [mV] * Füllstandssensor Nr. 239 [Kohle]	Temperatur mitte [mV] * Füllstandssensor Nr. 212 [Kohle]	Temperatur oben CF [mV] * Füllstandssensor Nr. 187 [Kohle]	Trendgrafiknummer	Bemerkungen

** Wert mit ttfkryo Software ermittelt*

Reinigung des Kryostaten V3																			
	1	pumpen	21.11	15.00	$1{,}1*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$3{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
1	2	spülen	21.11	15.05	$8{,}4*10^{-4}$		1120		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	3	pumpen	21.11	15.08	$8{,}4*10^{-4}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}6*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
2	4	spülen	21.11	15.12	$5{,}6*10^{-5}$		1070		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
	5	pumpen	21.11	15.15	$8{,}0*10^{-5}$		70		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}						Vakuum pumpen
3	6	spülen	21.11	15.19	$4{,}9*10^{-5}$		1100		$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$		$2{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}						Mit Helium spülen, max 1,5 bar
Prüfzyklus																			
	1	warm	21.11	15.20	$4{,}2*10^{-5}$	4100	1100	1100	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	300	$2{,}2*10^{-9}$	10.10^{-9}	2400	50	OFF	50		
1	2	kalt	21.11	15.34	$2{,}0*10^{-5}$	3918	1195	1254	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$2{,}0*10^{-9}$	10.10^{-9}	1795	436,95	OFF	443,8	107	
	3	warm	21.11	16.27	$1{,}5*10^{-5}$	3936	1140	1120	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	284	$1{,}9*10^{-9}$	10.10^{-9}	1660	51,7	OFF	51,3		
2	4	kalt	21.11	16.42	$9{,}4*10^{-6}$	3750	1190	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1521	444	OFF	448	107	
	5	warm	21.11	17.26	$9{,}4*10^{-6}$	3760	1150	1150	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	283	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1550	51,3	OFF	51,3		
3	6	kalt	21.11	17.50	$6{,}7*10^{-6}$	3661	1190	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1395	447	OFF	440	107	
	7	warm	21.11	20.00	$4{,}2*10^{-6}$	3544	1140	1195	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	289	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1357	51,3	OFF	51,8		
4	8	kalt	22.11	09.26	$4{,}0*10^{-6}$	3480	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1243	440	OFF	431	107	
	9	warm	22.11	10.00	$4{,}2*10^{-6}$	3556	1140	1160	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1295	51,8	OFF	51,3		
5	10	kalt	22.11	10.12	$4{,}0*10^{-6}$	3484	1160	1220	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1231	444	OFF	445	108	
	11	warm	22.11	10.56	$3{,}7*10^{-6}$	3500	1210	1274	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	276	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1274	51,3	OFF	51,8		
6	12	kalt	22.11	11.11	$3{,}4*10^{-6}$	3438	1200	1210	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}3*10^{-9}$	10.10^{-9}	1227	448	OFF	448	108	
	13	warm	22.11	11.46	$4{,}0*10^{-6}$	3500	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	280	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1340	51,4	OFF	51,9		
7	14	kalt	22.11	12.10	$3{,}9*10^{-6}$	3460	1180	1200	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}4*10^{-9}$	10.10^{-9}	1311	440	OFF	441	108	
	15	warm	22.11	13.04	$3{,}6*10^{-6}$	3490	1140	1170	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1630	51,4	OFF	51,8		
8	16	kalt	22.11	13.16	$3{,}6*10^{-6}$	3440	1140	1190	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1700	449	OFF	442	108	
	17	warm	22.11	13.46	$3{,}8*10^{-6}$	3513	1190	1240	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	275	$1{,}8*10^{-9}$	10.10^{-9}	1642	51,3	OFF	51,8		
9	18	kalt	22.11	14.00	$3{,}6*10^{-6}$	3460	1210	1260	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1514	443	OFF	440	108	
	19	warm	22.11	14.27	$3{,}6*10^{-6}$	3490	1480	1500	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	274	$1{,}7*10^{-9}$	10.10^{-9}	1606	51,4	OFF	51,8		
10	20	kalt	22.11	14.39	$3{,}6*10^{-6}$	3444	1270	1300	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	4,5	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1440	444	OFF	440	108	
		warm	22.11	15.10	$3{,}7*10^{-6}$	3500	1300	1320	$< 10^{-5}$	$2*10^{-6}$	278	$1{,}5*10^{-9}$	10.10^{-9}	1500	51,4	OFF	51,8		

Prüfprotokoll
Einzeltest nach Testreihenabschluss

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Sebastian Sturm
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil A

Messung :

Durchführungsnr.:	1	2	3	4	5	6
Prüftemperatur: [K]	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	10.20	10.23	10.25	10.28	10.33	10.37
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	7	8	9	10	11	12
Prüftemperatur: [K]	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5	293,5
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	10.42	10.46	10.51	10.57	11.04	11.10
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest nach Testreihenabschluss

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Sebastian Sturm
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil B

Messung :

Durchführungsnr.:	13	14	15	16	17	18
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit	09.25	09.30	09.33	09.37	09.41	09.43
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	19	20	21	22	23	24
Prüftemperatur: [K]	295	295	295	295	295	295
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	09.47	09.51	09.55	10.00	10.09	10.14
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest nach Testreihenabschluss

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Sebastian Sturm
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil C

Messung :

Durchführungsnr.:	25	26	27	28	29	30
Prüftemperatur: [K]	292	292	292	292	292	292
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	08.40	08.44	08.47	08.50	08.53	08.56
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	31	32	33	34	35	36
Prüftemperatur: [K]	292	292	292	292	292	292
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	09.02	09.05	09.10	09.15	09.17	09.20
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Prüfprotokoll
Einzeltest nach Testreihenabschluss

Bild:

Beschreibung:

Leckagetest der Durchführungen vor den "Kalt-/Warmphasen" im Kryostaten.

Ort:	MKS / DESY
Prüfer:	Herr Sebastian Sturm
Prüfapparatur:	Alcatel ASM 110 Turbo CL
Prüfverfahren:	Helium-Lecksuche/Sprühtechnik
Durchführungstyp :	Teil D

Messung :

Durchführungsnr.:	37	38	39	40	41	42
Prüftemperatur: [K]	291	291	291	291	291	291
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	08.00	08.04	08.09	08.12	08.15	08.17
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Durchführungsnr.:	43	44	45	46	47	48
Prüftemperatur: [K]	291	291	291	291	291	291
Prüfdruck [mbar]	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Leckrate: [mbar*l/s]	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$	$2*10^{-9}$
Datum:	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11	23.11
Uhrzeit:	08.20	08.24	08.27	08.30	08.33	08.36
Ergebnis:	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

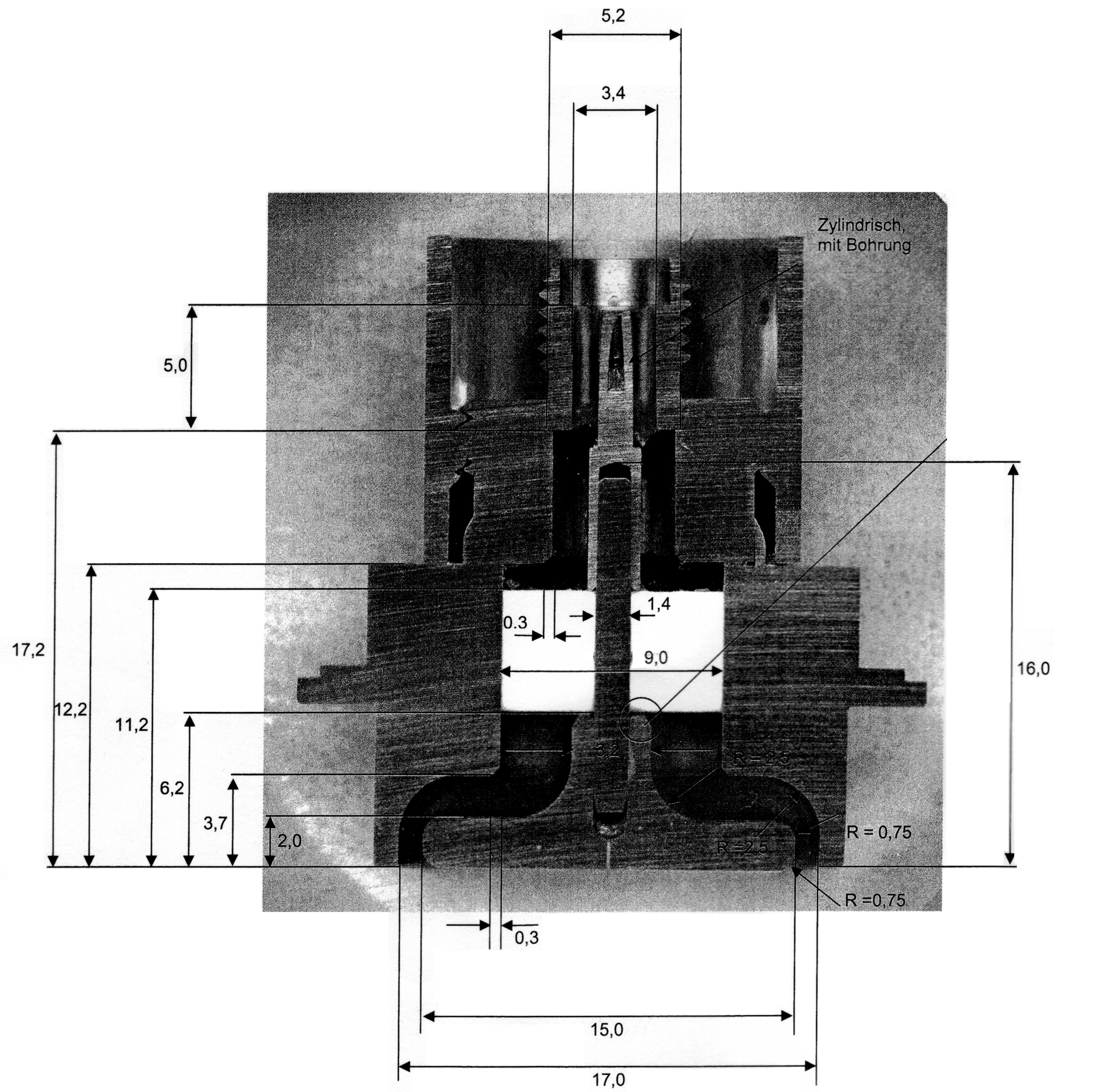
16.3 Untersuchungsberichte der Firma MAN-Diesel

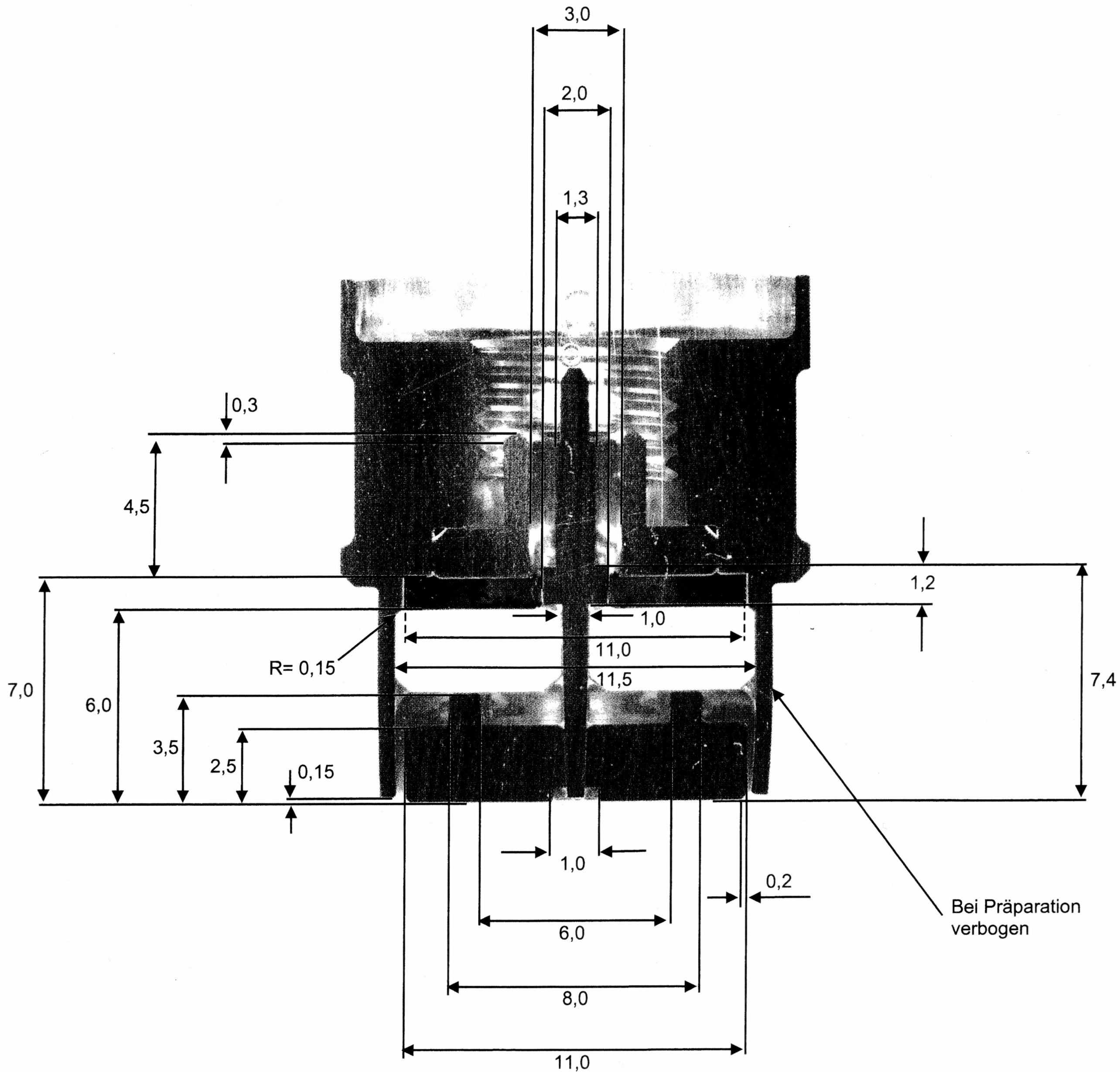
UHV-Durchführung, Typ A

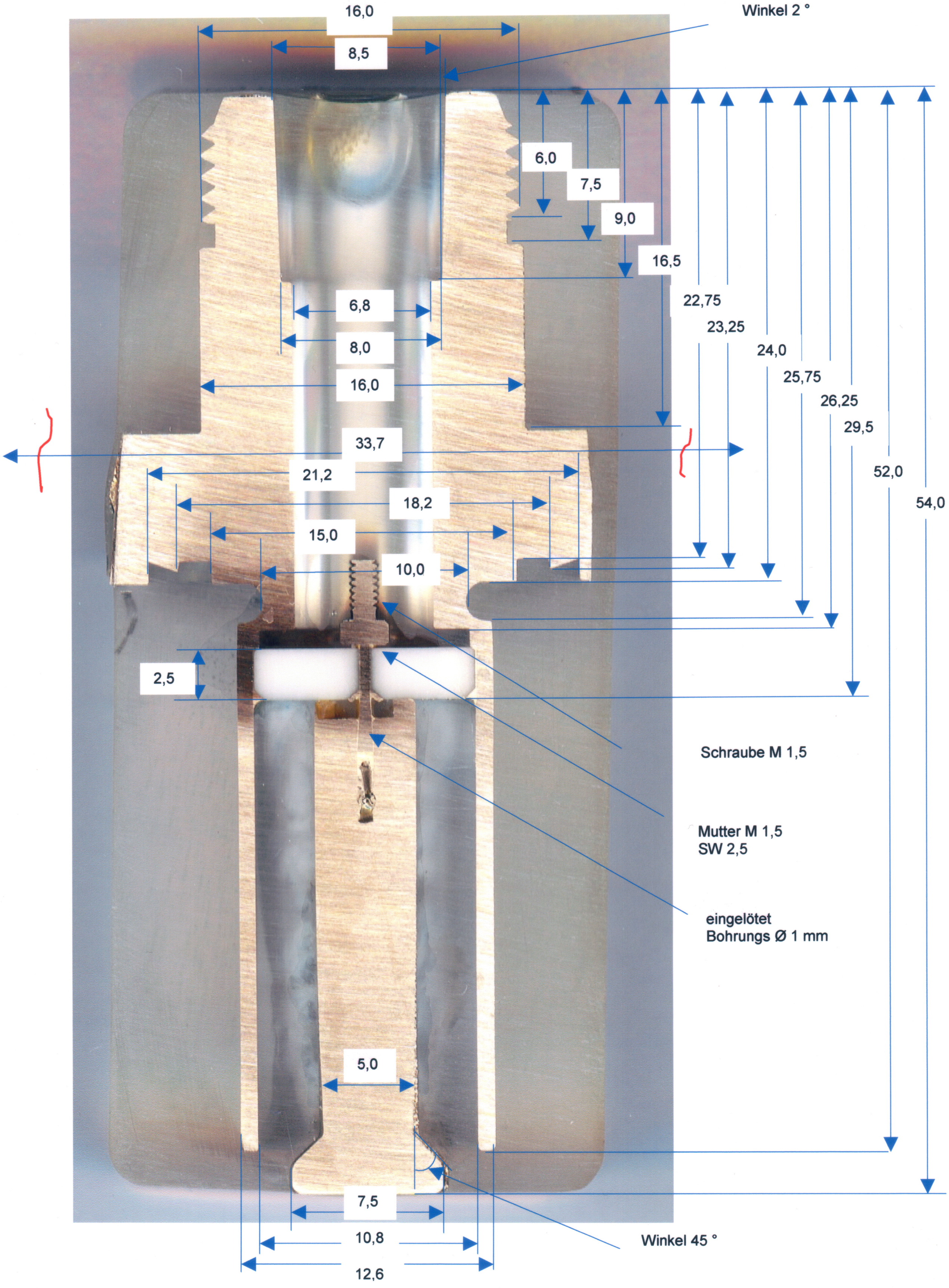
UHV-Durchführung, Typ B

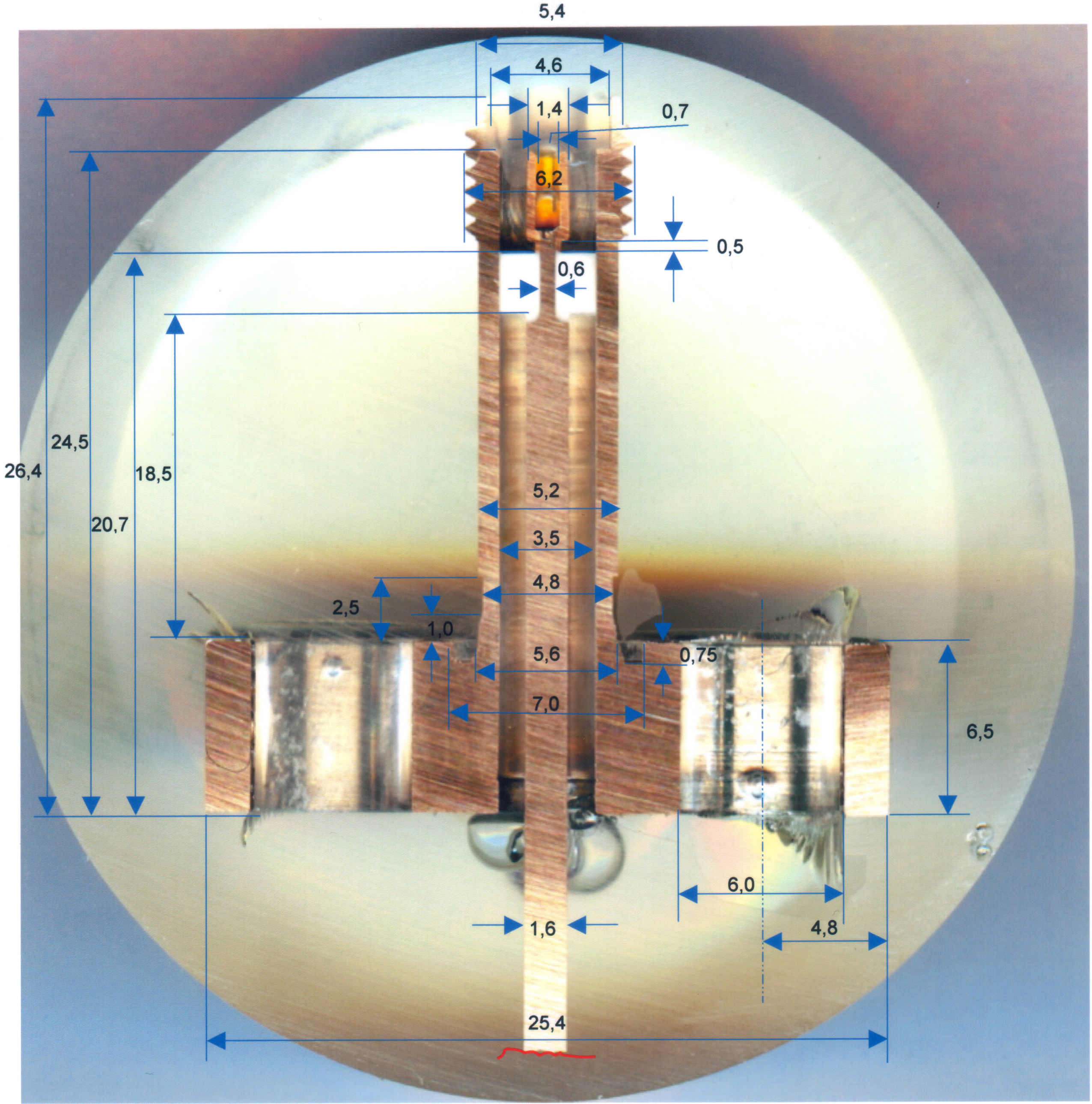
UHV-Durchführung, Typ C

UHV-Durchführung, Typ D


5,2
3,4
Zylindrisch,
mit Bohrung
5,0
17,2
12,2
11,2
6,2
3,7
2,0
0.3
1,4
9,0
16,0
3,2
R = 2,5
R = 0,75
R =2,5
R =0,75
0,3
15,0
17,0


3,0
2,0
1,3
0,3
4,5
1,2
1,0
11,0
11,5
R= 0,15
7,0
6,0
3,5
2,5
0,15
7,4
1,0
0,2
6,0
8,0
11,0
Bei Präparation
verbogen


16,0
8,5
Winkel 2 °
6,0
7,5
9,0
16,5
22,75
23,25
24,0
25,75
26,25
29,5
52,0
54,0
6,8
8,0
16,0
33,7
21,2
18,2
15,0
10,0
2,5
Schraube M 1,5
Mutter M 1,5
SW 2,5
eingelötet
Bohrungs Ø 1 mm
5,0
7,5
10,8
12,6
Winkel 45 °


5,4
4,6
1,4
0,7
6,2
0,5
0,6
26,4
24,5
20,7
18,5
5,2
3,5
4,8
2,5
1,0
5,6
0,75
7,0
6,5
6,0
1,6
4,8
25,4

16.4 Fertigungszeichnungen

Baugruppe, Typ A

Baugruppe, Typ B

Baugruppe, Typ D

Einzelteil, Rohr_innen

Einzelteil, Rohr_aussen

Einzelteil, Adapterring für Typ A

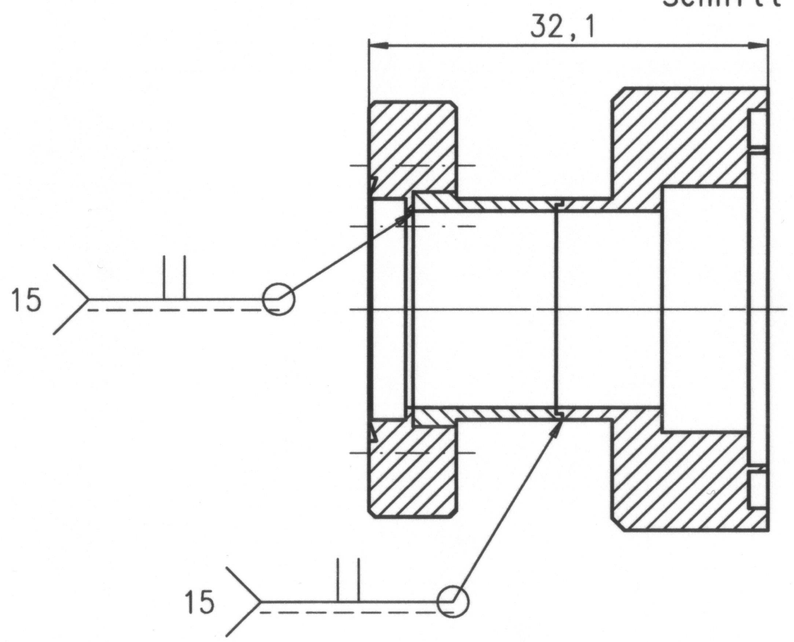
Einzelteil, Adapterring für Typ B

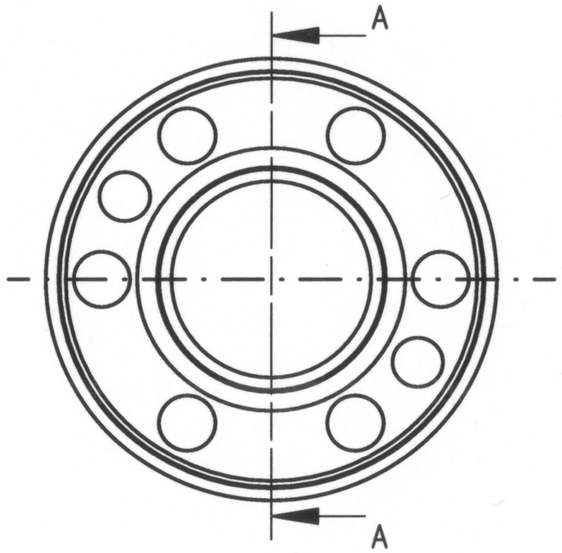
Einzelteil, Adapterring für Typ D

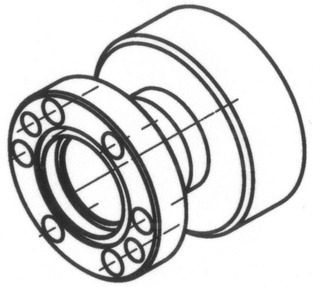
Einzelteil, CF16 Flansch geschlitzt

Einzelteil, Scheibe 6,5mm-10mm

Schnitt A-A

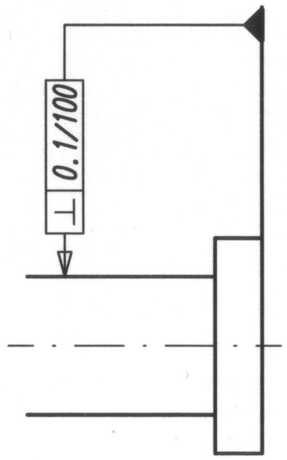






UHV-gerecht
gereinigt, entfettet
und verpackt

Richtlinien für UHV-Bauteile nach Z.-Nr. 3 73 0100/B.020 beachten.	
Ausheiztemperatur	*400°C*
Wasserstoffarmglühen 2h bei 950°	
Desorptionsrate	$\leq 5x10^{-12} \left[\frac{mbar \times l}{s \times cm^2}\right]$
Leckrate	$\leq 1x10^{-10} \left[\frac{mbar \times l}{s}\right]$



Dichtflaeche der Flansche vor Beschaedigungen und Kratzern schuetzen.

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.:	Halbzeug	Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.	Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten Status:	2:1 Maßstab: / Hamburg Ort: / Material	Auftrag:

	Datum	Name
Gez.		Mueller_Dennis
Gepr.		Vilcins_Silke
Gen.		Vilcins_Silke

Desy-MDI

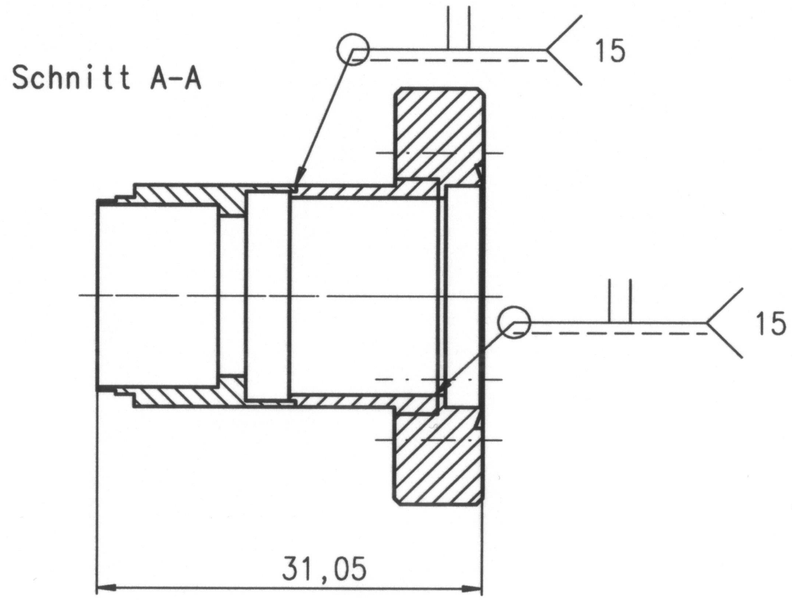
Teile-Nr.:

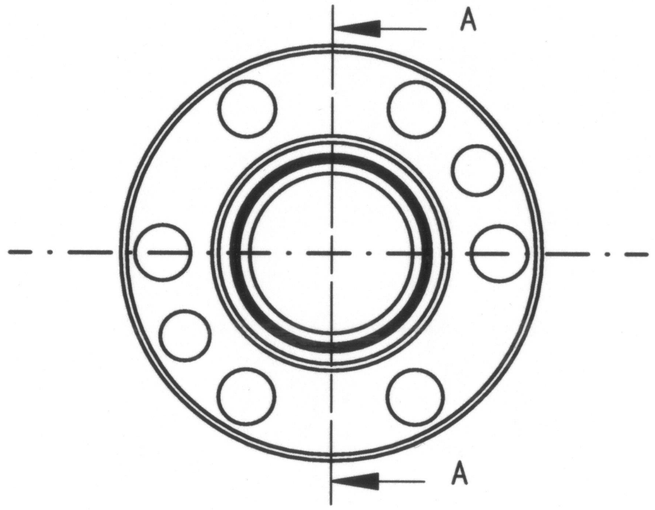
Teil A
Baugruppe

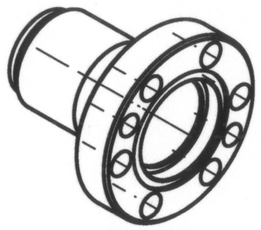
3_06_4125/A.000/5.1

Rev.: Blatt 1 von 1 Blättern

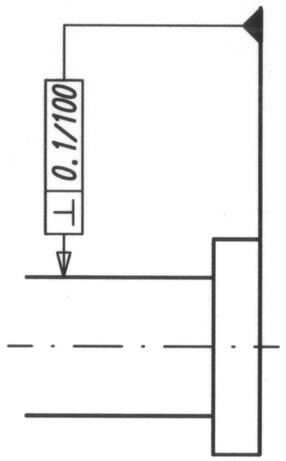
Zust. | Änderung | Datum | Name | FDWS-Nr.: | Ers. f. | Ers. d. | Plot 26.09.06







UHV-gerecht
gereinigt, entfettet
und verpackt

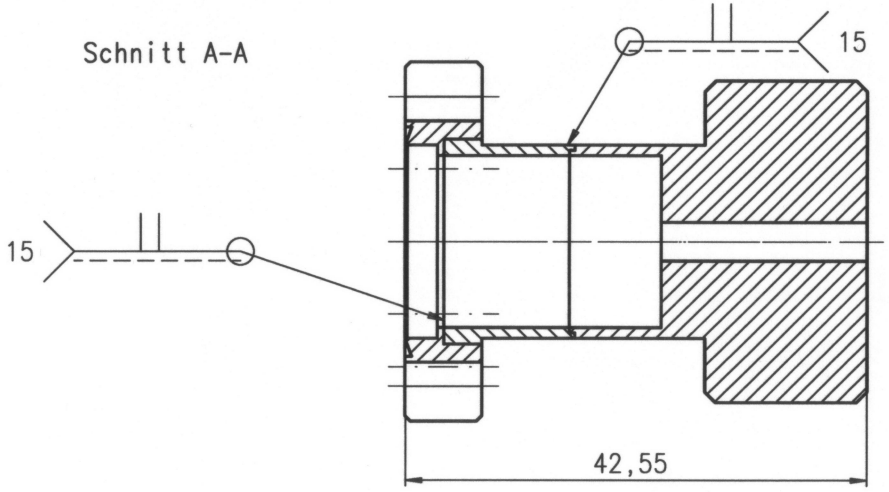


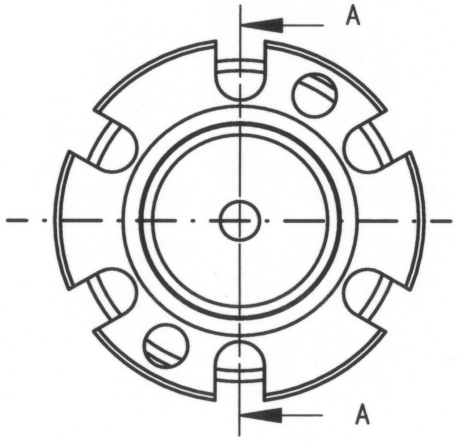
Dichtflaeche der Flansche vor Beschaedigungen und Kratzern schuetzen.

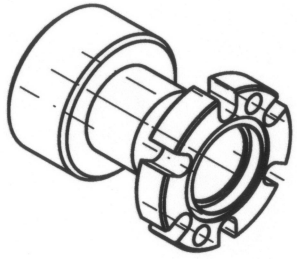
Richtlinien für UHV-Bauteile nach Z.-Nr. 3 73 0100/B.020 beachten.	
Ausheiztemperatur	*400°C*
Wasserstoffarmglühen 2h bei 950°	
Desorptionsrate	$\leq 5 \times 10^{-12} \left[\frac{mbar \times l}{s \times cm^2}\right]$
Leckrate	$\leq 1 \times 10^{-10} \left[\frac{mbar \times l}{s}\right]$

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.:	Halbzeug					Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.		Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten	2:1 Maßstab:	Hamburg Ort:			Auftrag:
		Status:	Material				
			Datum	Name	Teil B Baugruppe		
		Gez.		Sturm_Sebastian			
		Gepr.		Vilcins_Silke			
		Gen.		Vilcins_Silke			
		Desy-MDI			3_06_4125/B.000/5.1	Rev.:	Blatt 1 von 1 Blättern
		Teile-Nr.:					
Zust. Änderung Datum Name		FDWS-Nr.:			Ers. f.	Ers. d.	Plot 26.09.06

Schnitt A-A

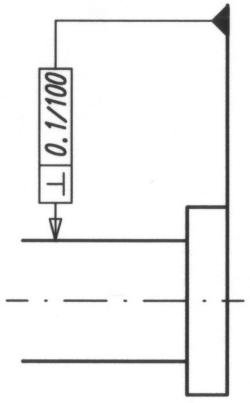






UHV-gerecht
gereinigt, entfettet
und verpackt

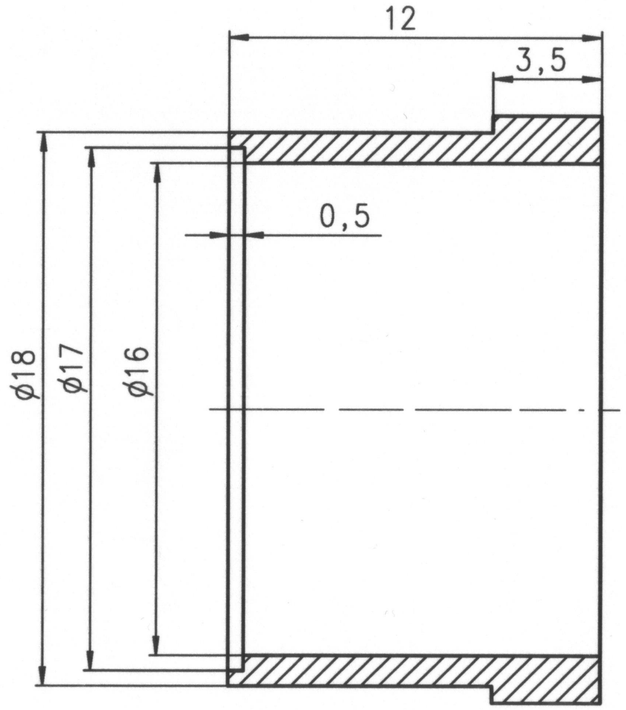
Richtlinien für UHV-Bauteile nach Z.-Nr. 3 73 0100/B.020 beachten.	
Ausheiztemperatur	*400°C*
Wasserstoffarmglühen 2h bei 950°	
Desorptionsrate	$\leq 5x10^{-12} \left[\frac{mbar \times l}{s \times cm^2}\right]$
Leckrate	$\leq 1x10^{-10} \left[\frac{mbar \times l}{s}\right]$

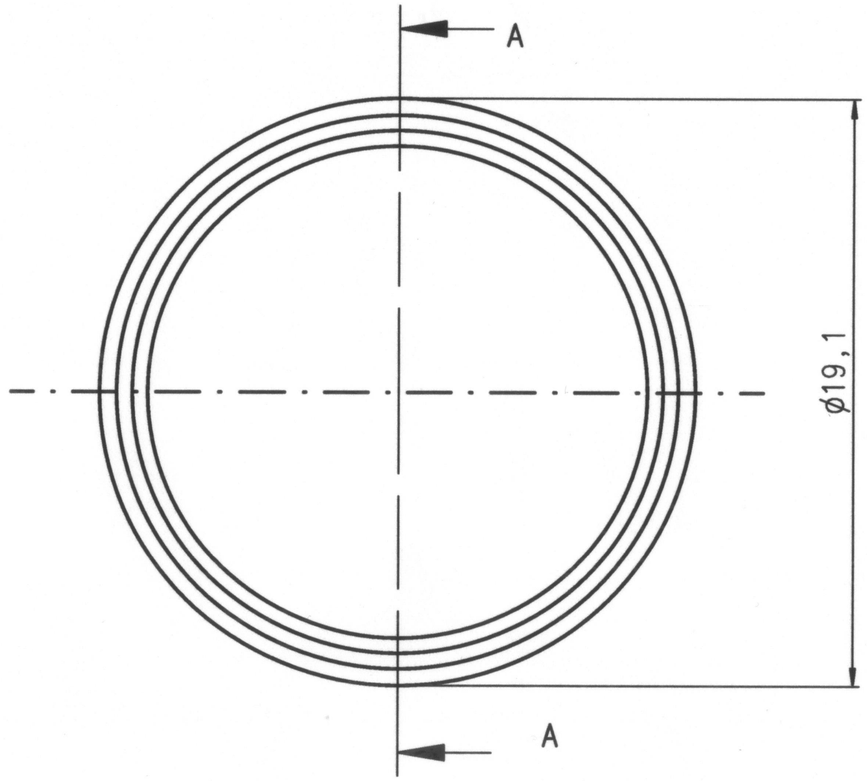


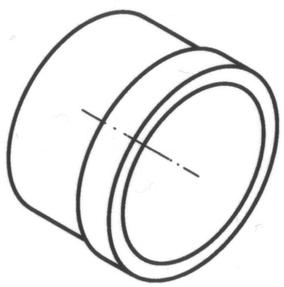
Dichtflaeche der Flansche vor Beschaedigungen und Kratzern schuetzen.

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.:	Halbzeug					Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.		Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten Status:	2:1 Maßstab:	Hamburg Ort:			Auftrag Auftrag:
			Material				
		Datum	Name	Kaman SMA (F) Baugruppe			
		Gez.	Mueller_Dennis				
		Gepr.	Vilcins_Silke				
		Gen.	Vilcins_Silke				
		Desy-MDI		3_06_4125/C.000/5.1			Blatt 1 von 1 Blättern
		Teile-Nr.:				Rev.:	
Zust.	Änderung	Datum	Name	FDMS-Nr.:	Ers. f.	Ers. d.	Plot 27.09.06

Schnitt A-A







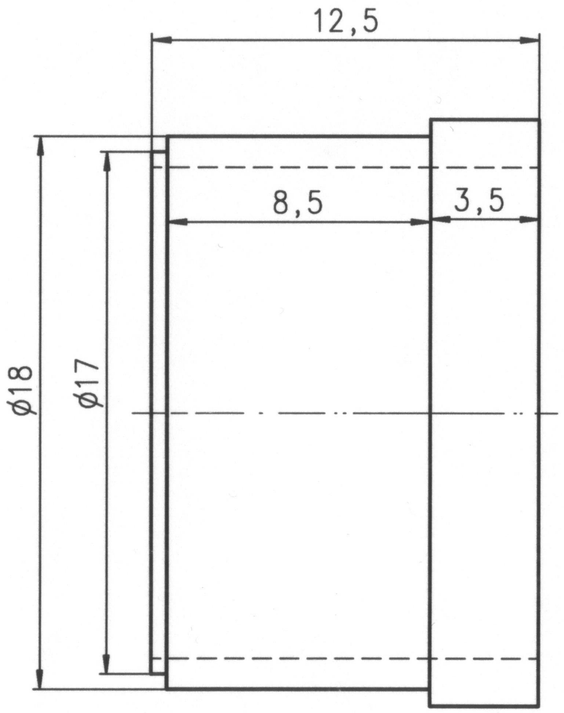
Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5-3mm	3-6mm	6-30mm	30-120mm
	Toleranzklassen			

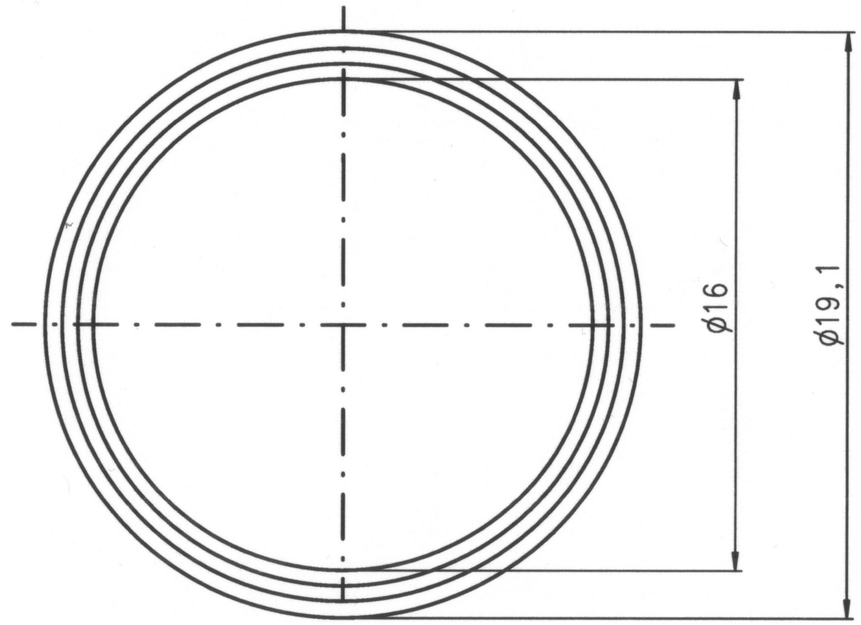
DIN ISO 1302

+0.02
L -0,02

ISO 13715 L

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288				Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.: mH	RM Rd ø 20x15 DIN 670 Halbzeug		Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.					Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten Status:	5:1 Maßstab: 1.4435 Material	Hamburg Ort:	Auftrag Auftrag:
					Datum	Name	Rohr innen Rohr update CF 16	
				Gez.		Mueller_Dennis		
				Gepr.		Vilcins_Silke		
				Gen.		Vilcins_Silke		
				Desy-MDI			3_06_4125/A.002/5.1	Rev.: Blatt 1 von 1 Blättern
				Teile-Nr.:				
Zust.	Änderung	Datum	Name	FDMS-Nr.		Ers. f.	Ers. d.	Plot 29.09.06





Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5-3mm	3-6mm	6-30mm	30-120mm
	Toleranzklassen			

1.6 DIN ISO 1302

+0,02
-0,02

ISO 13715 L

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.: mH	RM Rd ø 20x16 DIN 670 Halbzeug	Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.	Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten Status:	5:1 Maßstab: / Hamburg Ort:	Auftrag:
		1.4435 Material	

	Datum	Name
Gez.		Mueller_Dennis
Gepr.		Vilcins_Silke
Gen.		Vilcins_Silke

Desy-MDI

Teile-Nr.:

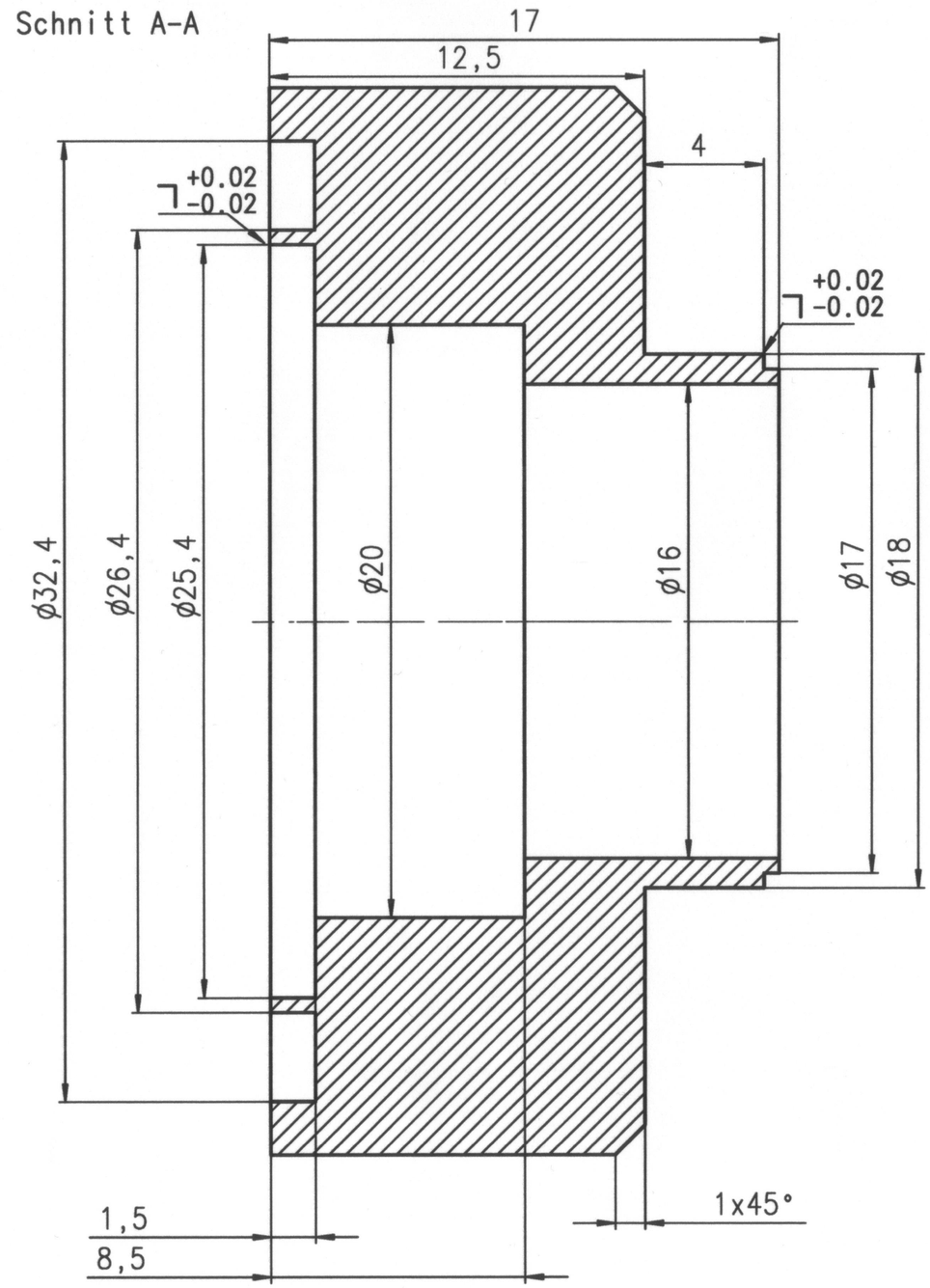
Rohr aussen

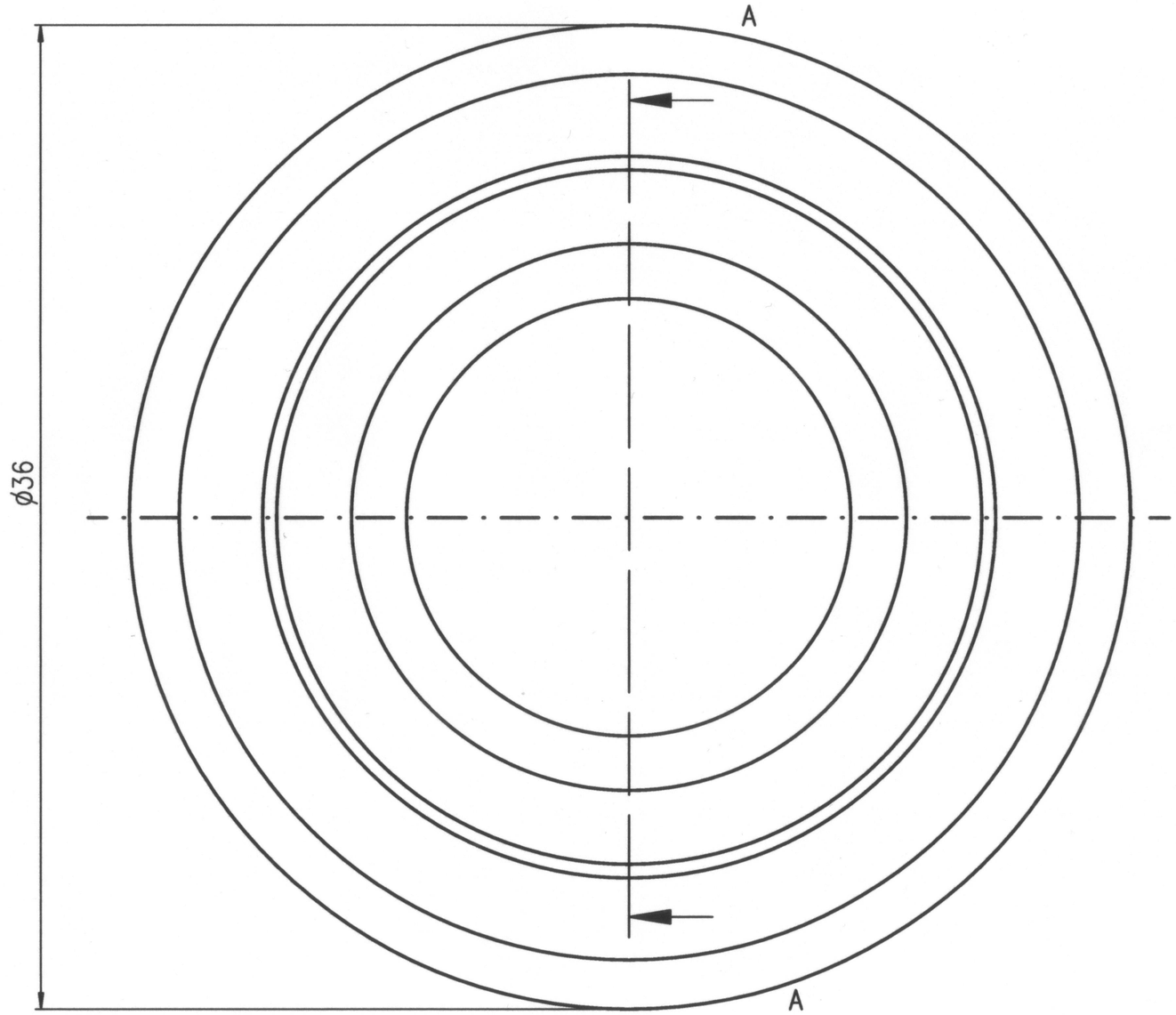
Rohr update für CF

3_06_4125/B.002/5.1

Rev.: | Blatt 1 von 1 Blättern

Zust. | Änderung | Datum | Name | FDMS-Nr.: | Ers. f. | Ers. d. | Plot 27.09.06



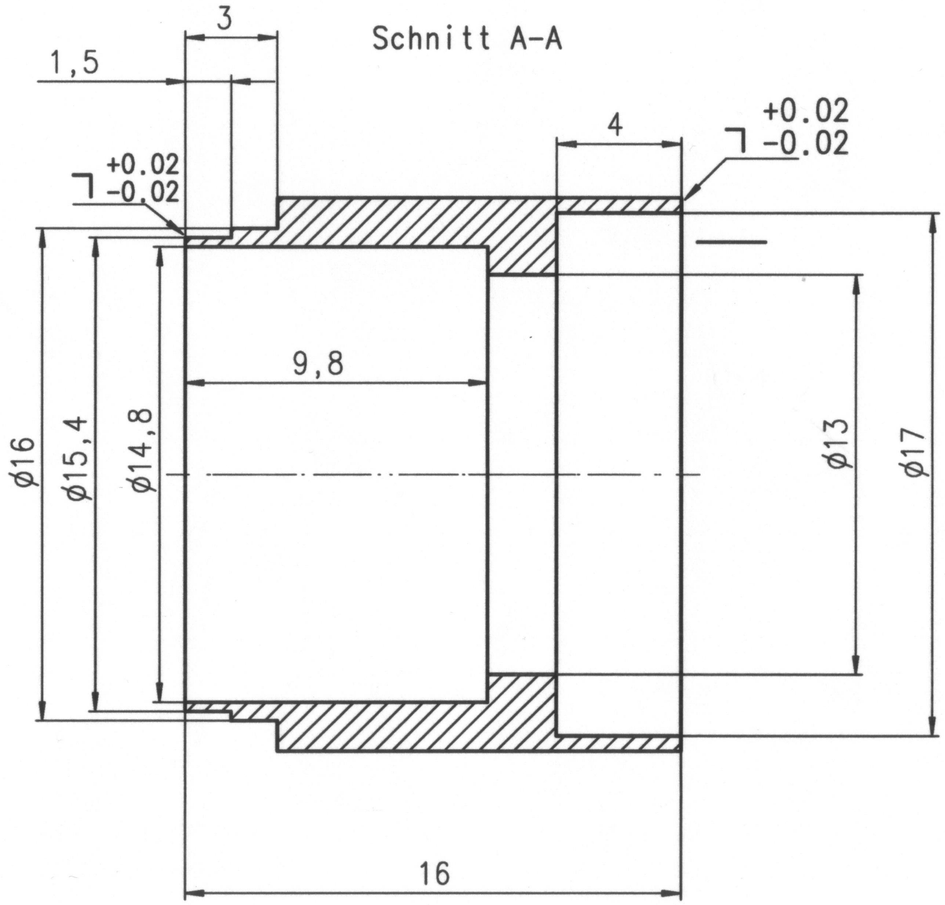


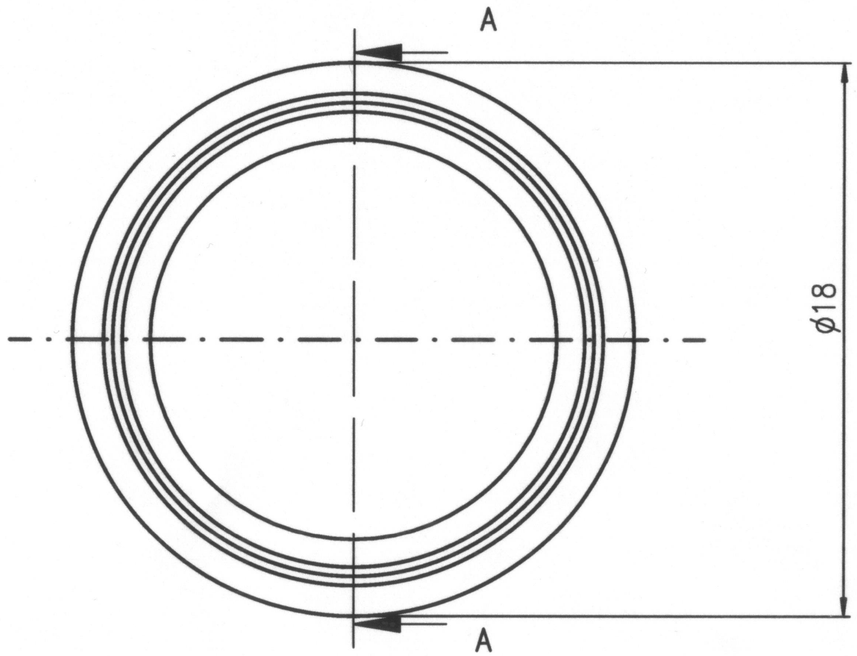
1.6 DIN ISO 1302

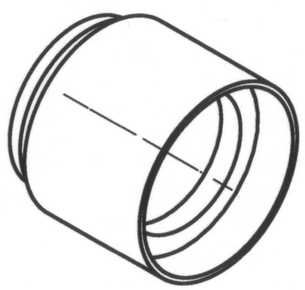
-0,1
-0,3 ISO 13715

Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5-3mm	3-6mm	6-30mm	30-120mm
	Toleranzklassen			

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.: mH	RM Rd ϕ 40x20 Din 670 Halbzeug					Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.		Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten	5:1 Maßstab:		Hamburg Ort:		Auftrag:
		Status:	1.4435 Material				
				Datum	Name	Adapter Ring Teil A	
			Gez.		Sturm_Sebastian		
			Gepr.		Vilcins_Silke		
			Gen.		Vilcins_Silke		
			Desy-MDI			3_06_4125/A.001/5.1	Rev.: Blatt 1 von 1 Blättern
			Teile-Nr.:				
Zust.	Änderung	Datum	Name	EDMS-Nr.:		Ers. f.	Ers. d.	Plot 26.09.06







Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5–3mm	3–6mm	6–30mm	30–120mm
	Toleranzklassen			

1.6 DIN ISO 1302

+0,02
-0,02

ISO 13715 L

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015
Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288

Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768
Toleranzkl.: mH

RM Rd ϕ 20x20 DIN 670
Halbzeug

Gewicht

Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten.
Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.

Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten

Status:

5:1
Maßstab:

Hamburg
Ort:

Auftrag:

1.4435
Material

	Datum	Name
Gez.	26.09.06	Sturm_Sebastian
Gepr.		Vilcins_Silke
Gen.		Vilcins_Silke

Huelse Teil B

Desy-MDI

Teile-Nr.:

3_06_4125/B.001/5.1

Rev.:

Blatt 1 von 1 Blättern

Zust	Änderung	Datum	Name

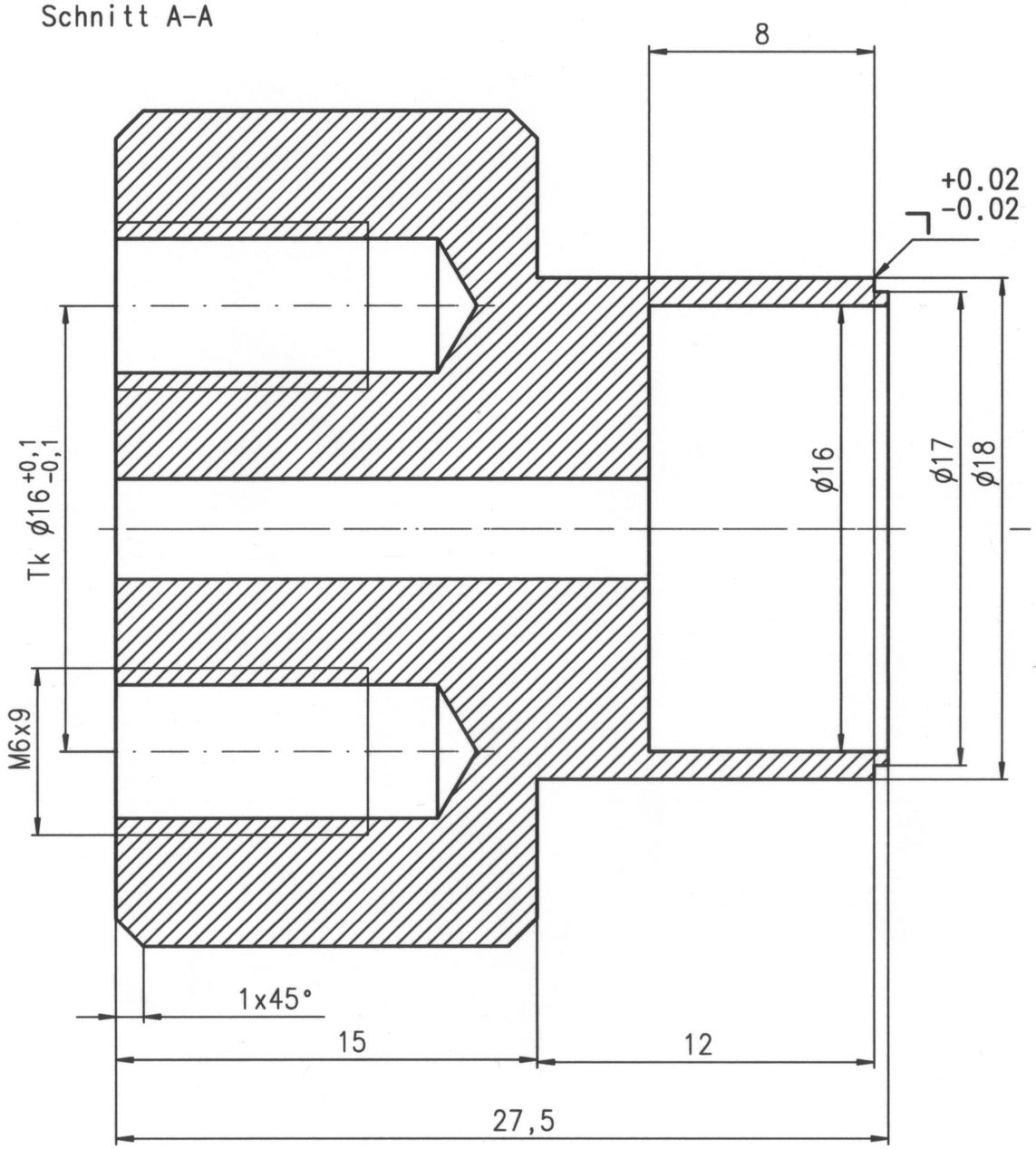
FDMS-Nr.:

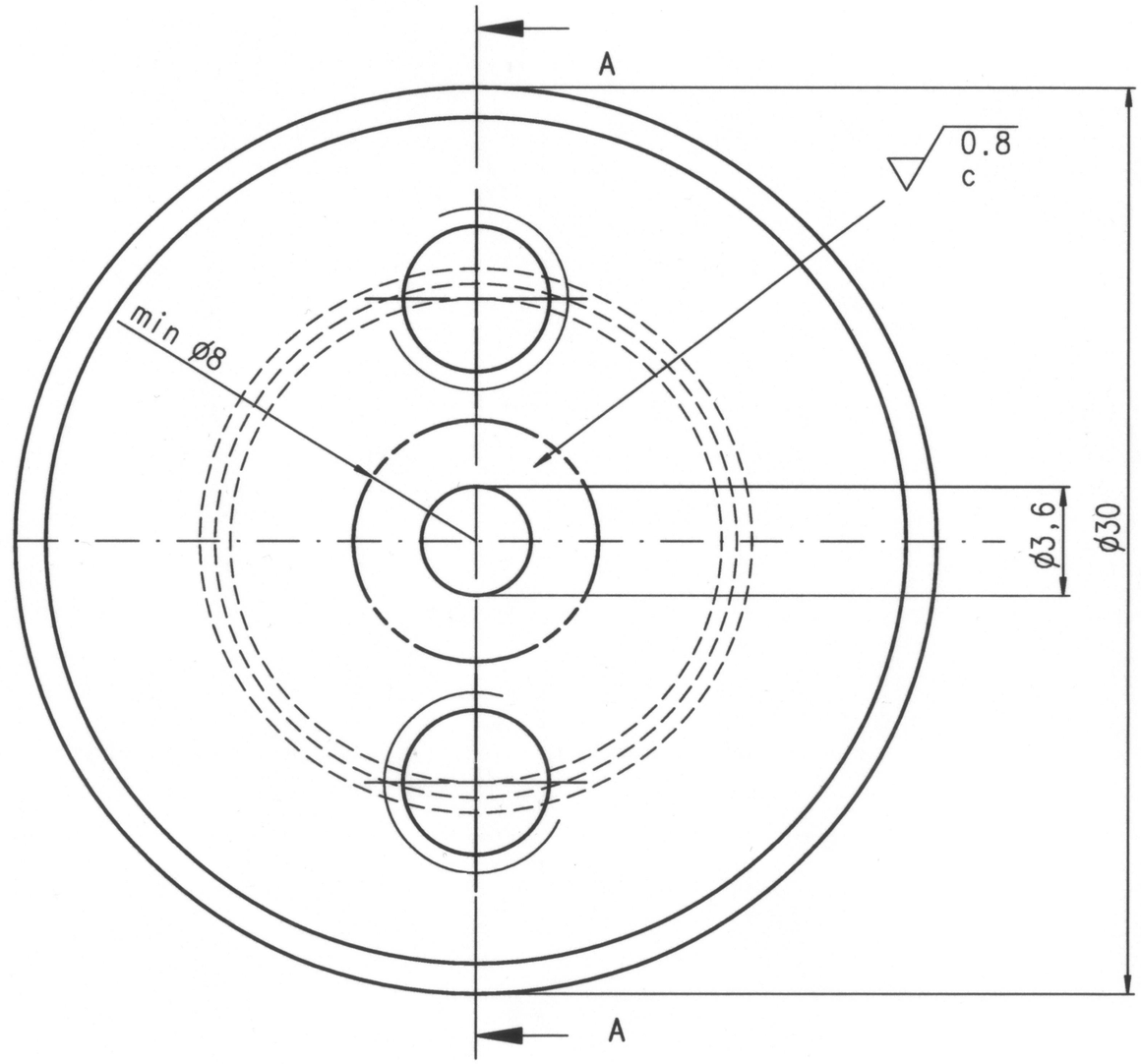
Ers. f.

Ers. d.

Plot 27.09.06

Schnitt A-A





1.6 DIN ISO 1302 (0.8 c)

-0,1
-0,3
ISO 13715

Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5-3mm	3-6mm	6-30mm	30-120mm
	Toleranzklassen			

Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015
Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288

Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768
Toleranzkl.: mH

RM Rd ø 30x30 DIN 670
Halbzeug

Gewicht

Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.

Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten

Status:

5:1
Maßstab:

Hamburg
Ort:

Auftrag:

1.4435
Material

	Datum	Name
Gez.		Mueller_Dennis
Gepr.		Mueller_Dennis
Gen.		Vilcins_Silke

Desy-MDI

Teile-Nr.:

Adapter Ring
Teil D

3_06_4125/C.001/5.1

Rev.:

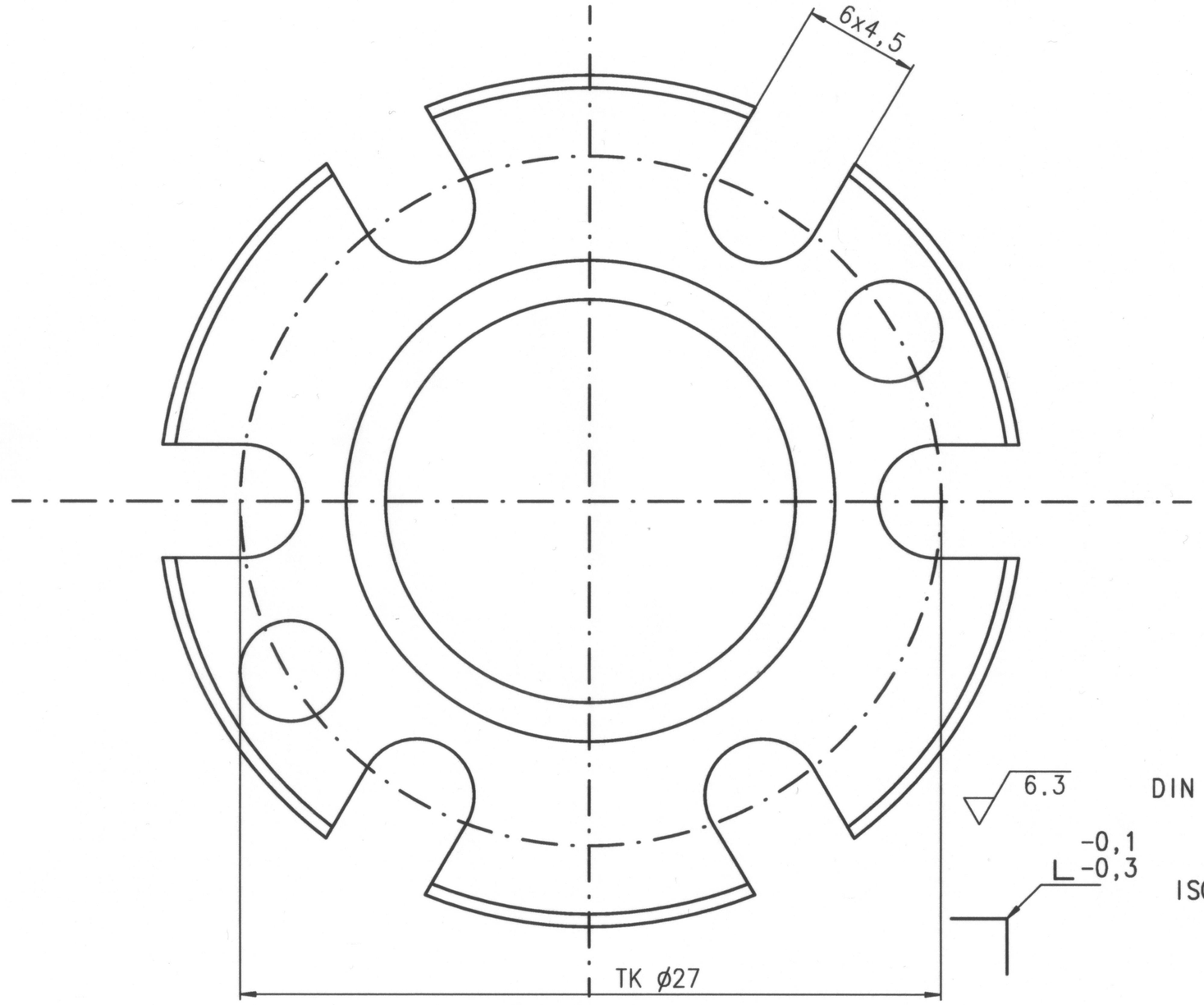
Blatt 1 von 1 Blättern

Zust. | Änderung | Datum | Name

FDMS-Nr.:

Ers. f. | Ers. d.

Plot 26.09.06

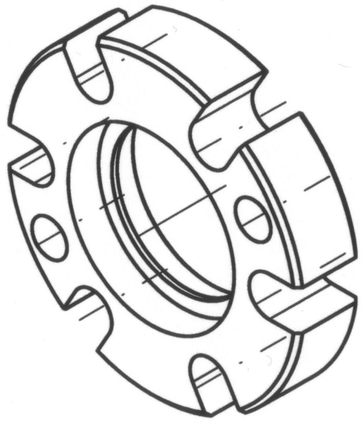


6.3

DIN ISO 1302

-0,1
-0,3

ISO 13715



Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015 Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288	Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768 Toleranzkl.: mH	Halbzeug	Gewicht
Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten. Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.	Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten Status:	5:1 Maßstab:	Hamburg Ort:	Auftrag Auftrag:
		1.4429 Material		

	Datum	Name
Gez.		Sturm_Sebastian
Gepr.		Vilcins_Silke
Gen.		Vilcins_Silke

CF 16 geschlitzt

Desy-MDI

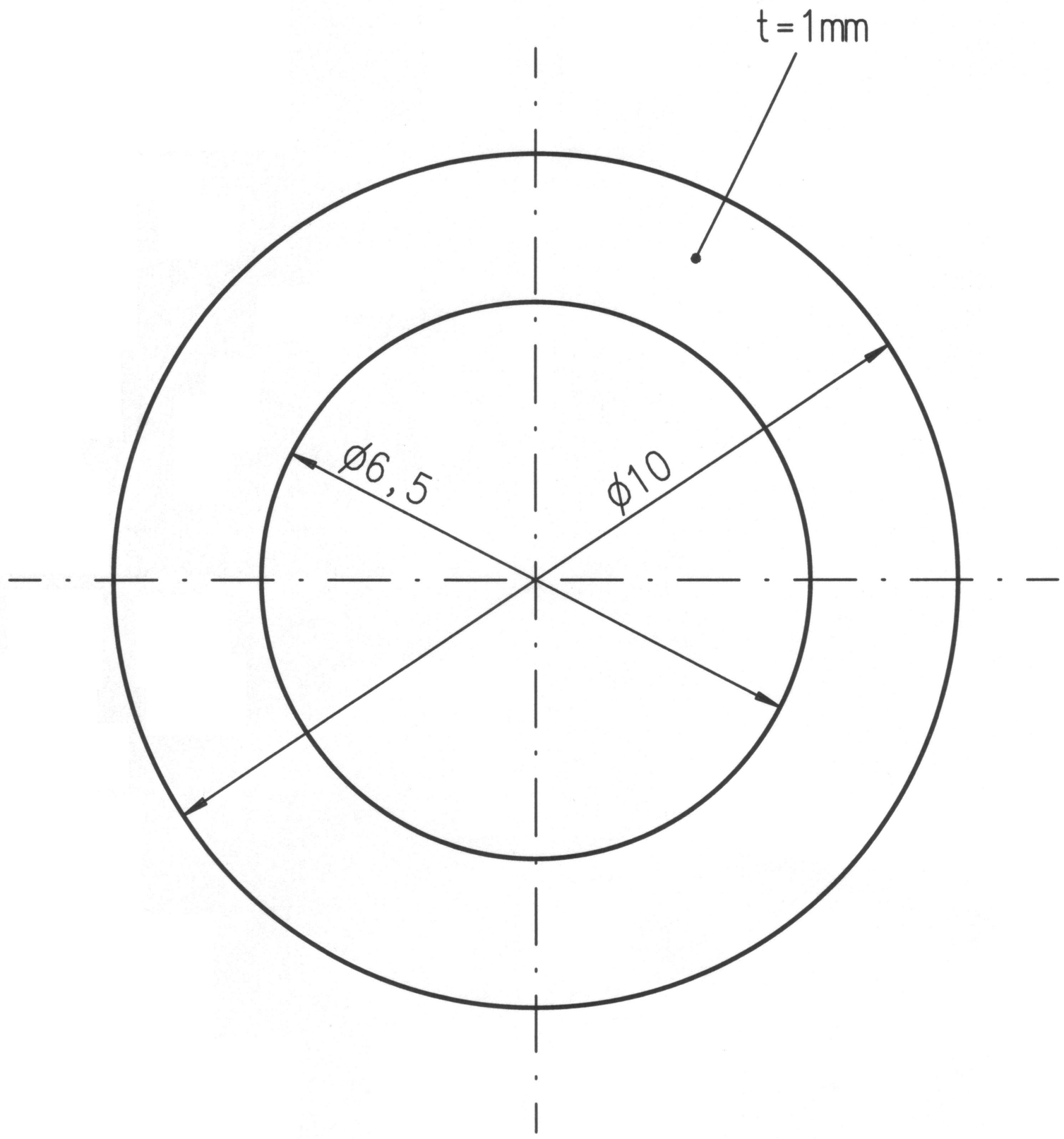
Teile-Nr.:

3_06_4125/C.002/5.1

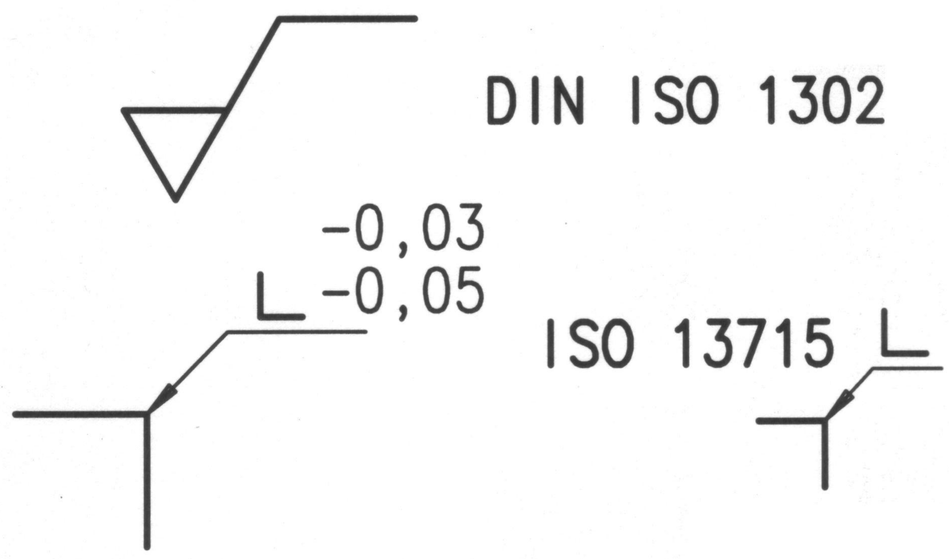
Rev.:

Blatt 1 von 1 Blättern

Zust	Änderung	Datum	Name	FDMS-Nr.:	Ers.f.	Ers.d.	Plot 27.09.06



Auszug aus DIN 2768				
fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15
mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
DIN 2768	0,5–3mm	3–6mm	6–30mm	30–120mm
	Toleranzklassen			



Tolerierungsgrundsatz: ISO 8015
Oberflächenkenngrößen nach DIN EN ISO 1302, 4287 bzw. 4288

Allg.-Toleranzen nach DIN ISO 2768
Toleranzkl.: mK

BI t=1mm; Desy-Lagermaterial
Halbzeug

Gewicht

Eigentum von DESY. Alle Rechte vorbehalten.
Vor der Nutzung dieser Unterlagen oder der darin enthaltenen Informationen ist die Zustimmung des DESY-Technologietransfers erforderlich.

Schutzvermerk DIN ISO 16016 (05-2002) beachten

Status:

10:1
Maßstab:

Ort:

Auftrag:

1.4435/1.4404
Material:

	Datum	Name
Gez.	30.06.06	Siemens_Maike
Gepr.		
Gen.		

Unterlegscheibe
für UHV-Durchführung

Desy-MDI

Teile-Nr.: 130_01_09_92

Skizze

Rev.:

Blatt 1 von 1 Blättern

Zust.	Änderung	Datum	Name

EDMS-Nr.:

Ers.f.

Ers.d.

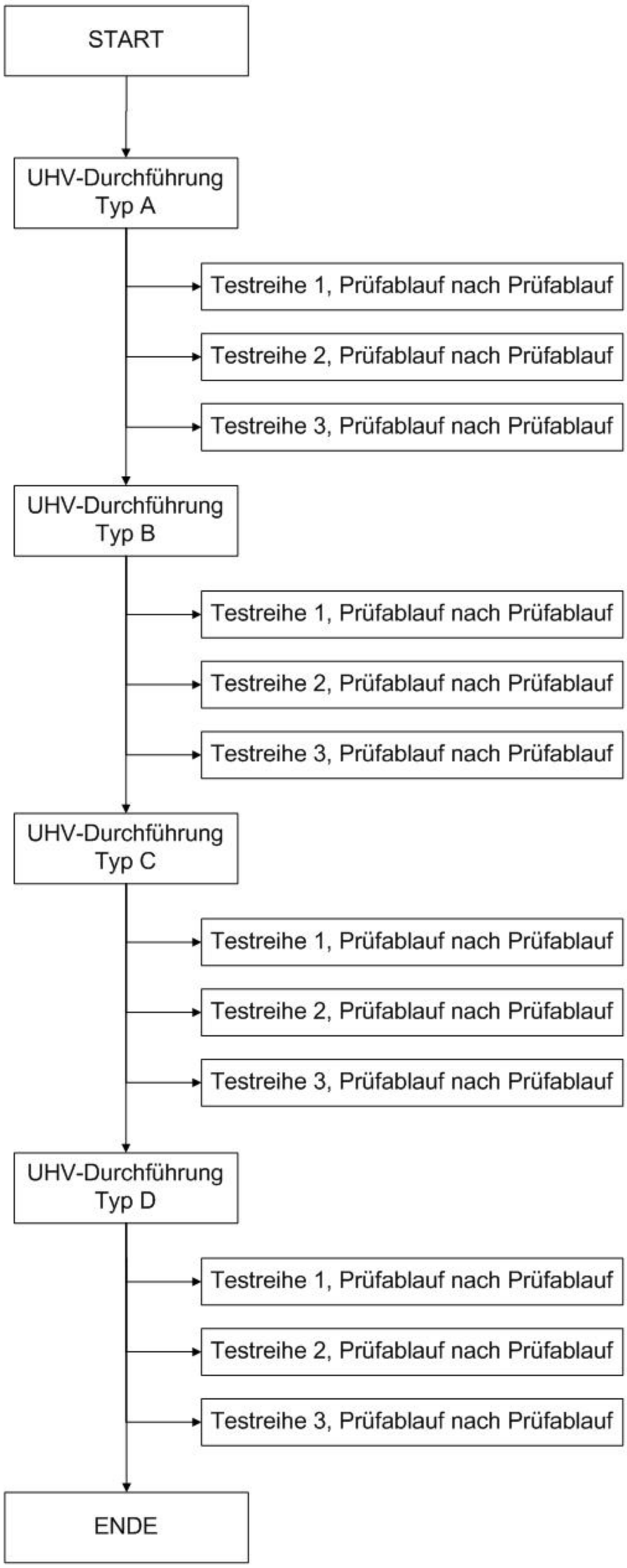
Plot 30.06.06

16.5 Pläne

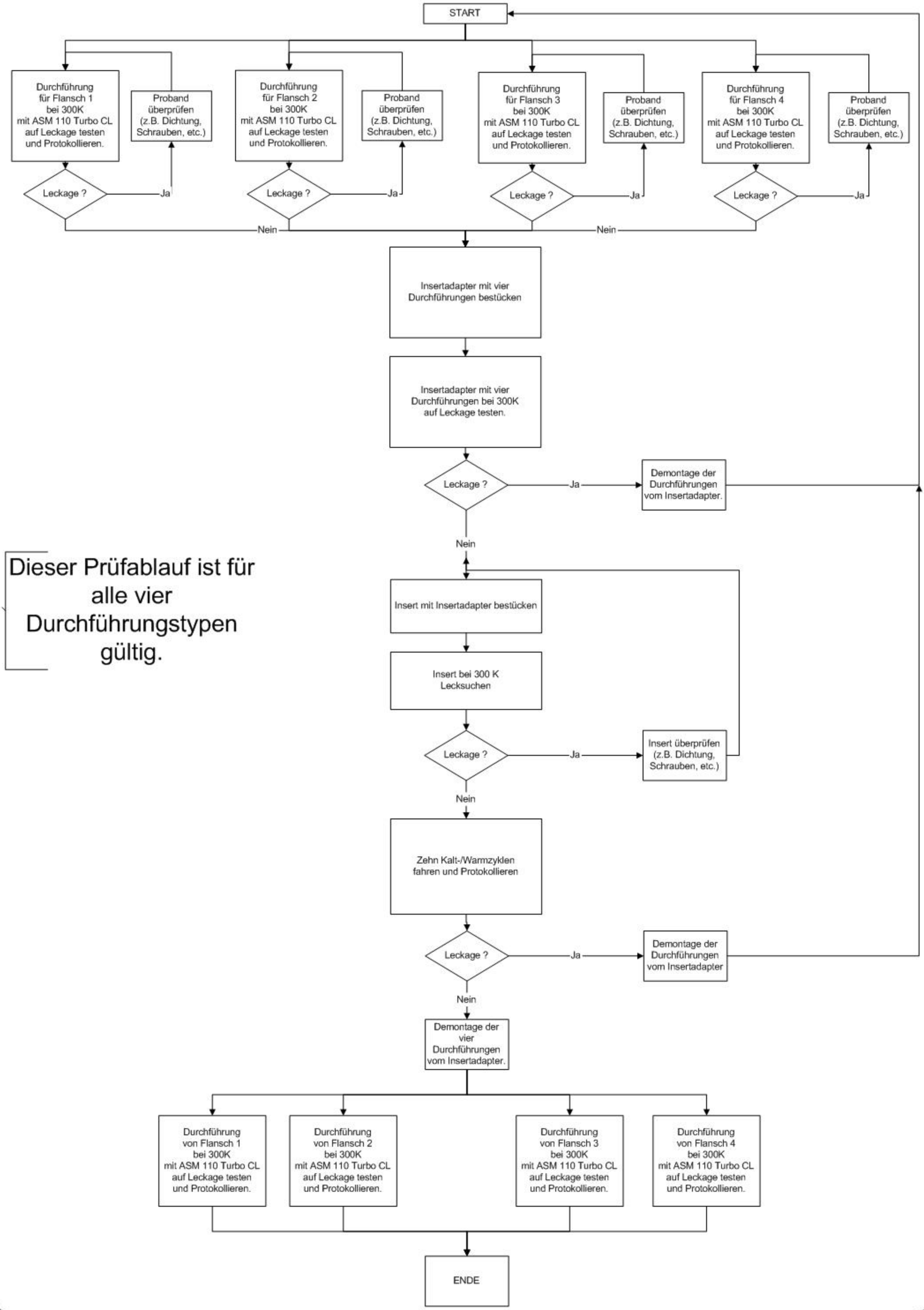
Ablaufplan

Prüfprozedur

Ablaufplan


START
UHV-Durchführung Typ A
Testreihe 1, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 2, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 3, Prüfablauf nach Prüfablauf
UHV-Durchführung Typ B
Testreihe 1, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 2, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 3, Prüfablauf nach Prüfablauf
UHV-Durchführung Typ C
Testreihe 1, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 2, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 3, Prüfablauf nach Prüfablauf
UHV-Durchführung Typ D
Testreihe 1, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 2, Prüfablauf nach Prüfablauf
Testreihe 3, Prüfablauf nach Prüfablauf
ENDE

Prüfablauf



Dieser Prüfablauf ist für alle vier Durchführungstypen gültig.

16.6 Trendgrafiken

Trendgrafik 100

Trendgrafik 101

Trendgrafik 102

Trendgrafik 103

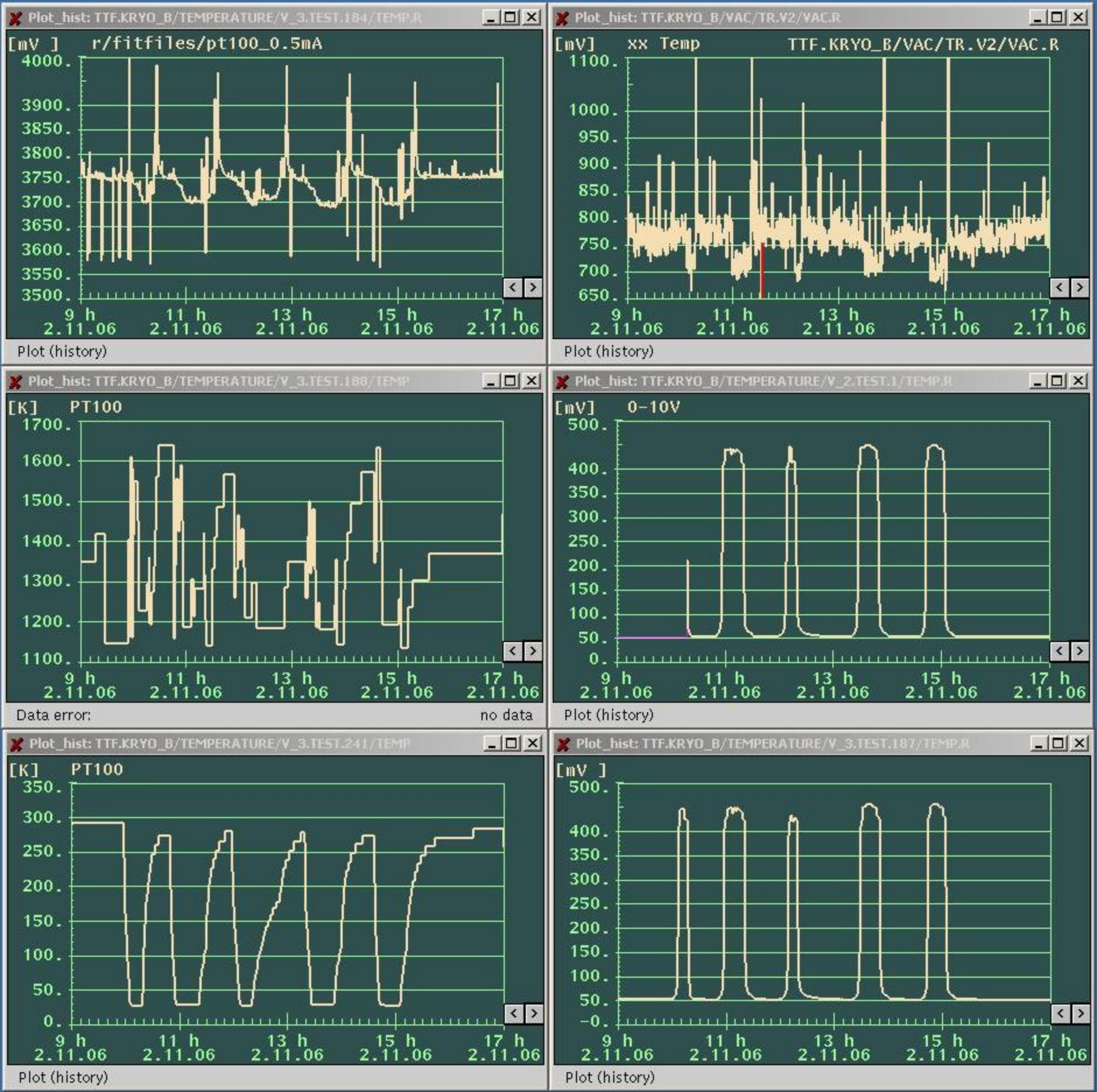
Trendgrafik 104

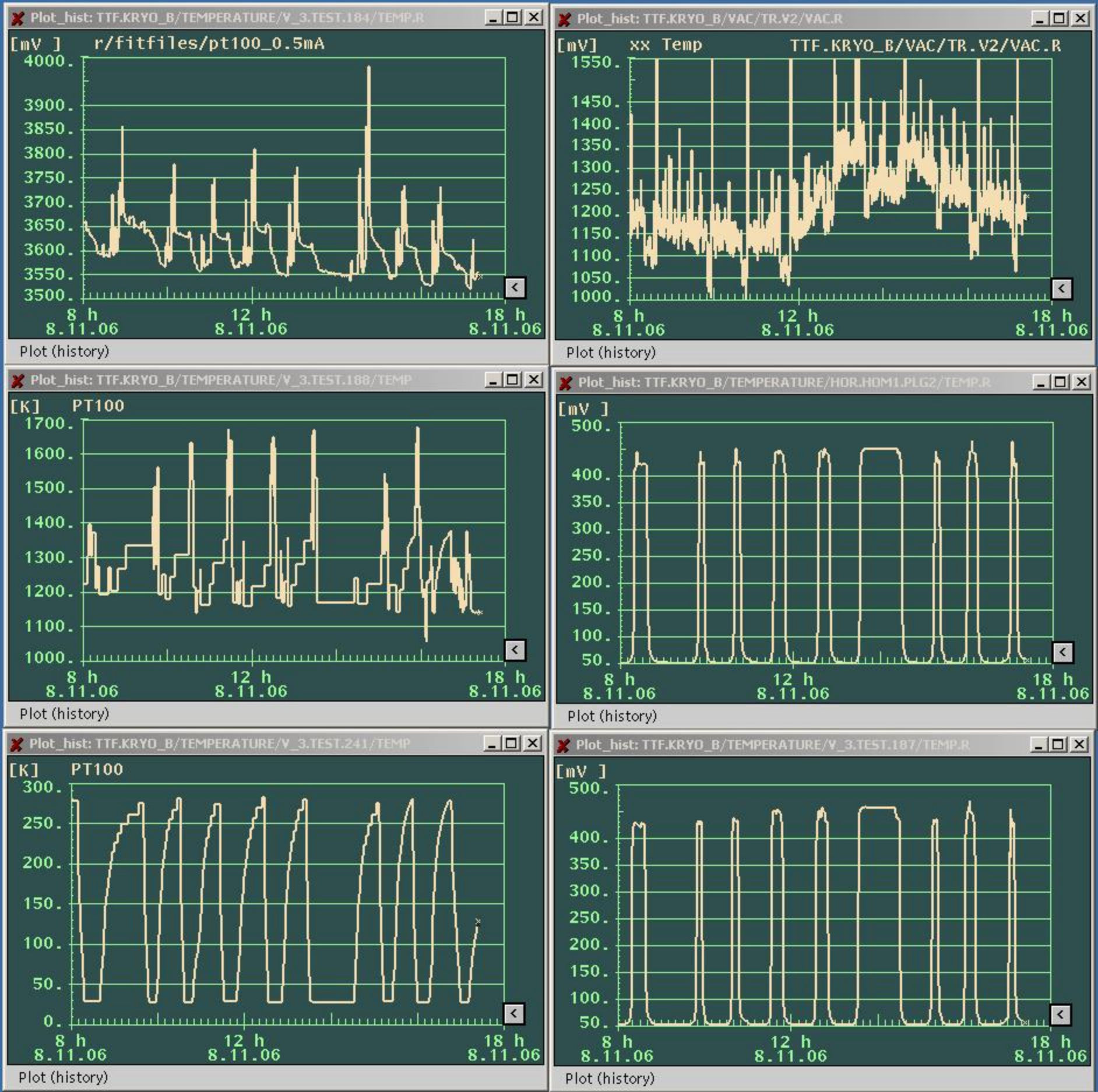
Trendgrafik 105

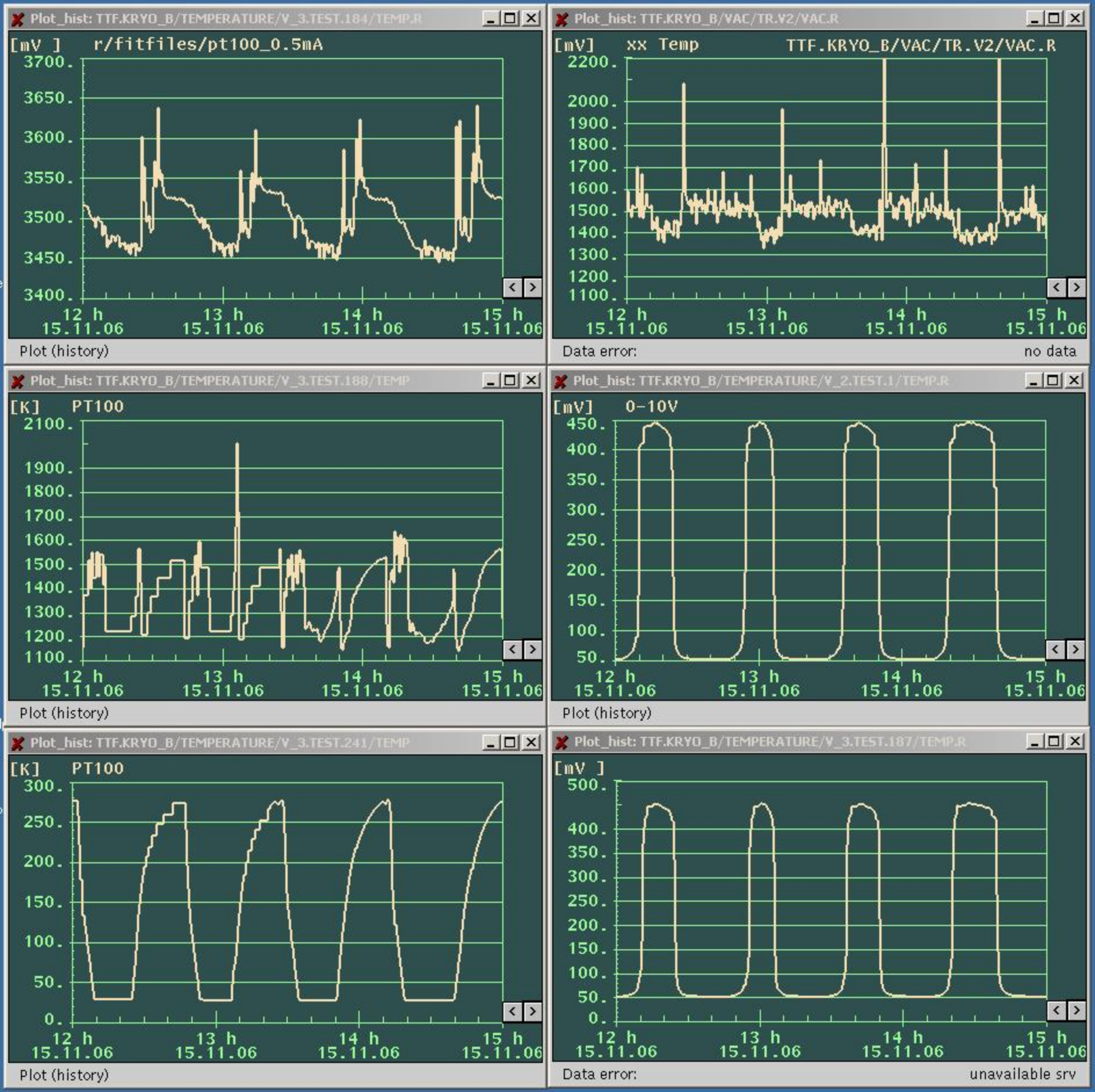
Trendgrafik 106

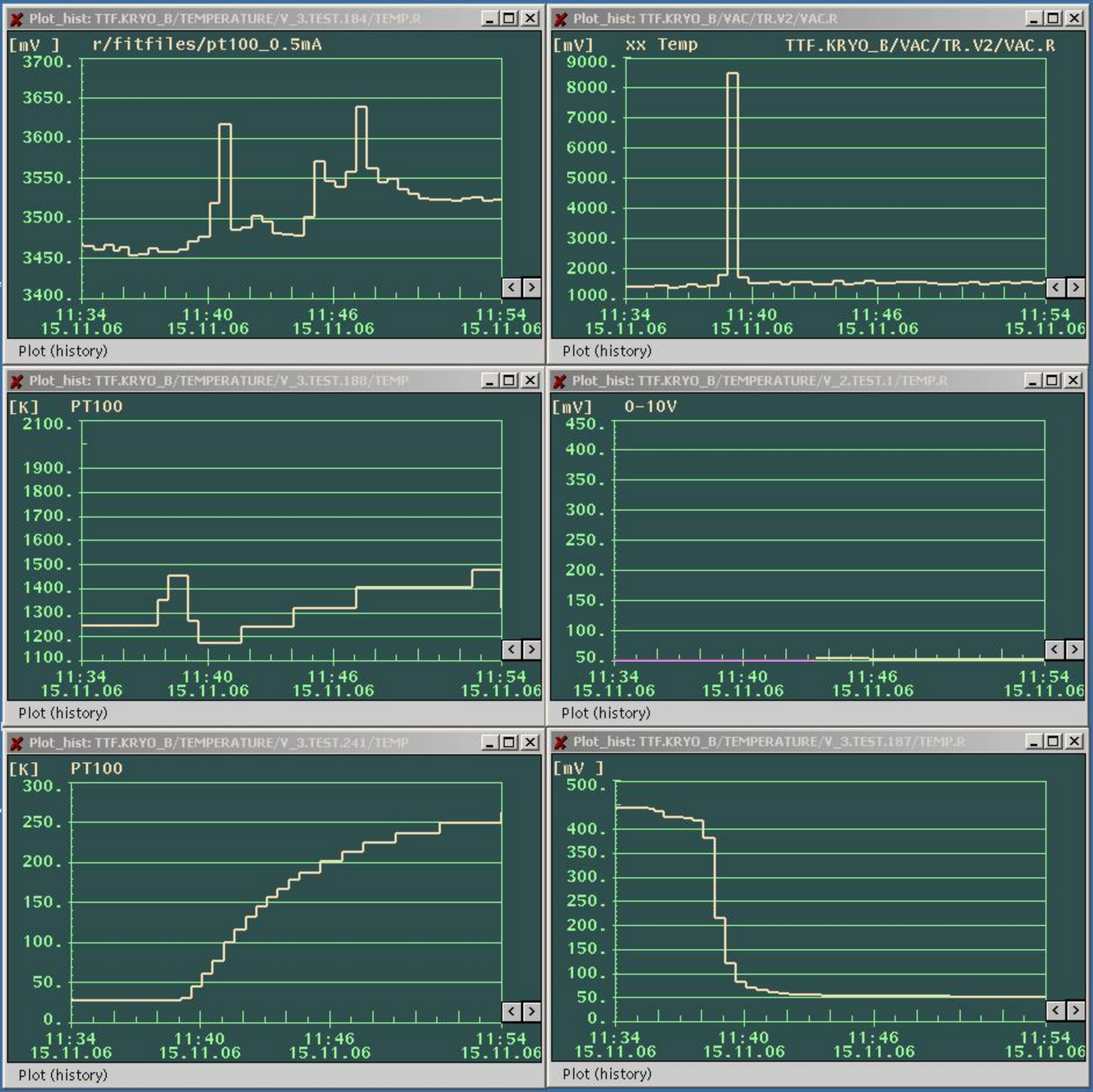
Trendgrafik 107

Trendgrafik 108

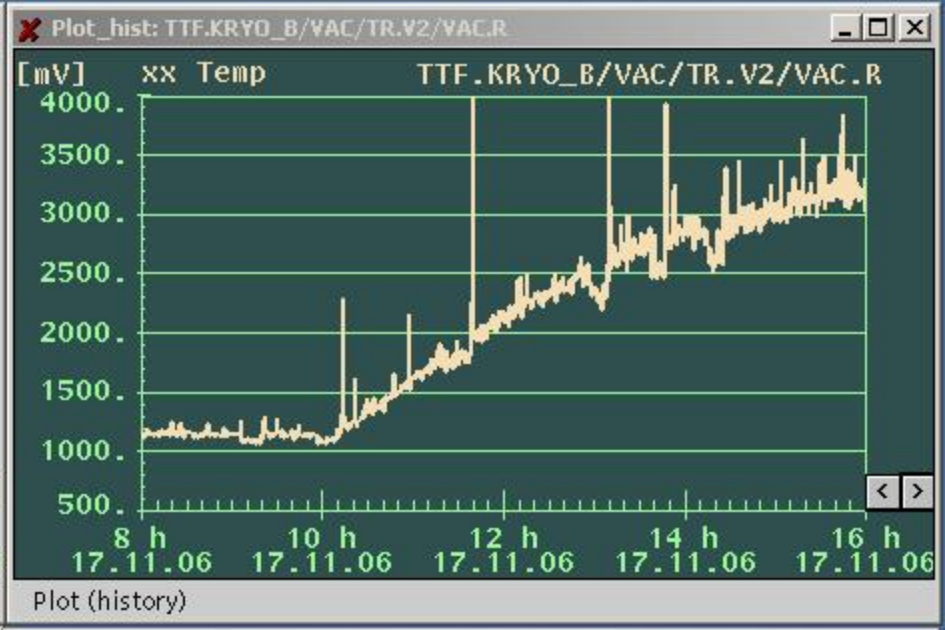

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
4000. 3900. 3850. 3800. 3750. 3700. 3650. 3600. 3550. 3500.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
1100. 1000. 950. 900. 850. 800. 750. 700. 650.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Data error: no data
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. -0.
9 h 2.11.06 11 h 2.11.06 13 h 2.11.06 15 h 2.11.06 17 h 2.11.06
Plot (history)

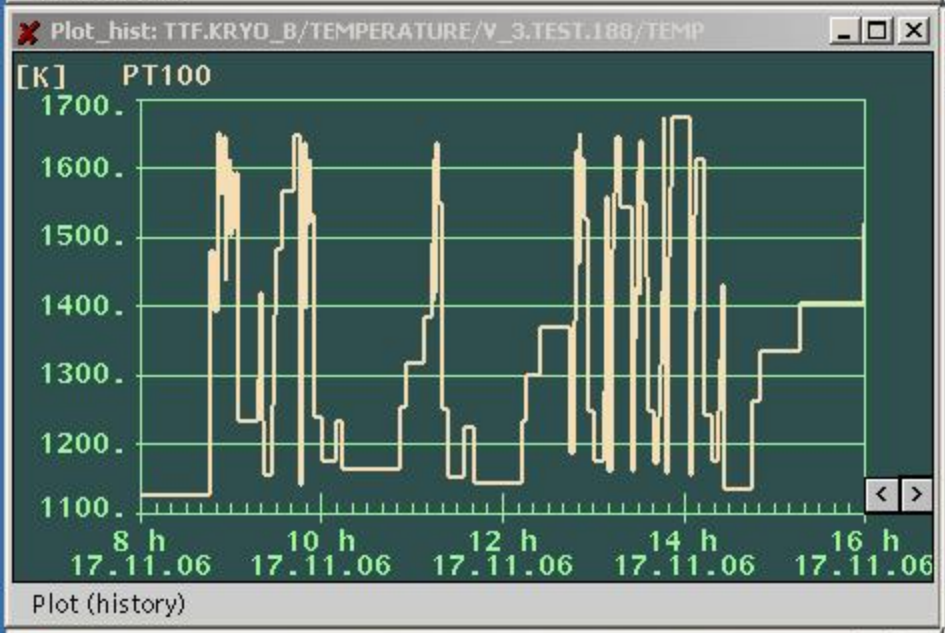

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
4000. 3900. 3850. 3800. 3750. 3700. 3650. 3600. 3550. 3500.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
1550. 1450. 1400. 1350. 1300. 1250. 1200. 1150. 1100. 1050. 1000.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100. 1000.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/HDR.HDM1.PLG2/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50.
8 h 8.11.06
12 h 8.11.06
18 h 8.11.06
Plot (history)

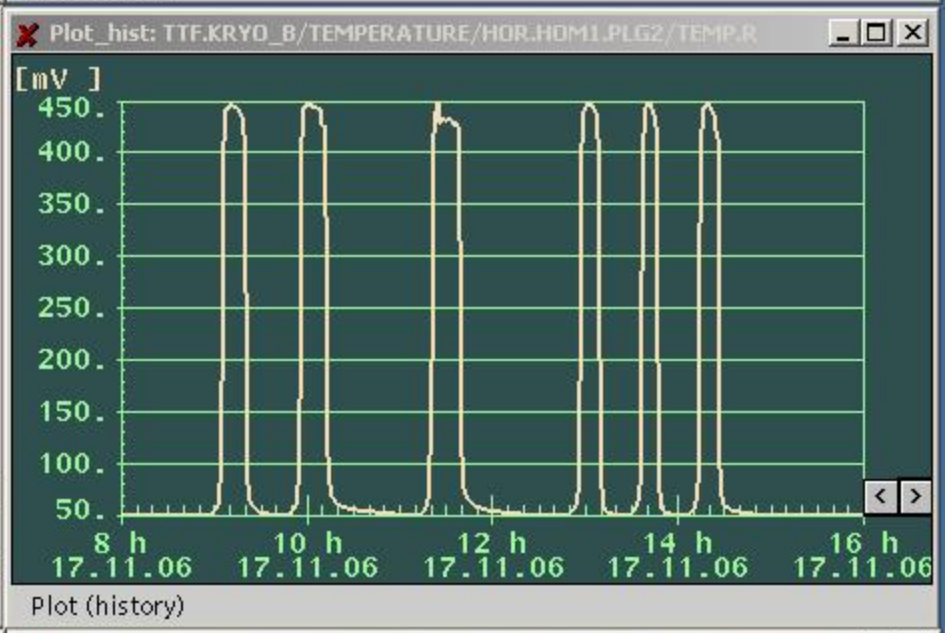

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
3700. 3650. 3600. 3550. 3500. 3450. 3400.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
2200. 2000. 1900. 1800. 1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Data error:
no data
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
2100. 1900. 1800. 1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
450. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
12 h 15.11.06
13 h 15.11.06
14 h 15.11.06
15 h 15.11.06
Data error:
unavailable srv

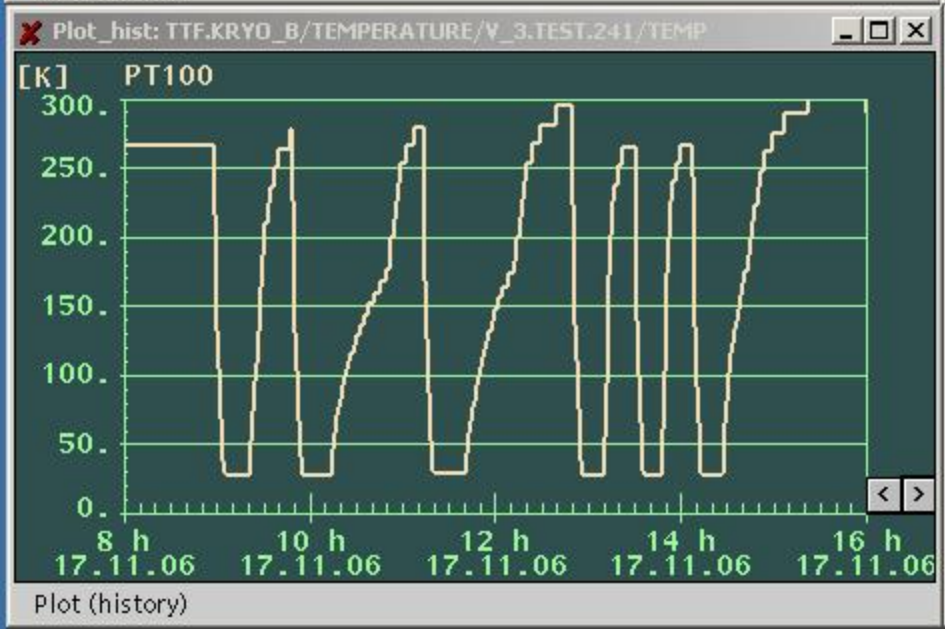

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
3700.
3650.
3600.
3550.
3500.
3450.
3400.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
9000.
8000.
7000.
6000.
5000.
4000.
3000.
2000.
1000.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
2100.
1900.
1800.
1700.
1600.
1500.
1400.
1300.
1200.
1100.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
450.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
11:34 15.11.06
11:40 15.11.06
11:46 15.11.06
11:54 15.11.06
Plot (history)

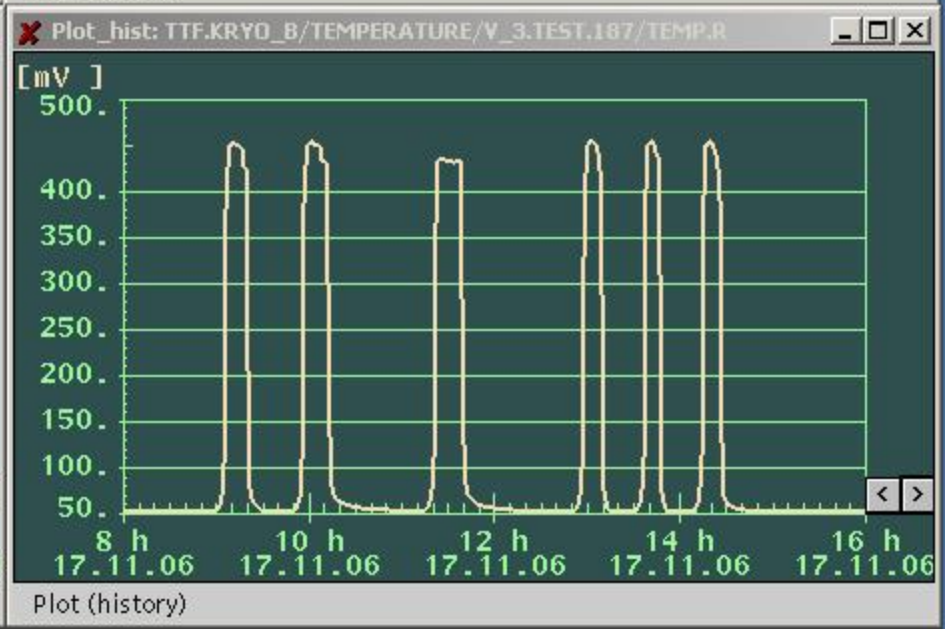
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
3700.
3650.
3600.
3550.
3500.
3450.
3400.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)

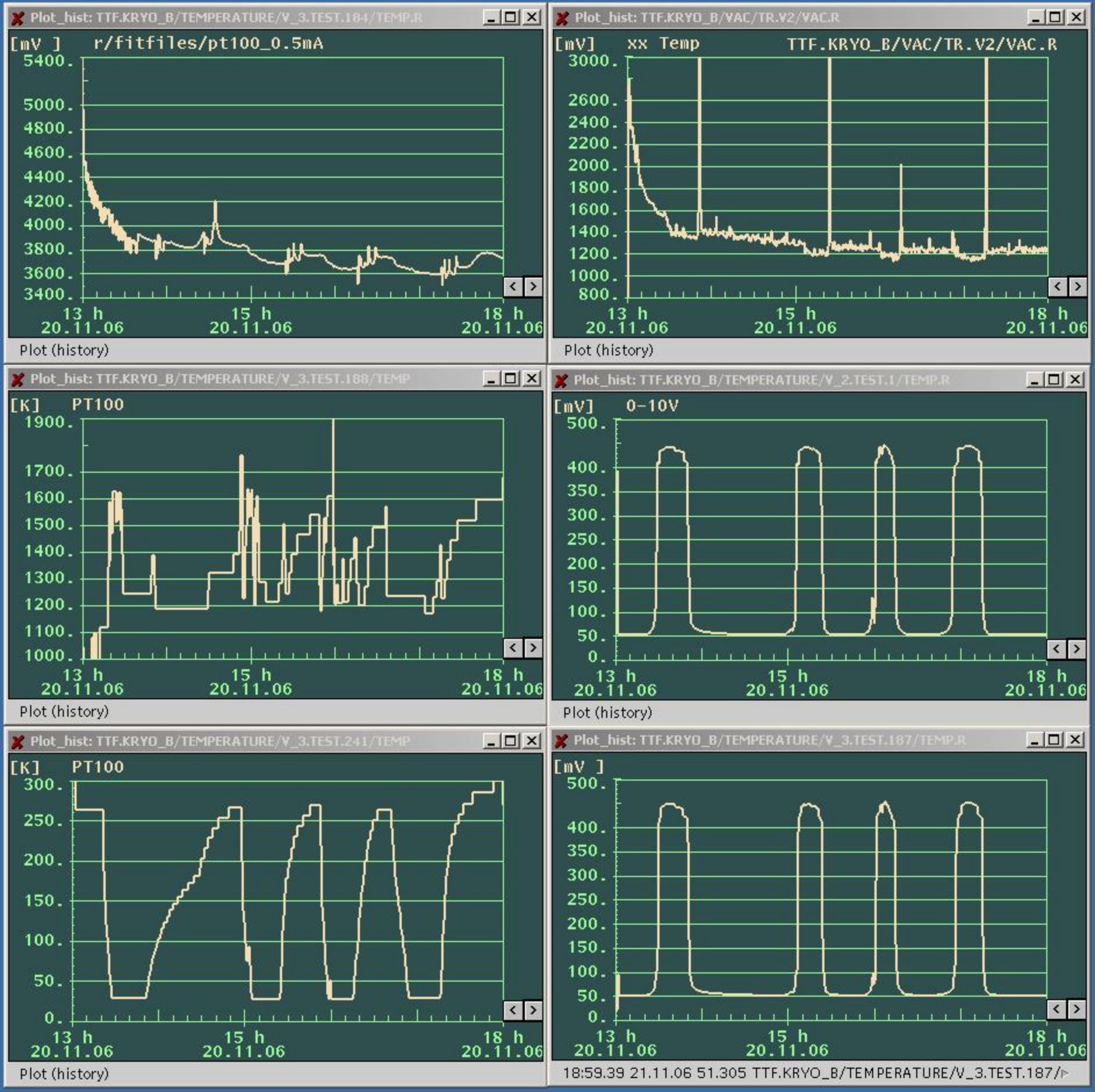

Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
4000.
3500.
3000.
2500.
2000.
1500.
1000.
500.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)

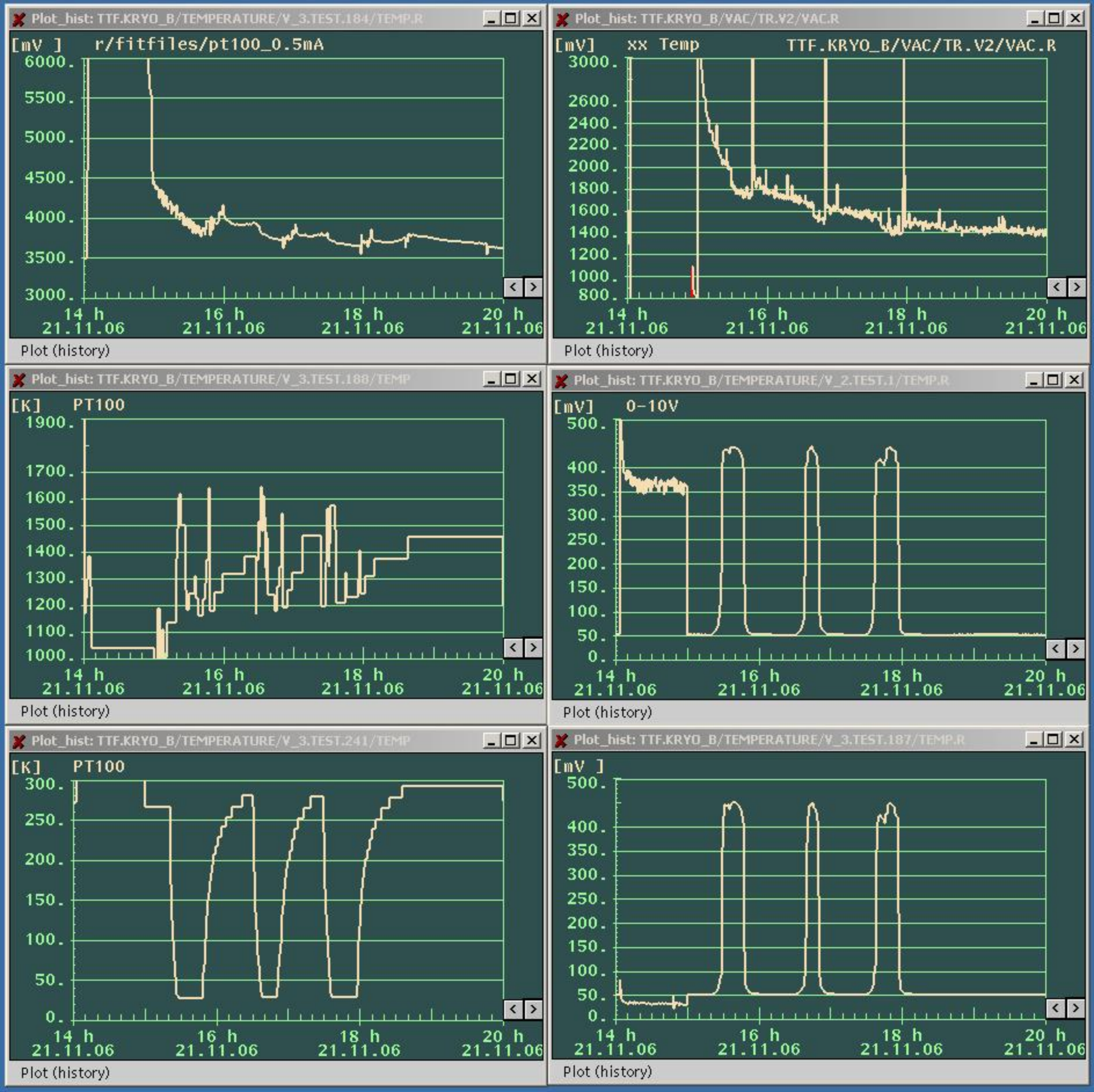

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1700.
1600.
1500.
1400.
1300.
1200.
1100.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)

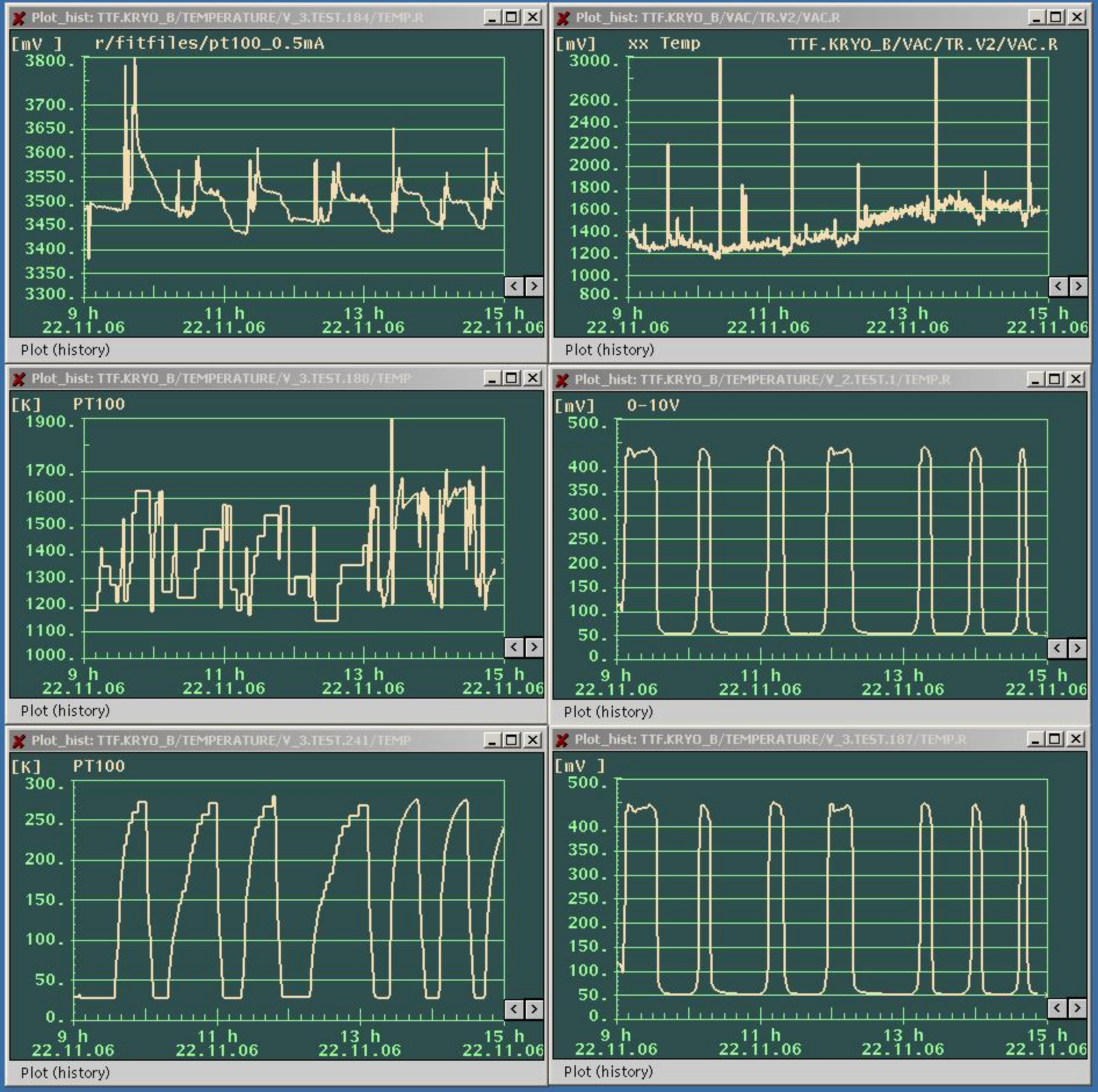

Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/HOR.HOM1.PLG2/TEMP.R
[mV]
450.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)


Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)


Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
8 h 17.11.06
10 h 17.11.06
12 h 17.11.06
14 h 17.11.06
16 h 17.11.06
Plot (history)


Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
5400. 5000. 4800. 4600. 4400. 4200. 4000. 3800. 3600. 3400.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
3000. 2600. 2400. 2200. 2000. 1800. 1600. 1400. 1200. 1000. 800.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1900. 1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100. 1000.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
13 h 20.11.06
15 h 20.11.06
18 h 20.11.06
18:59.39 21.11.06 51.305 TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/


Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
6000.
5500.
5000.
4500.
4000.
3500.
3000.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
3000.
2600.
2400.
2200.
2000.
1800.
1600.
1400.
1200.
1000.
800.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1900.
1700.
1600.
1500.
1400.
1300.
1200.
1100.
1000.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
500.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500.
400.
350.
300.
250.
200.
150.
100.
50.
0.
14 h 21.11.06
16 h 21.11.06
18 h 21.11.06
20 h 21.11.06
Plot (history)


Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.184/TEMP.R
[mV] r/fitfiles/pt100_0.5mA
3800. 3700. 3650. 3600. 3550. 3500. 3450. 3400. 3350. 3300.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
[mV] xx Temp TTF.KRYO_B/VAC/TR.V2/VAC.R
3000. 2600. 2400. 2200. 2000. 1800. 1600. 1400. 1200. 1000. 800.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.188/TEMP
[K] PT100
1900. 1700. 1600. 1500. 1400. 1300. 1200. 1100. 1000.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_2.TEST.1/TEMP.R
[mV] 0-10V
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.241/TEMP
[K] PT100
300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)
Plot_hist: TTF.KRYO_B/TEMPERATURE/V_3.TEST.187/TEMP.R
[mV]
500. 400. 350. 300. 250. 200. 150. 100. 50. 0.
9 h 22.11.06
11 h 22.11.06
13 h 22.11.06
15 h 22.11.06
Plot (history)