



Bedienungsanleitung



Helium Cryostat for the Cryogenic Current Comparator (CCC) at CRYRING / FAIR

Entwickler und Hersteller:

Institut für Luft- und Kältetechnik
gemeinnützige Gesellschaft mbH;
Bertolt Brecht Allee 20;
01309 Dresden

Seriennummer:

212191

Zeichnungsnummer:

1-130-03-0000-00



Kurzbericht

Dieser Flüssighelium-Kryostat für den Cryogenic Current Comparator (CCC) wurde vom ILK Dresden im Auftrag des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, entwickelt und gefertigt.

Alle Daten und Garantien beziehen sich auf diese Konfiguration.

Die Prüfprotokolle sind als Anhänge 7, 8 und 9 beigefügt.





Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Informationen	5
1.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch	5
1.2 Technische Informationen/Betriebsparameter	6
2 Installationshinweise	13
2.1 Auslieferung	13
2.2 Entpacken und Zusammenbau	13
2.2.1 Kontrolle Kipp- und Stoßindikatoren	13
2.2.2 Demontage Verpackung	13
2.2.3 Montage Kryostat-Füße	13
2.2.4 Demontage Transportsicherung	15
2.2.5 Montage Kupferplatten Thermisches Schild	15
2.2.6 Verschließen des Vakuumbehälters	16
2.2.7 Montage der Sicherheitsventile	17
3 Betriebsanleitung	18
3.1 Evakuieren	18
3.2 Befüllung mit flüssigem Stickstoff (Vorkühlung)	20
3.3 Befüllung mit flüssigem Helium	21
3.4 Betrieb	22
3.5 Aufwärmen	22
3.6 Transport	22
3.6.1 Transport über kurze Strecken und ebenen Boden	22
3.6.2 Transport auf der Straße	23
4 Umbaumöglichkeiten	24
4.1 Demontage	24
4.1.1 Kryostat im Vakuum-Gestell	24
4.1.2 Kryostat im Montagegestell	25
4.2 Montage	32
4.2.1 Kryostat im Montagegestell	32



4.2.2 Helium-Behälter-Tests	34
4.2.3 Kryostat + Thermisches Schild im Montage-Gestell	34
4.2.4 Kryostat + Thermisches Schild im Vakuum-Gestell	36
4.2.5 Montage der Sicherheitsventile	38
4.2.6 Vakuum-Behälter-Test	38
5 Grundlegende Hinweise	39
5.1 Handhabungshinweise	39
5.3 Gefahren im Umgang mit flüssigem Stickstoff, flüssigem Helium und Indium	41
5.4 Gefahren im Umgang mit druckführenden Geräten	41
6 Verpflichtungen des Betreibers und des Personals	42
7 Gewährleistung und Haftung	44
8 Wartung	45
8.1 Montage	45
8.2 Wartung, Reparatur	45
9 Mitgeltende Gesetze, Verordnungen, Normen, Vorschriften	46
Anhang	47



1 Allgemeine Informationen

1.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Der CCC-Kryostat aus Edelstahl und Aluminium wurde konstruiert, um die Kühlung von einem „Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)“-Sensor mit flüssigem Helium (LHe) zu ermöglichen. Das Design ermöglicht die Nutzung unterschiedlich großer Sensoren.

Der Helium-Behälter ist bei einem maximalen Überdruck von 0,4 bar_g abgesichert und wurde mit 2,0 bar_g geprüft.

Mit der Aufhängung des Helium-Behälters (Gesamtgewicht: 270 kg) über vier Titanstäbe, die am Deckel des Vakuumbehälters befestigt sind, und vier Titanstäbe, die nach unten mit dem Boden des Vakuumbehälters zur Versteifung verbunden sind, kann eine vierfache Sicherheit gegen statische Belastung und eine zweifache Sicherheit gegen dynamische Belastung (bei 2g) abgesichert werden. Für den Straßentransport muss die Transportsicherung (siehe Abbildung 5) genutzt werden. Die weitere Eignung des Kryostaten auf Vibrationen wurde nicht geprüft.

Die Betriebstemperatur an der Außenfläche des Vakuumbehälters darf + 30 °C nicht überschreiten.

Während der Ausheizprozedur der UHV-Rohrbaugruppe müssen die Adapterflansche entsprechend temperiert werden und es dürfen an den Temperaturmessstellen (T5-T10) keine Temperaturen $\geq + 150$ °C auftreten.

Durch den Betreiber ist darauf zu achten, dass die Betriebsbedingungen keine mechanischen (z.B. durch Vibration) oder thermischen (z.B. durch Warmluft oder durch elektromagnetische Induktion in metallische Bauteile) Belastungen erzeugen, die über die für die Auslegung berücksichtigten Belastungen hinausgehen.

Alle Informationen und die Gewährleistung beziehen sich auf diese Konfiguration. Eine andere oder darüber hinausgehende Benutzung gilt als nicht bestimmungsgemäß.

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehören auch:

- das Beachten aller Hinweise aus der Betriebsanleitung
- die Einhaltung der Inspektions- und Wartungsarbeiten
- das Beachten des Typenschildes und der Datenblätter.



1.2 Technische Informationen/Betriebsparameter

Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen den gesamten Aufriss des CCC-Kryostaten mit Vakuumbehälter und Thermischem Schild. Die in der Bedienungsanleitung beschriebenen Komponenten des Kryostaten sind dort dargestellt.

Kryogene Flüssigkeit	flüssiges Helium (LHe)
Druck Normalbetrieb LHe-Raum	1 bar _a
Max. Überdruck	0,4 bar _g
Max. Betriebstemperatur an der Außenwand	30 °C
Max. Ausheiztemperatur an der UHV-Rohrbaugruppe	150 °C
Außenabmessungen Vakuumbehälter	848 × 848 mm ²
Innenabmessungen LHe-Behälter	392 × 392 mm ²
Höhe Kryostat (Fuß bis Sicherheitsventiloberkante)	1744 mm
Geometrisches LHe-Volumen (ohne SQUID)	88 l
LHe-Füllstand (Abstand vom LHe-Behälterboden)	667 mm
Kryostat-Leergewicht	ca. 1200 kg

Der LHe-Füllstand ist in jedem Fall zu prüfen und darf die Höhe von 667 mm nicht überschreiten. Das Aufwärmen des Kryostaten kann abhängig vom individuellen Füllstand mehrere Tage in Anspruch nehmen! Daher wird empfohlen, das flüssige Helium durch zulässige Druckbeaufschlagung oder durch Abpumpen aus dem Kryostaten zu fördern.

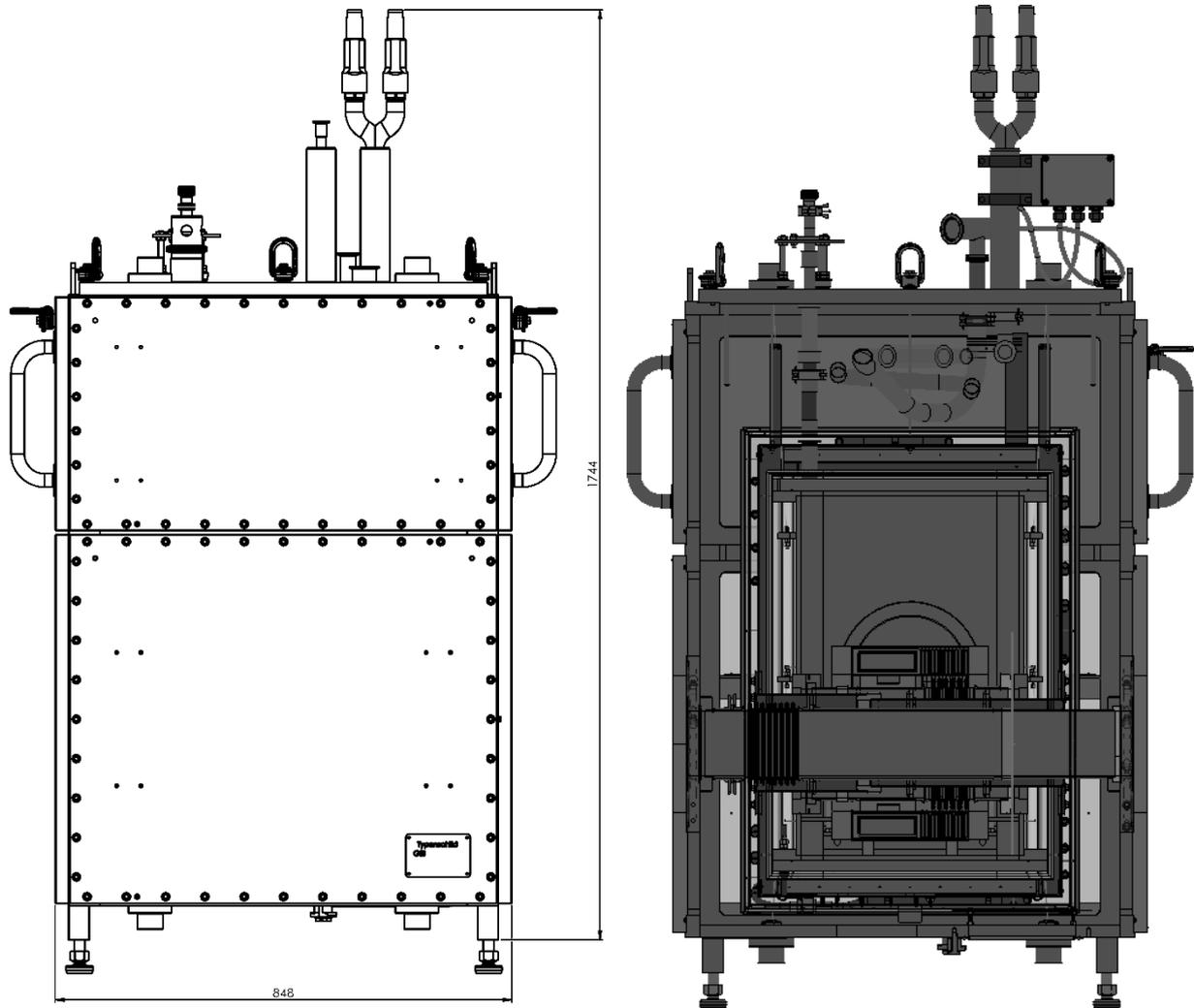


Abbildung 1: Seitenansicht und Schnittansicht des CCC-Kryostaten

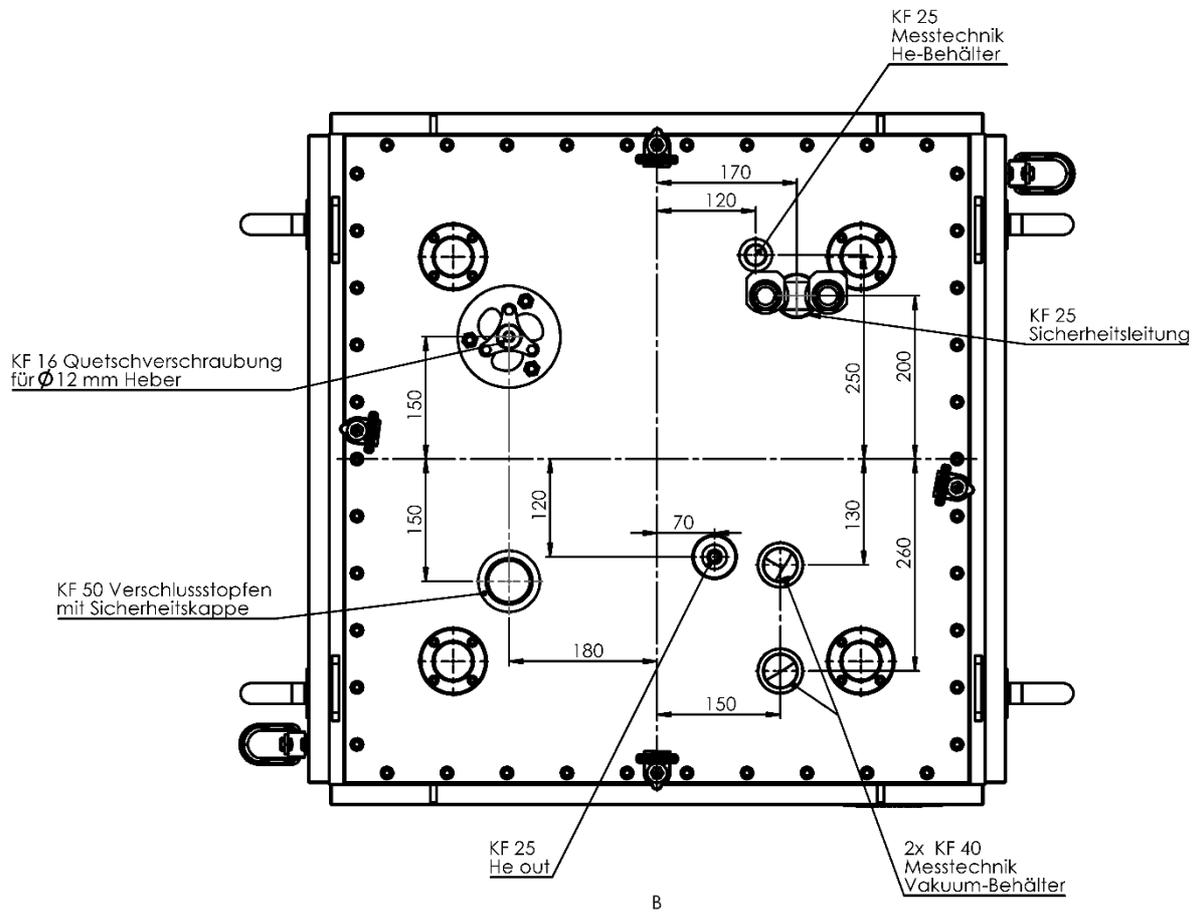


Abbildung 2: Deckeldraufsicht – CCC-Kryostat



Material: Helium-Behälter

- Behälterwände:	2×		8 mm	1.4571	
- Behälterlaschen:	8×		10 mm	1.4571	
	4×		8 mm	1.4571	
	3×		4 mm	1.4571	
- Behälterflansche:	2×		20 mm	1.4571	
- Deckel und Boden:	2×		20 mm	1.4404	
- Behälterflanschschrauben:	2×	40×	M8×65	DIN 933	A4-70
- Behälterflanschmuttern:	2×	40×	M8	DIN 934	A4-70
- Behälterflanschscheiben:	2×	80×	M8	DIN 125-1	A2
- Behälterflanschdichtungen:	2×		3 mm		Indiumdraht
- DN200CF-Flansche:	4×			1.4429	
- DN200CF-Blinddeckel:	2×			1.4429	
- Flanschschrauben:	2×	24×	M8×35 gebohrt	DIN 933	A2-70
- Höhenverstell-Bleche:	2×		3 mm	1.4571	
- Höhenverstell-Schrauben:	2×	2×	M8×60	ISO 4762	A4-70
- Höhenverstell-Muttern:	2×	2×	M8	ISO 4032	A4-70
- SQUID-Halter:	2×		10 mm	EP GC 202	

Material: Helium-Rohr-Baugruppe

- Flansche:	2×				1.4429
- Rohrsegmente:	3×		DN200		1.4404
- Keramik:	1×				Al ₂ O ₃
- Metallbalg:	1×				1.4404
- Schrauben:	2×	24×	M8×35	ISO 4017	A4-50
- U-Scheiben:	2×	24×		ISO 7089-8	A4-50
- Dichtungen:	2×		DN200CF		OFHC-Cu



Material: Aufhängung-Helium-Behälter

- Stange:	2×	4×	3 mm	Stab	Ti6Al4V
- Anschlussgewinde:	2×	8×	8 mm		Ti6Al4V
- Versteller:	2×	4×			1.4301
- Kontermutter:	2×	4×			1.4301
- Kugelscheibe:	2×	8×			1.4305
- Sechskantmutter:	2×	16×		ISO 4035	A4
- Tellerfedern:	4×	16×	12,5×6,2×0,7×1,0		1.4310

Material: Thermisches Schild

- Wände:	4×		1,5 mm		CW009A
- Deckel und Boden:	2×		1,5 mm		CW009A
- Winkel:	2×	4×			1.4301
- Revisionsplatten:	2×		1,5 mm		CW009A
- Stützflansche:	5×		5,0 mm		1.4301
- Flansche:	2×		5,0 mm		CW009A
- Rohre:	2×		1,5 mm		CW009A
- Distanzring:	1×				PEEK-natur
- Kühlrohre:			12×1	16×1	Cu-DHP

Material: Aufhängung Thermisches Schild

- Gewindestangen:	4×		M5		1.4301
-------------------	----	--	----	--	--------

Material: Sicherheitsleitung

- Rohr:	1×		d28×1		1.4301
- Balg:	1×		DN25	BL300	1.4404 + 1.4571

Material: Helium-in-Leitung

- Rohr:	1×		28x1		GFK-Wickellaminat
- Balg:	1×		DN25	BL110	1.4404

Material: Helium-out-Leitung

- Balg:	1×		DN16	BL126	1.4404
---------	----	--	------	-------	--------



Material: Mess-Leitung

- Wellschlauch:	1×	DN25 ISO-KF BL750	1.4301
-----------------	----	-------------------	--------

Material: Thermische Anker

- Sicherheitsleitung:	1×	50×50×30	CW008A
	1×	2×60×218	CW008A
- Messleitung:	5×	1,5×1,0 Draht	CW008A
	1×	2×40×241	CW008A
- Titan-Stäbe:	8×	10×10×20	CW008A
	4×	1,5×20×220	CW008A
	4×	1,5×20×120	CW008A

Material: MLI

- Folie:	mehrlagig	Coolcat 2 NW
----------	-----------	--------------

Material: Vakuum-Behälter

- Behälter:	1×	1.4301
- Deckel und Boden:	2×	1.4301
- Seitendeckel:	8×	EN AW 5083
- Abdeckkappen:	8×	1.4301
- Blindflansche:	2×	DN200-ISO-K 1.4301
- Gummipuffer:	3×	

Material: UHV-Rohrleitung

- Rohrsegmente	3×	DN130	1.4404
- Keramik	1×		Al ₂ O ₃
- Metallbalg	1×		1.4404
- CF-Flansche	2×	DN130	1.4429
- Adapterflansche	2×	DN130 - DN150	temperierbar 1.4429

Zubehör:

- | | | |
|---------------------------|----|---|
| - Elektrische Verbindung: | 2x | Panel Mounted Receptacles D Body Style 105
Fa. Fischer Connectors - 27 Pin |
| | 1x | Sensor-Auslesem modul + USB-Kabel + Software
Fa. ILK Dresden |
| - Sensoren | 4x | Kohle-Widerstände; SCBccs04 D 4,2-375K
Fa. Cryoandmore |
| | 6x | Pt1000 |
| | 1x | Helium Level Sensor; s/n SHS19-312
Fa. Cryoandmore |
| - Vakuum-Verbindung: | 1x | Überdrucksicherung; DN50KF;
Fa. Jakob Vakuumtechnik |
| - Helium-Verbindung: | 1x | Membranbalg; Ø16,6/Ø30,1/316L/Länge=12-37;
Fa. Metallic Flex; |
| | 3x | GM Anschlagpuffer parabel Typ E(IG)
GP-EP-025×020-M6-NR30-V2A
Fa. Schwingungsdämpfer Dresden GmbH |
| - Sicherheitsventil: | 2x | Typ 4374.3142; G1/2"; Ansprechüberdruck 0,4 bar _g ;
Fa. Leser |
| - Rechteck-Dichtungen: | 9x | O-Ring; 6 mm; FKM; |
| - Anschlagpunkt | 4x | M8×11; 360° drehbar
Fa. HZT – Hebe & Zurrtechnik |
| - Füße | 4x | SFE50M20x80
Fa. Schwaderer GmbH |



2 Installationshinweise

2.1 Auslieferung

Große Holzkiste:

- 1 Stück CCC-Kryostat
- 4 Stück verstellbare Füße
- 1 Stück USB-Auslesekabel
- 2 Stück Transportsicherung Heliumbehälter
- 2 Stück Transportsicherung Thermisches Schild

Kleine Holzkiste:

- 2 Stück Aluminiumplatten mit M8x25 Schrauben und Sperrzahnscheiben
- 2 Stück Kupfer-Revisionsplatten mit 20 Lagen MLI
- 2 Stück Sicherheitsventile mit 2 Kupferdichtungen
- 2 Haltegriffe mit 8 Schrauben
- 1 Rolle MLI-Klebeband

2.2 Entpacken und Zusammenbau

2.2.1 Kontrolle Kipp- und Stoßindikatoren

Kontrolle der Kipp- und Stoßindikatoren an der großen Holzkiste auf mögliche Bewegungen oder Beschleunigungen beim Transport im Wareneingang.

2.2.2 Demontage Verpackung

Holzkiste demontieren, Folie entfernen

2.2.3 Montage Kryostat-Füße

Kryostat über die vier äußeren, angeschweißten Laschen anheben (siehe Abbildung 3) und die vier verstellbaren Füße (siehe Abbildung 4) montieren.



Abbildung 3: Oberseite des Kryostaten mit vier angeschweißten Hebelaschen am Vakuumbehälter und vier Hebelaschen (gelb) zum Heben des Vakuumdeckels mit Heliumbehälter und Thermischem Schild

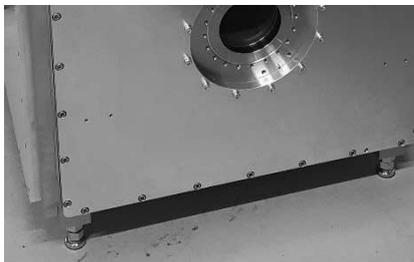


Abbildung 4: Seitenansicht des Kryostaten mit verstellbaren Füßen

Danach den Kryostat an dem Aufstellungsort abstellen. Die Positionierung des CCC-Kryostaten ist ausschließlich in aufrechter, stabiler Position auf einer geeigneten Unterlage zulässig. Ein Öffnen des Kryostaten ist nur im warmen, aufgetauten und drucklosen Zustand erlaubt.

Hinweis: Die Gewinde aller Schrauben für die Montage sind immer mit geeignetem Schmiermittel vor jeder Verschraubung zu behandeln.

2.2.4 Demontage Transportsicherung

Vorsichtige Demontage der Transportsicherung des Heliumbehälters (obere Befestigung in Abbildung 5) inklusive der Gewindestange mit Verbindungsmutter auf zwei Seiten des Kryostaten. Vorsichtige Demontage der Transportsicherung des Thermisches Schildes (untere Befestigung in Abbildung 5) auf zwei Seiten des Kryostaten.



Abbildung 5: Transportsicherung Heliumbehälter und Thermisches Schild

Dichtfläche am Vakuumbehälter nicht beschädigen. Öffnung der MLI am Heliumbehälter schließen. Für mögliche Risse ist MLI-Klebeband beigelegt.

2.2.5 Montage Kupferplatten Thermisches Schild

Die zwei Revisionsluken am Thermischen Schild (siehe Abbildung 6) mit den beigelegten Revisionsplatten verschließen. Dafür zuerst die Muttern mit Sperrzahnscheiben vom Flansch entfernen, dann vorsichtig die Revisionsplatten ansetzen (Flansch festhalten; mit der Wärmeleitpaste nicht die MLI berühren) und mit den Muttern inkl. Sperrzahnscheiben die Revisionsplatten mit dem Flansch verschrauben.

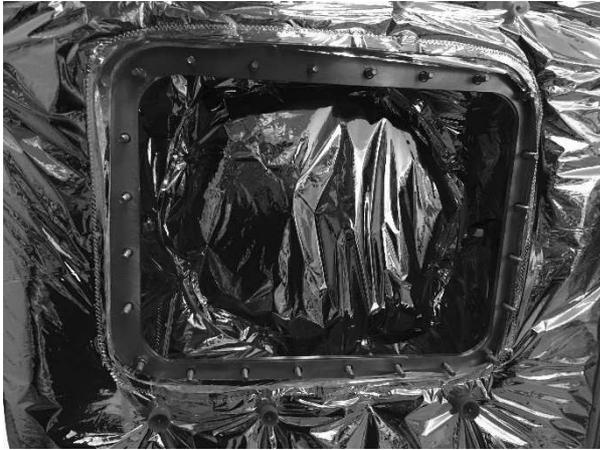


Abbildung 6: Revisionsluke ohne Revisionsplatte

10 Lagen MLI der Revisionsplatte auf 10 Lagen MLI des Thermischen Schildes und 20 Lagen MLI der Revisionsplatte auf 20 Lagen MLI des Thermischen Schildes legen und die äußere 20.Lage MLI vorsichtig mit MLI-Klebeband fixieren (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: MLI auf der Revisionsplatte

2.2.6 Verschließen des Vakuumbehälters

Dichtflächen am Vakuumbehälter mit Ethanol reinigen.

Aluminiumplatten vorsichtig aus der Verpackung nehmen, mit Hebezeug und den gelben Hebelaschen (siehe Abbildung 3) über die Zentrierstifte am Vakuumbehälter ansetzen und mit den beigelegten Schrauben (M8×25) und dazugehörigen Sperrzahnscheiben anschrauben.



Abbildung 8: Geschlossener Kryostat

2.2.7 Montage der Sicherheitsventile

Anbau der zwei mitgelieferten LESER-Sicherheitsventile vom Typ 4374.3142 mit einem Ansprechüberdruck von 0.4 bar_g an den entsprechenden Stellen (siehe Abbildung 9). Zur Abdichtung sind die zwei mitgelieferten Kupferdichtungen zu verwenden.



Abbildung 9: Installierte LESER-Sicherheitsventile am Kryostaten

3 Betriebsanleitung

3.1 Evakuieren

Der Vakuumraum des CCC-Kryostaten ist unten am Vakuumbehälter mit zwei DN200 ISO-K-Flanschen ausgestattet (siehe Abbildung 10). Über den außermittig am Bodenrand liegenden Flansch ist die Evakuierung des Vakuumraums vorzunehmen.

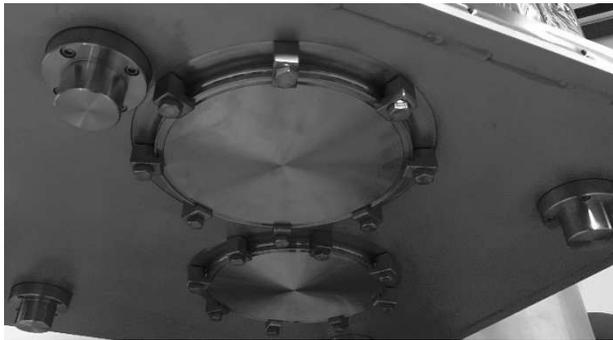


Abbildung 10: Bodenansicht des Vakuumbehälters mit zwei DN200 ISO-K Flanschen

Unter Verwendung einer Gasschleuse und flexibler Vakuumschläuche ist ein Pumpstand anzuschließen. Der sichere Umgang mit der Schleuse ist wichtig, um einen Vakuumbruch zu verhindern. Ein Vakuumbruch kann die Superisolation im Vakuumraum zerstören.

Empfehlung: Es wird empfohlen, einen Turbomolekularpumpstand zu verwenden.

Abhängig von der Größe des zu evakuierenden Raums, Adsorbat auf den Oberflächen und Saugvermögen der Pumpen dauert das Abpumpen zwischen 24 Stunden und 48 Stunden. Der Kryostat wurde konstruktiv nicht mit einem aktiven Gettermaterial ausgestattet, weshalb nur die kalten Oberflächen des Kryostaten freie Moleküle adsorbieren und so zur Pumpwirkung beitragen. Bei Erwärmung des LHe-Raums des Kryostaten werden diese wieder an das Vakuum abgegeben. Zur Aufrechterhaltung einer hohen Isolationswirkung im Betrieb kann der Kryostat daher durch einen Turbomolekularpumpstands mit ausreichend hoher Pumpleistung (alternativ: ausreichend dimensionierter Adsorptionspumpstand) unterstützt werden. Große Mengen an Adsorbat beeinflussen die Reflexionseigenschaften der eingebrachten MLI negativ.

Im Idealfall wird der Vakuumraum kontinuierlich gepumpt.



Um die Kondensation von Wasser im Vakuumraum und außen auf dem Kryostaten zu verhindern, darf das Vakuumventil nur geöffnet werden, wenn der Kryostat bis auf Umgebungstemperatur aufgewärmt wurde. Um ein schnelles wiederholtes Evakuieren zu gewährleisten, sollte eine Belüftung immer mit trockenem Stickstoffgas stattfinden (max. $(\Delta p/\Delta t)$ 10 mbar/s).

Nach längerer Standzeit bei Raumtemperatur (außer Betrieb) können längere Abpumpzeiten nötig werden, insbesondere wenn (Luft-)Feuchtigkeit in den Vakuumraum eindringen konnte.

Dichtungen und Flansche müssen sauber gehalten werden.

Eine Sicherheitseinrichtung (Verschlussstopfen) schützt den Vakuumbereich gegen unzulässigen Überdruck (siehe Abbildung 11).

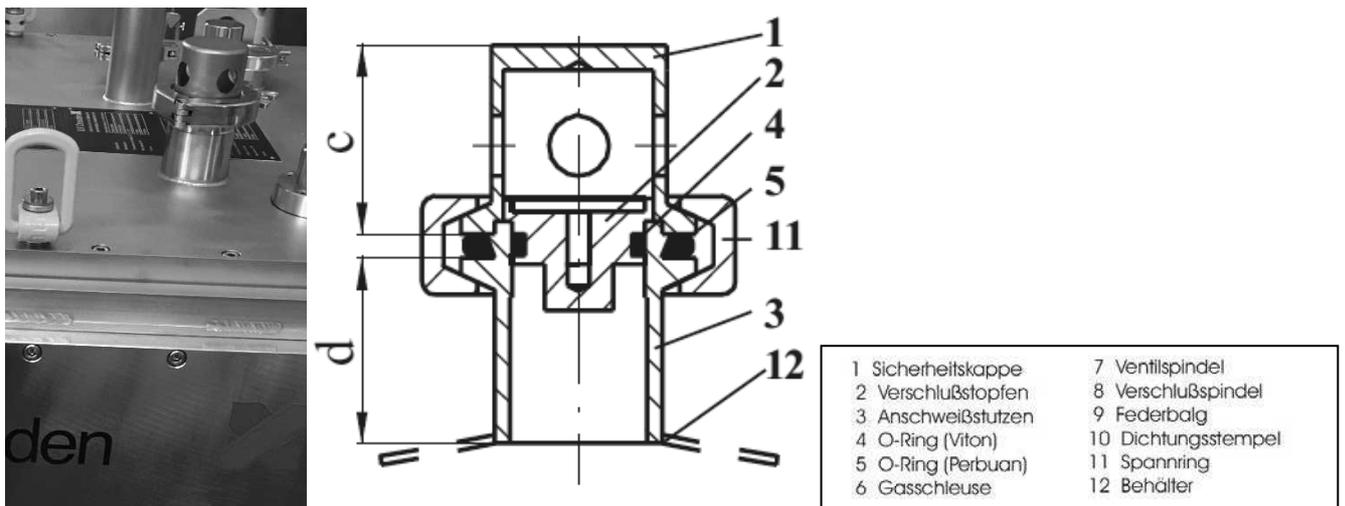


Abbildung 11: Verschlussstopfen auf dem Deckel vom Vakuumbehälter

Ausheizen:

Bei dem Ausheizen der UHV-Rohrbaugruppe dürfen die Adapterflansche (siehe Abbildung 12) maximal eine Temperatur von +100 °C erreichen. Zur Temperatur-Absicherung sind die Flansche mit Wasser zu kühlen.

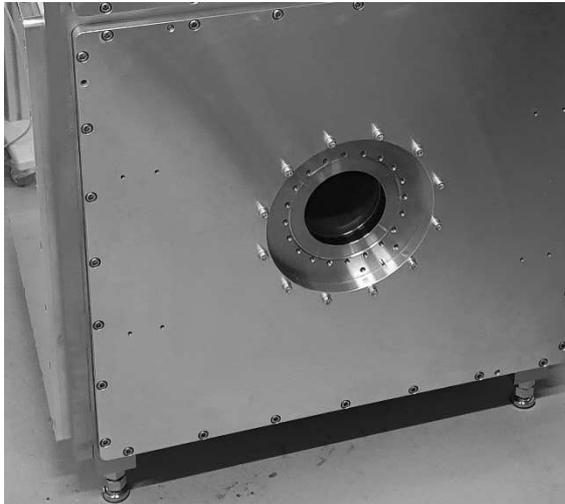


Abbildung 12: Aluminiumplatte der Strahlachse mit Adapterflansch DN130 auf DN150

Weiterhin ist beim Ausheizen sicherzustellen, dass die Rohrbaugruppe keine Temperatur größer 150 °C erfährt. Dafür ist eine Kontrolle der Temperatursensoren (T5-T10) notwendig (siehe auch Kapitel 1.1).

3.2 Befüllung mit flüssigem Stickstoff (Vorkühlung)

Vor jeder neuen Befüllung mit LHe nach Umbauten etc. ist der Kryostat ausgehend von Raumtemperatur im LHe-Behälter mittels LN₂ vorzukühlen.

Dafür müssen die Sicherheitsventile demontiert werden und die Abgasleitung muss offen sein. Für eine ausreichende Belüftung der Umgebung muss gesorgt werden.

Es ist sicherzustellen, dass der Innenraum (LHe-Raum) des Kryostaten vor der Befüllung trocken ist. Erforderlichenfalls ist dies durch Spülen mit trockenem, warmem Gas zu realisieren.

Die Temperaturmessung beim Einkühlen ist mit dem Temperatursensor T1 durchzuführen. Dieser ist so befestigt, dass ein erster beständiger Flüssigkeitsspiegel durch Erreichen der Siedetemperatur detektiert werden kann.

Wenn der SQUID in den Kryostaten eingesetzt wird, ist der Temperatursensor T3 auf dem SQUID anzubringen.

Nach vollständiger Montage des kompletten Kryostaten inkl. zugehöriger Komponenten (ordnungs- und bestimmungsgemäße Installation der Aufbauten) und Prüfung auf Vollständigkeit ist der Kryostat zur Vorkühlung mit flüssigem Stickstoff bereit.

- Empfindliche Teile oder Komponenten auf dem Deckel sind gegebenenfalls durch eine thermische Abschirmung (z.B. Styrodur) zu schützen.

Zum Vorkühlen mit LN_2 ist ein geeignetes Rohr, das bis zum Boden des Kryostaten reicht, zu nutzen.

Zum Schutz des schwingungsgedämpften Kryostat - Befüllstutzens ist die Transferleitung zusätzlich mechanisch abzufangen.

Der Kryostat kann jetzt mit LN_2 vollgefüllt werden. Wenn der Temperatursensor $T_4 = 77 \text{ K}$ anzeigt, ist der Kryostat vollständig gefüllt.

Sicherheitsventile wieder montieren (siehe Kapitel 2.2.7). Abgasleitung offen nach unten abdampfen lassen.

Nach einer LN_2 -Standzeit des Kryostaten von 24 h ist der Flüssigstickstoff mit gasförmigem Helium (GHe) über die Abgasleitung wieder über den Befüllstutzen des Kryostaten herauszudrücken.

Wenn der Kryostat kein LN_2 mehr beinhaltet (Kontrolle Temperatursensor $T_1 > 77 \text{ K}$), ist der Kryostat zu evakuieren und anschließend mit gasförmigem Helium (GHe) zu spülen.

3.3 Befüllung mit flüssigem Helium

Nach dem Abschluss der Vorkühlung (siehe Kapitel 3.2) ist der Kryostat bereit zur Befüllung mit flüssigem Helium (LHe).

Der Umgang mit flüssigem Helium muss an Orten unter ausreichender Belüftung erfolgen.

Schutzbrille und Handschuhe müssen getragen werden.

Der Helium-Heber ist über den Helium-Befüllstutzen bis zum Boden zu installieren. Anschließend kann LHe aus einer Kanne in den Kryostaten gehebert werden. Zur Kontrolle der Einfüllgeschwindigkeit ist die abdampfende Menge über eine Gasuhr am Abgasstutzen zu messen.



Bis am Boden des Kryostaten über die Temperaturmessstelle T1 4,2 K gemessen wird, ist mit einer maximalen Abkühlrate von **1 K/min** zu befüllen. Danach kann die Befüllung mit **1 l/min** erfolgen und ist über die Füllstandssonde zu kontrollieren. Dabei entspricht eine Füllstandsänderung von 1 cm im freien Kryostat-Querschnitt einer Füllmenge von 1,5 l und im Kryostat-Querschnitt der Strahlachse ohne SQUID 0,75 l. Für das Setup ohne SQUID beträgt die maximale Menge LHe 88 l.

Der Füllstand muss ständig kontrolliert werden. Eine Überfüllung muss verhindert werden.

3.4 Betrieb

Nach der Befüllung des Kryostaten mit LHe ist dieser einsatzbereit für den Betrieb mit dem von GSI zu installierenden Rückverflüssiger (PT415 Helium Reliquefier von Fa. Cryomech).

3.5 Aufwärmen

Zum Aufwärmen des CCC-Kryostaten muss das flüssige Helium aus dem Innenraum entfernt werden. Dieses ist über ein Steigrohr herauszuheben, indem der Kryostat mit trockenem Heliumgas mit Druck beaufschlagt wird. Der Druck im Kryostaten darf den zulässigen Betriebsdruck im Kryostaten nicht übersteigen. Während des Entleerens muss sichergestellt werden, dass keine Feuchtigkeit in den Kryostaten eindringen kann, solange die Innenwände eine Temperatur unter der des Taupunkts von Wasser haben.

- Empfindliche Teile oder Komponenten auf dem Deckel sind durch eine thermische Abschirmung (z.B. Styrodur) zu schützen.

Die Temperaturmessung erfolgt analog zu der des Einkühlens (siehe Kapitel 3.3) in unmittelbarer Bodennähe mit dem Temperatursensor T1. Der Kryostat ist als aufgewärmt anzusehen, wenn eine Temperatur über der des Taupunkts von Wasser gemessen wird.

3.6 Transport

3.6.1 Transport über kurze Strecken und ebenen Boden

Der Kryostat ist nur im aufgetauten Zustand und in aufrechter Position mit Vorsicht zu transportieren. Im vollständig zusammengebauten Zustand ist der Kryostat über die vier angeschweißten Anschlagpunkte am Vakuumbehälter anzuheben.

Dafür ist der Kryostat an einem geeigneten Hebezeug aufzuhängen und darf nur auf einem ebenen Untergrund abgestellt werden.



Für den Transport auf einem Hubwagen oder Gabelstapler muss der Kryostat auf einem ebenen Untergrund flächig und verrutschungssicher stehen. Die Palette der mitgelieferten Transportkiste ist dafür geeignet.

Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Transport eine Belastung für den Kryostaten darstellt, weshalb Transporte auf ein Minimum zu reduzieren sind.

3.6.2 Transport auf der Straße

Der Kryostat ist nur im aufgetauten Zustand, drucklos (kein Überdruck) und in aufrechter Position mit vollständig verschraubtem Deckel, mit Transportsicherung (siehe Abbildung 5), ohne Sicherheitsventile, mit Spanngurten verspannt, in vorgesehener Transportbox zu transportieren.

Der Kryostat ist vor dem Transport mit jeweils 2 Kippindikatoren (z.B. TiltWatch der Fa. Flexicom) und 3 Stoßindikatoren (z.B. ShockWatch der Fa. Flexicom mit 25 g/50 ms) auszustatten. Dabei werden diese so angebracht, dass Verkippungen um zwei senkrecht zueinander stehende, horizontale Achsen (Roll- und Nickbewegung) und Stöße in drei senkrecht zueinander stehende Richtungen (in Transportrichtung, senkrecht dazu horizontal und vertikal) detektiert werden können. Aufbauten, wie T-Stück oder Flansche, dürfen nicht zum Stützen oder als Transporthilfe dienen (Bruchgefahr). Die zum Lieferumfang gehörende Transportbox inkl. Zubehör ist zum Absetzen des Kryostaten und zum Transport mittels Gabelstapler geeignet. Die Transportbox ist nicht kranfähig.

Der Kryostat ist verrutschungssicher im Boden der Transportbox einzuklemmen und vom Deckel zum Boden der Transportbox mit Spanngurten abzuspannen. Es wird empfohlen, beim Transport den Vakuumraum bei Umgebungsdruck mit trockenem, gasförmigem Stickstoff zu fluten, um ein Eindringen von feuchter Umgebungsluft zu verhindern und anschließend mit einer geeigneten Folie zu verschließen

Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Transport eine Belastung für den Kryostaten darstellt, weshalb Transporte auf ein Minimum zu reduzieren sind.

4 Umbaumöglichkeiten

4.1 Demontage

4.1.1 Kryostat im Vakuum-Gestell

Dem aufgewärmten (siehe Abschnitt 3.5) und belüfteten Kryostaten können zuerst die vier oberen Aluminium-Fenster und die zwei unteren Aluminium-Fenster, die nicht mit der UHV-Rohrbaugruppe verbunden sind, ohne weiteres demontiert werden (siehe Abbildung 13).



Abbildung 13: Montierter CCC-Kryostat im Vakuum-Gestell: links – ohne Al-Platten und rechts – mit montierter UHV-Rohrbaugruppe

In diesem Zustand kann ggf. der Helium-Level-Sensor über Lösen des DN25KF Flansches der Messleitung am Helium-Behälter (siehe Abbildung 14) und Demontage des Sicherheitsstopfens am Vakuumdeckel (siehe Abbildung 15) nach oben herausgezogen werden.

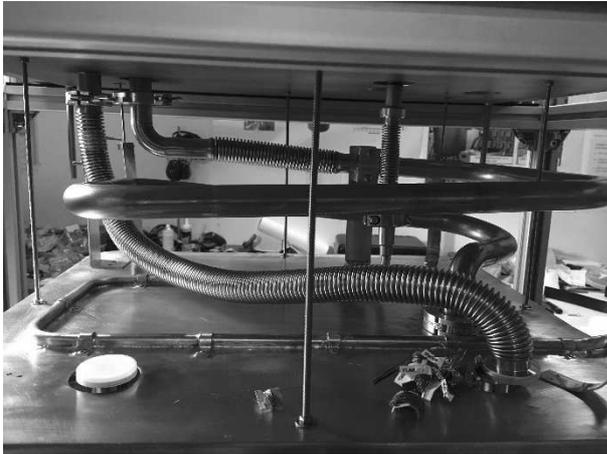


Abbildung 14: Unisolierte Leitungen zwischen Helium-Behälter und Vakuum-Behälter-Deckel; vorn rechts: geöffnete Messleitung DN25KF-Flansch mit Messleitungen



Abbildung 15: Vakuum-Deckelansicht; links neben den Typenschildern: Überdruck-Sicherheitsstopfen

4.1.2 Kryostat im Montagegestell

4.1.2.1 Herausheben Kryostat aus Vakuumgestell

Zum Herausheben des Kryostaten mit dem Vakuumdeckel aus dem Vakuumgestell ist das UHV-Rohr an der Seite mit den geteilten DN130CF-Flanschteilen zu lösen und mit der Aluminiumplatte der anderen Seite aus dem Kryostaten herauszuziehen (siehe Abbildung 16).



Abbildung 16: Blick durch das untere Fenster auf die zu lösende Flanschverbindung an der UHV-Rohrbaugruppe

Vor dem Herausheben des Kryostaten aus dem Vakuumgestell sind die zwei T-Sensoren vom Kupferschild in der Strahlachse (siehe Abbildung 17) und die unteren Zugstreben am Vakuumboden (siehe Abbildung 18) zu entfernen. Dabei sind die vier Federpakete zu sichern.

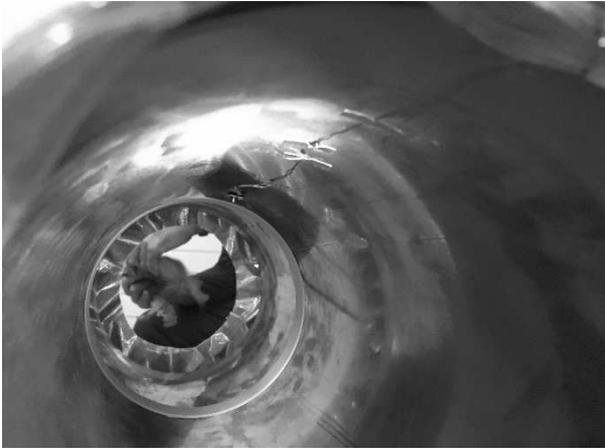


Abbildung 17: T-Sensoren auf dem Kupferschild in der Strahlachse



Abbildung 18: Untere Zugstrebe mit Tellerfederpaket

Anschließend kann der Deckel mit den Schwerlasthaken (gelb – siehe Abbildung 19) mit geeignetem Hebezeug angeschlagen werden, Deckel lösen, vorsichtig anheben und herausheben. Die Baugruppe dann auf ein Montagegestell (siehe Abbildung 20) auf Gummistreifen ablegen.



Abbildung 19: Oberseite des Kryostaten mit vier angeschweißten Hebelaschen am Vakuumbehälter und vier Schwerlasthaken (gelb) zum Heben des Vakuumdeckels mit Heliumbehälter und Thermischem Schild

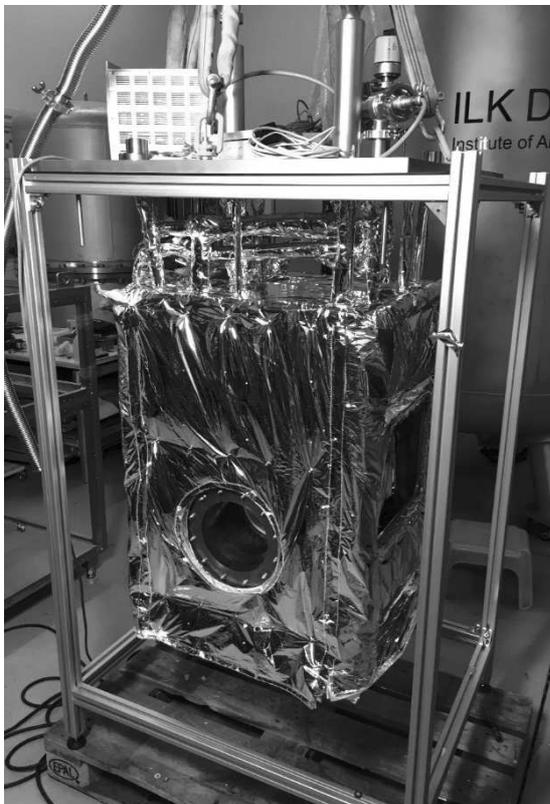


Abbildung 20: Beispielhaftes Montagegestell



4.1.2.2 Thermisches Schild lösen

- MLI am Schild lösen (siehe Abbildung 21 links):
 - o Trennstelle Boden / Seite öffnen → MLI am Boden abnehmen
 - o Trennstelle Deckel / Seite öffnen
- T-Sensoren am Stecker im Vakuumraum trennen
- Flanschrohr 1 + 2 demontieren: 2 T-Sensoren im Kupferrohr nicht beschädigen
- VCR-Verschraubung am Schild lösen: Eintritt Schild unten und Übergangverschraubung Seite – Deckel
- KF demontieren: Eintritt Schild oben
- Rohrleitung Eintritt Schild nach außen schwenken
- Thermische Anker der Zugstangen unten vom Schildboden abschrauben
- Schild nach unten sichern
- Schildverschraubung oben demontieren (M3)
- Montagebaugruppe mit Kran nach oben heben, Schild bleibt unten stehen, Schild zur Seite stellen, Montagebaugruppe absenken und wieder auf dem Montagegestell ablegen (siehe Abbildung 21 rechts)

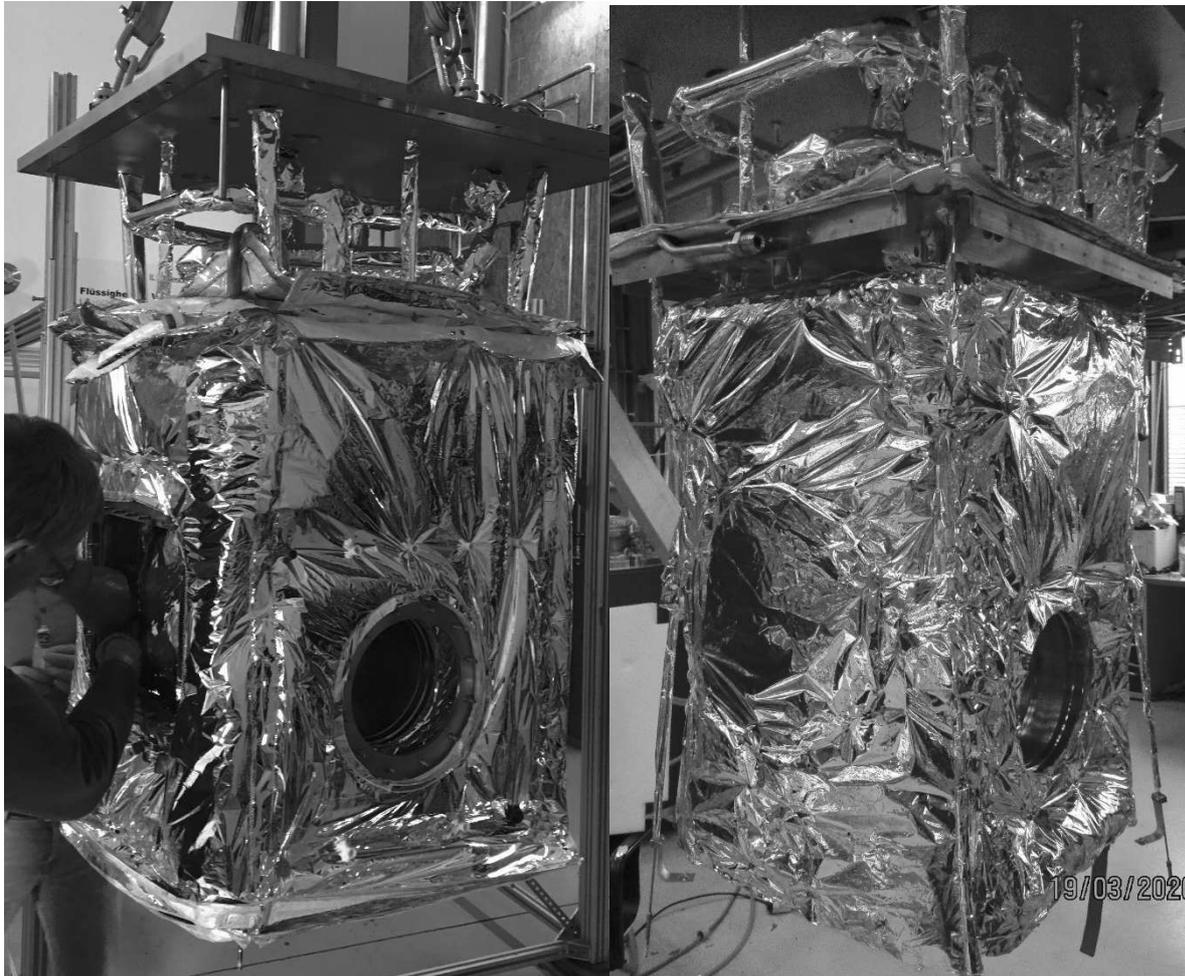


Abbildung 21: Montiertes thermisches Schild mit MLI (links), He-Kryostat mit MLI (rechts)

4.1.2.3 Helium-Messleitung öffnen

- KF (Messflansch He) am Vakuumdeckel öffnen, Stecker abziehen (Kontrolle, ob Kennzeichnung okay), MLI-Knäuel sichern, Fädeldraht anknüpfen
- KF (Messleitung – He-Behälter) öffnen, Kabelstrang, der nach oben geht, herausziehen (inklusive der MLI-Knäuel)
- Sicherung des Kabels vom SQUID
- Sicherung der anderen Kabel und des Fädeldrahtes,
- Sicherung der Levelsonde



4.1.2.4 Umbaumöglichkeiten SQUID-Sensor

In Abhängigkeit des einzubauenden SQUID-Sensors ist der untere oder der obere und der untere Flansch vom Helium-Behälter zu öffnen. SQUID-Sensoren mit einer axialen Länge < 240 mm sind über die untere Flanschöffnung einsetzbar. SQUID-Sensoren mit einer axialen Länge > 240 mm sind über die obere Flanschöffnung einzusetzen. Das Öffnen beider Flansche bei einem SQUID-Sensor mit einer axialen Länge < 240 mm ist zu vermeiden, weil der Umbau der Indium-Dichtung mit großem Aufwand verbunden ist.

4.1.2.5 He-Behälter öffnen

- Trennstelle Boden-Seite: MLI am Boden abnehmen
- Trennstelle Servicedeckel: MLI abnehmen und Servicedeckel demontieren
- Balgsicherung He-Rohr montieren
- Boden langsam ca. 50 mm absenken, Temperatursensoren am Boden demontieren
- Boden sichern (abstützen) und demontieren
- Indium-Dichtung entnehmen und eintüten, Reinigung der Flächen
- Vorhandenen SQUID mit Hilfsrahmen von unten sichern, SQUID Befestigung demontieren (Edelstahlstreben, Gurt, Z-Winkel)
- Balgsicherung in He-Rohr montieren
- Flanschverschraubung vom He-Rohr demontieren
- He-Rohr mit Balg über Balgsicherung 2-3 mm zusammendrücken
- Montagebaugruppe mit Kran nach oben heben, SQUID und He-Rohr bleibt unten und wird beiseite gestellt, Montagebaugruppe absenken und wieder auf dem Montagegestell ablegen
- Entnahme aller Dichtungen und deren Dichtungsrest, Reinigung der Flächen

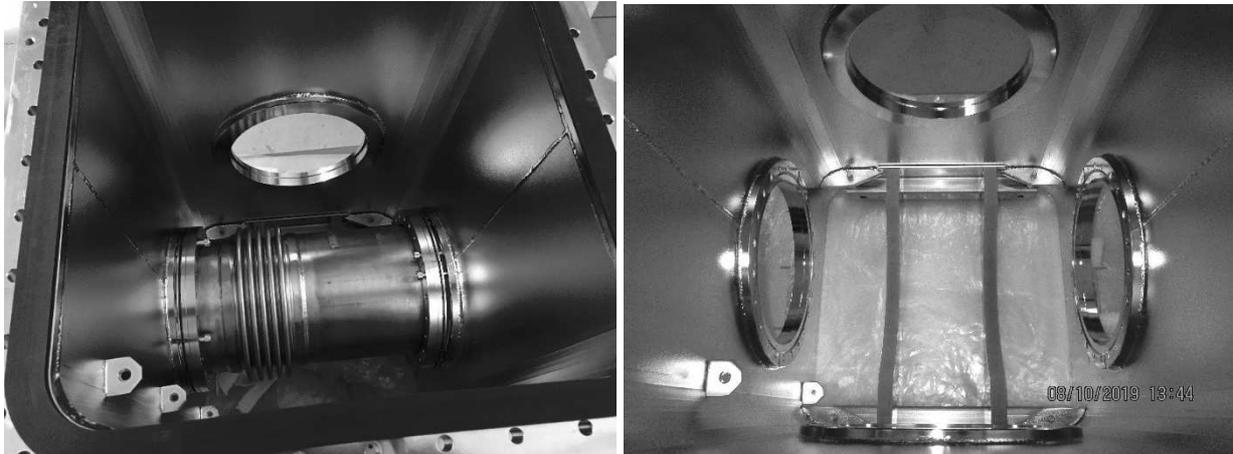


Abbildung 22: Montagezustand oberer und unterer Flansch geöffnet: mit (links) und ohne (rechts) Helium-Dummy-Rohr im Helium-Behälter

4.2 Montage

4.2.1 Kryostat im Montagegestell

Hinweis: Die Gewinde aller Schrauben für die Montage sind immer mit geeignetem Schmiermittel vor jeder Verschraubung zu behandeln.

- Allgemeine Sichtkontrolle
- SQUID auf He-Rohr schieben, He-Rohr ist noch vorgespannt (lichtes Maß -3 mm)
- Neue Dichtungen verwenden, Schrauben mit neuen Schnorrscheiben verwenden
- Schrauben bündig vormontieren und mit O-Ring sichern
- GFK-Traversen auf Hilfsrahmen und SQUID ablegen
- Kabel SQUID von oben nach unten fädeln
- Montagebaugruppe mit Kran von oben über SQUID absenken, bis das He-Rohr an der richtigen Stelle ist
- Halterung SQUID komplett montieren und Hilfsrahmen entfernen
- Am He-Rohr neue Dichtungen einlegen und Flansche fertig montieren



- T3 an SQUID befestigen
- Kabel der T-Sensoren nach oben führen und sichern, neue KF-Dichtungen verwenden
- Alle Kabel bis zum Vakuumdeckel führen, einschließlich eines Fädeldrahts, Stecker am Messflansch anstecken
- MLI-Knäul (1× oben, 2× unten) in den Well Schlauch einlegen (Verhinderung von Konvektion im Wellrohr),
KF (Messleitung – He-Behälter) schließen
- Boden He-Behälter mit neuer Indium-Dichtung anschrauben
- Service-Deckel schließen, neue Dichtungen verwenden

- MLI schließen in folgender Art und Weise:
 - im Bereich Helium-Rohr Ø200 / Kupfer-Rohr Ø180 beginnend auf dem Helium-Rohr:
 - 1 Lage Kaptonfolie bis zur PEEK-Trennstelle (Verhinderung des Kurzschluss über der Keramik)
 - 20 Lagen MLI bis zur PEEK-Trennstelle
 - 1 Lage GFK-CATNIC-Gewebe (blau) oder GFK-Streifen

 - im Bereich Helium-Rohr Ø200 / Kupfer-Rohr Ø162 beginnend auf dem Helium-Rohr:
 - 30 Lagen MLI bis zur PEEK-Trennstelle
 - 1 Lage GFK-CATNIC-Gewebe (blau) oder GFK Streifen

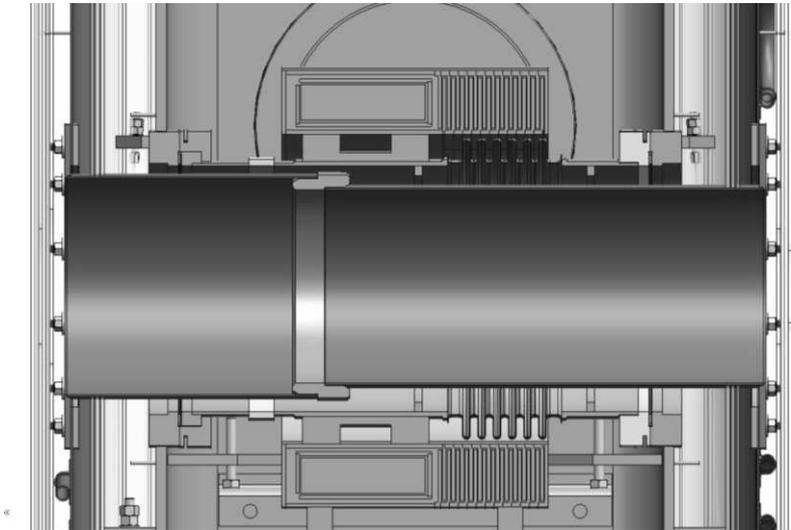


Abbildung 23: He-Rohr und Cu-Schild im Strahlgang

4.2.2 Helium-Behälter-Tests

4.2.2.1 Drucktest Helium-Behälter

Der Drucktest des Helium-Behälters wird mit 3 bar_a mit gasförmigem Stickstoff bei 1 bar_a Außen-
druck durchgeführt.

4.2.2.2 Lecktest Helium-Behälter

Helium-Behälter evakuieren und Vakuum-Lecksuche durchführen. Es ist darauf hinzuweisen, dass
auf Grund der vormaligen Helium-Belastung des Behälters eine Helium-Lecksuche erschwert ist. Es
ist lediglich eine qualitative Aussage zur Dichtigkeit zu treffen. Mehrmaliges Spülen mit trockenem
Stickstoffgas kann die Empfindlichkeit der nachfolgenden Helium-Lecksuche erhöhen.

4.2.3 Kryostat + Thermisches Schild im Montage-Gestell

- Kryostat-Baugruppe anheben und in Thermisches Schild hineinheben
- Thermisches Schild Korpus mit Thermisches Schild Deckel verbinden (M3-Schrauben)
- Thermische Anker wieder verbinden

Die zwei Revisionsluken am Thermischen Schild (siehe Abbildung 24) mit den Revisionsplatten ver-
schließen. Dafür zuerst die Muttern mit Sperrzahnscheiben (Schnorrsscheiben) vom Flansch entfer-
nen, dann vorsichtig die Revisionsplatten ansetzen (Flansch festhalten; mit der Wärmeleitpaste nicht



die MLI berühren) und mit den Muttern inkl. Sperrzahnscheiben (Schnorrnscheiben) die Revisionsplatten mit dem Flansch verschrauben.

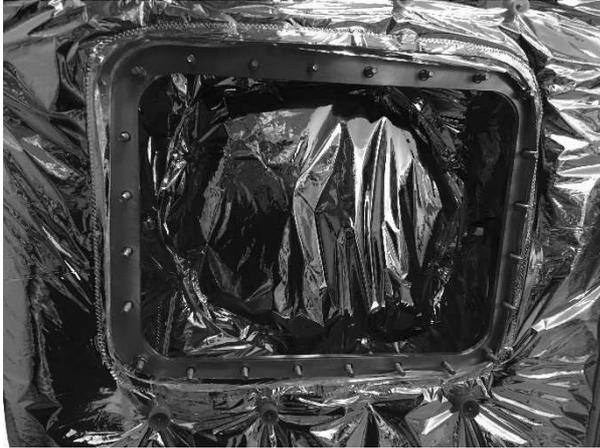


Abbildung 24: Revisionsluke am Thermischen Schild ohne Revisionsplatte

10 Lagen MLI der Revisionsplatte auf 10 Lagen MLI des Thermisches Schildes und 20 Lagen MLI der Revisionsplatte auf 20 Lagen MLI des Thermisches Schildes legen und die äußere 20. Lage MLI vorsichtig mit MLI-Klebeband fixieren (siehe Abbildung 25).



Abbildung 25: MLI auf der Revisionsplatte

4.2.4 Kryostat + Thermisches Schild im Vakuum-Gestell

4.2.4.1 Kryostat in Vakuum-Gestell heben

- Kryostat aus Montage-Gestell in Vakuum-Gestell heben
- Titan-Zugstangen mit Boden vom Vakuum-Gestell verbinden

4.2.4.2 Verschließen des Vakuumbehälters

- Dichtflächen am Vakuumbehälter mit Ethanol reinigen.
- UHV-Rohrbaugruppe mit MLI und Kaptonfolie bestücken
 - 1 Lage Kaptonfolie komplette UHV-Rohr-Länge (Verhinderung des Kurzschlusses über der Keramik)
 - 20 Lagen MLI komplette UHV-Rohr-Länge

- 1 Lage Kaptonfolie komplette UHV-Rohr-Länge (Verhinderung des Kurzschlusses über der PEEK-Trennstelle)
- UHV-Rohrbaugruppe mit Aluminiumplatten montieren: **T-Sensoren nicht beschädigen**
- Abdeckkappen der Titanstäbe montieren
- Aluminiumplatten mit Hebezeug und den gelben Schwerlasthaken über die Zentrierstifte am Vakuumbehälter ansetzen und mit den beigelegten Schrauben (M8×25) und dazugehörigen Sperrzahnscheiben anschrauben.



Abbildung 26: Geschlossener Kryostat

4.2.5 Montage der Sicherheitsventile

- Anbau der zwei LESER-Sicherheitsventile vom Typ 4374.3142 mit einem Ansprechüberdruck von 0.4 bar_g an den entsprechenden Stellen.
- Zur Abdichtung sind zwei Kupferdichtungen zu verwenden.



Abbildung 27: Installierte LESER-Sicherheitsventile am Kryostaten

4.2.6 Vakuum-Behälter-Test

Vakuum-Behälter evakuieren und Vakuum-Lecksuche durchführen.



5 Grundlegende Hinweise

5.1 Handhabungshinweise

- **Als Kühlmittel ist nur Stickstoff oder Helium (flüssig oder als kaltes Gas) zu verwenden.**
- **Schlagartiges bzw. rasches Befüllen des warmen Kryostaten ist zu vermeiden (Gas maximal ($\Delta T/\Delta t$) 3 K/min Abkühlrate, Flüssigkeit maximal 3 l/min).**
- **Ein Betrieb ohne zwei Sicherheitsventile ist nicht erlaubt.**
- **Das Arbeiten mit scharfem Werkzeug ist zu vermeiden. Durch Beschädigung der Oberfläche besteht die Gefahr, dass der Kryostat undicht wird.**
- **Der Kryostat ist nur in aufrechter Position mit vollständig verschraubtem Deckel ohne Sicherheitsventil mit Vorsicht zu transportieren.**
- **Zum Transport des Kryostaten mittels Gabelstapler ist die beigefügte Transportbox inkl. Zubehör zu benutzen.**
- **Arbeiten am Kryostaten sind nur im drucklosen und aufgetauten, d.h. im warmen Zustand (Innentemperatur oberhalb des Taupunkts von Wasser) erlaubt.**
- **Es ist sicherzustellen, dass der Kryostat nicht gekippt oder fallengelassen wird.**
- **Krafteinwirkungen auf den Kryostaten außer der hier beschriebenen Handhabung für Transport, Inbetriebnahme und Betrieb können den Kryostaten beschädigen und sind zu unterlassen.**
- **Es dürfen keine Gegenstände auf die Oberfläche des Kryostaten fallengelassen werden.**



- **Der Kryostat ist nicht zu betreten.**
- **Reparaturen und Modifikationen dürfen nur vom Hersteller oder von entsprechend qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden.**

5.2 Warnhinweise

Komponenten, Armaturen und Leitungen dürfen nicht unter mechanische Belastung gesetzt werden. Niemals Komponenten, Armaturen und Leitungen als Steighilfe oder zum Sichern anderer Teile verwenden!

Bei mechanischer Beschädigung der Komponenten und Armaturen ist der Hersteller zu informieren. Bei mechanischer Beschädigung der Leitungen muss das System in den sicheren Zustand gebracht werden. Beschädigte Leitungen sind nur durch den Errichter auszutauschen!

Nach einer Beschädigung des Behälters ist das System sofort außer Betrieb zu nehmen! Der Hersteller ist zu informieren.

Bei der Installation, Deinstallation und im Havariefall nur geeignetes Werkzeug verwenden. Leitung vor jedem Umbau mit trockenem Stickstoffgas freispülen!

Behälter nie öffnen, wenn der Behälter mit Helium oder Stickstoff gefüllt ist und oder unter Druck steht. Vor dem Öffnen oder dem Befüllen immer auf mechanische Beschädigung, Geräusche von austretendem Gas achten!

Schutzbrille und geeignete Kleidung tragen! Warn- und Gebotsschilder unbedingt beachten!

Ausblasebereich Gas und/oder Flüssigkeit (Sicherheitsventile):

- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Zwei-Phasen-Gemisch über die zwei Sicherheitsventile horizontal austritt.
- Der Ausblasebereich ist in Abstimmung mit dem Sicherheitsinspektor des Betreibers in entsprechender Abmessung abzusperren.
- Das Begehen des entsprechenden Bereichs beim Betreiben der Anlage ist verboten!



- Es ist zu beachten, dass sich im Ausblasebereich keine Zuluftanlagen (Lüftungsanlagen), Fenster oder jegliche zu öffnenden Elemente befinden.

Niemals unter schwebenden Lasten aufhalten! Beim Heben und Bewegen schwerer Lasten stets geeignete Hebezeuge verwenden.

Transportwege beim Einbringen und Bewegen schwerer Lasten stets sichern bzw. absperren!

Sollten sich Fälle ergeben, die in der vorliegenden Anweisung nicht oder nur unvollständig erfasst sind, so ist das ILK Dresden zu konsultieren.

5.3 Gefahren im Umgang mit flüssigem Stickstoff, flüssigem Helium und Indium

Es sind die folgenden Sicherheitsdatenblätter zu beachten, die zusätzlich zur Bedienungsanleitung im Anhang beigelegt sind:

- 061B für Helium (tiefkalt verflüssigt) der Firma AIR LIQUIDE siehe Anhang 1,
- 089B für Stickstoff (tiefgekühlt, flüssig) der Firma AIR LIQUIDE siehe Anhang 2 und
- IN001 für Indium der Indium Corporation siehe Anhang 3.

5.4 Gefahren im Umgang mit druckführenden Geräten

Der Kryostat wurde in Anlehnung an das AD 2000 Regelwerk konstruiert und nach dem Stand der Technik gebaut. Dennoch können bei der Verwendung durch nicht bestimmungsgemäßen oder unsachgemäßen Gebrauch oder durch Verletzung von Sicherheitsvorschriften Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen an Geräten oder an anderen Sachwerten entstehen.

Für den Umgang mit den ausgewählten Sicherheitsventilen der Fa. LESER GmbH & Co. KG Typ 437 (No. 4374.3142, G ½“, Ansprechdruck 0,4 bar_g) ist die Betriebsanleitung (siehe Anhang 4) und die Dokumentation (siehe Anhang 5) des Herstellers zu beachten.

Für den Umgang mit dem ausgewählten Verschlussventil der Fa. JAKOB Vakuumtechnik GmbH (DN50KF-M8LH) ist die Bedienungsanleitung für Verschlussventil mit Gasschleuse (siehe Anhang 6) des Herstellers zu beachten.



6 Verpflichtungen des Betreibers und des Personals

Der Betreiber hat sicherzustellen, dass die in dieser Bedienungsanleitung angegebenen Betriebsparameter eingehalten und Betriebsanweisungen, Handhabungshinweise und Warnhinweise durch das Personal beachtet werden (siehe auch Abschnitt 12 „Gewährleistung und Haftung“).

Daneben ist der Betreiber verpflichtet, nur Personen an druckführenden Geräten und oder Anlagen mit Flüssig-Helium/Stickstoff-Betrieb arbeiten zu lassen,

- die mit den grundlegenden Vorschriften über Arbeitsrecht und Unfallverhütung vertraut sind und andauernd Zugang zu diesen Vorschriften haben,
- die diese Betriebsanleitung gelesen und verstanden haben,
- die den sicheren Umgang mit tiefkalten Medien beherrschen,
- die sich mit den Sicherheitsdatenblättern der möglichen zu verwendenden Medien (Helium oder Stickstoff, tiefkalt verflüssigt) vertraut gemacht haben,
- die Basiswissen in der Benutzung und im Umgang mit Dewargefäßen für kryogene Flüssigkeiten und Equipment besitzen,
- die Wissen zu Sicherheitsvorkehrungen und Schutzmaßnahmen zur Benutzung von Vakuum-Equipment besitzen,
- die für den Betrieb von druckführenden Geräten und / oder Anlagen mit flüssigem Stickstoff und flüssigem Helium geschult sind,
- die in regelmäßigen Abständen zum Thema sicherheitsbewusstes Arbeiten überprüft werden.

Des Weiteren ist durch den Betreiber dafür zu sorgen, dass

- alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise für das Personal bei der Arbeit am Gerät einsehbar vorliegen,
- anzulernendes Personal nur unter Aufsicht erfahrener Personen an druckführenden Geräten und / oder Anlagen mit Flüssigstickstoff- / Flüssighelium-Betrieb arbeitet,
- alle Zuständigkeiten des Personals für das Montieren, In-Betrieb-Nehmen und Bedienen klar festgelegt sind.

- Bei Betrieb mit Einsätzen, die andere Parameter aufweisen als bei Herstellung spezifiziert, hat der Hersteller sicherzustellen, dass das maximal zulässige Gewicht nicht überschritten wird und die Sicherheitseinrichtungen ausreichend sind.



7 Gewährleistung und Haftung

Der Hersteller gewährleistet die Dichtheit des Vakuumsystems (Vakuumraum) und die Funktionseigenschaften des Kühlsystems für 12 Monate nach Abnahme des Kryostaten beim Auftraggeber.

Soweit nicht aufgrund von gesetzlichen Vorschriften zwingend gehaftet wird, sind Gewährleistungs- und Haftungsansprüche bei Personen- und/oder Sachschäden jedoch ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Nicht bestimmungsgemäße Verwendung des Kryostaten (siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)
- Betrieb des Kryostaten außerhalb der angegebenen Betriebsbereiche (siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)
- Unsachgemäßes Montieren, In-Betrieb-Nehmen, Bedienen und Warten des Gerätes (siehe Abschnitte **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, 3 und 4)
- Nichtbeachten der Handhabungs- und Warnhinweise (Abschnitt 5)
- Eigenmächtige bauliche Veränderungen am druckführenden Gerät oder eigenmächtiges Verändern der Anschlüsse zur Verwendung anderer Medien
- Verwendung fremder bzw. nicht originaler Dichtungen
- Mangelhafte Überwachung von Ausrüstungs-, Verschraubungs- und Dichtungsteilen, die einem Verschleiß unterliegen

8 Wartung

8.1 Montage

Außer den im Text beschriebenen Tätigkeiten und Arbeiten sind Modifikationen oder das Lösen von Komponenten am Kryostat nicht zulässig.

Änderungen an konstruktiven Details sind vom Hersteller durchzuführen.

Im Zweifelsfall ist der Hersteller des Kryostaten (ILK Dresden) zu konsultieren.

Schäden, verursacht durch nicht unterstützte konstruktive Modifikationen, werden durch den Hersteller nicht abgedeckt.

8.2 Wartung, Reparatur

Störung	Problembehandlung
1. Es bildet sich großflächig Feuchtigkeit oder Rauhreif am Außengefäß	Isolationsvakuum kontrollieren, ggf. evakuieren
2. Befüllung mit LHe dauert zu lange	Prüfung des Fülldrucks
3. Es tritt ein Zweiphasengemisch aus	Energieeintrag zu hoch oder Kryostat überfüllt

Bei allen anderen Störungen ist die Konsultation beim Hersteller des Kryostaten (ILK Dresden) erforderlich.

Die Komponenten (Sicherheitsventil, Überdruckstopfen) sind entsprechend der Angaben der Hersteller zu warten.

Bei Störungen und Havarien ist der Hersteller zu informieren.



9 Mitgeltende Gesetze, Verordnungen, Normen, Vorschriften

Gesetze und Verordnungen

- Geräte- und Produktsicherheitsgesetz GPSG
- Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU
- Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV

Technische Regeln

- AD 2000 Regelwerk (2018)
- Technische Regeln Druckbehälter TRB
- Technische Regeln Gefahrstoffe TRGS

DIN- Normen (deutsche, europäische und internationale)

- DIN EN837-1 Druckmessgeräte
- DIN EN1012-2 Vakuumpumpen

Vorschriften und Informationen

- BGV A1 Allgemeine Vorschriften
- BGV A8 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- BGR A1
- BGR 121
- BGR 189
- BGR 192
- BGR 195
- BGR 500
- VDMA 4390 Reinstgase Versorgungsanlagen



Anhang

1. Sicherheitsdatenblatt Flüssighelium
2. Sicherheitsdatenblatt Flüssigstickstoff
3. Sicherheitsdatenblatt Indium
4. Betriebsanleitung LESER Sicherheitsventil
5. Dokumentation LESER Sicherheitsventil
6. Bedienungsanleitung JAKOB Verschlussventil mit Gasschleuse
7. Prüfprotokoll Drucktest Flüssighelium-Kryostat
8. Prüfprotokoll Lecktest Flüssighelium-Kryostat
9. Prüfprotokoll Lecktest Vakuum-Behälter