# Epsilon 2-10D LSCplus

**Best.-Nr. 111122**

**Gefriertrocknungsanlage**

# Betriebsanleitung

**Vor Bedienung sorgfältig lesen und zum späteren Gebrauch aufbewahren!**

Bei Rückfragen unbedingt folgende Nummern angeben:

Auftragsnummer:

Fabriknummer:

© Copyright by
Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode am Harz
Germany

Tel.: +49 (0) 5522 / 5007-0
Fax: +49 (0) 5522 / 5007-12
Internet: www.martinchrist.de
E-Mail: info@martinchrist.de

**1 Allgemeine Informationen ... 9**
1.1 Stellenwert der Betriebsanleitung ... 9
1.2 Mitgeltende Dokumente ... 9
1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung ... 9
1.3.1 Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien) ... 11
1.3.2 Trocknung säurehaltiger Ausgangsprodukte ... 12
1.3.3 Trocknung azidhaltiger Ausgangsprodukte ... 12
1.4 Gewährleistung und Haftung ... 12
1.5 Urheberrecht ... 13
1.6 Zeichenerklärung ... 13
1.7 Normen und Vorschriften ... 13
1.8 Lieferumfang ... 13
**2 Aufbau und Wirkungsweise ... 14**
2.1 Aufbau der Gefriertrocknungsanlage ... 14
2.1.1 Funktions- und Bedienelemente ... 14
2.1.2 Typenschild ... 18
2.2 Wirkungsweise ... 19
2.2.1 Gefriertrocknung allgemein ... 19
2.2.2 Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses ... 21
2.2.2.1 Vorbereitung ... 21
2.2.2.2 Gefrieren ... 22
2.2.2.3 Haupttrocknung ... 22
2.2.2.4 Nachtrocknung ... 23
2.2.2.5 Trocknungsende und Belüften ... 23
2.2.2.6 Abtauen ... 23
**3 Sicherheit ... 24**
3.1 Beschilderung des Geräts ... 24
3.2 Symbol- und Hinweiserklärungen ... 25
3.3 Verantwortung des Betreibers ... 26
3.3.1 Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte ... 27
3.4 Personalanforderungen ... 28
3.5 Informelle Sicherheitshinweise ... 29
3.6 Sicherheitshinweise zu Transport, Aufstellung und Anschluss und Inbetriebnahme ... 29
3.6.1 Allgemeine Gefahren ... 29
3.6.2 Gefahren durch unsachgemäßen Transport ... 30
3.6.3 Gefahren durch unsachgemäße Aufstellung ... 30
3.6.4 Gefahren durch unsachgemäßen Anschluss ... 30
3.6.5 Gefahren bei der ersten Inbetriebnahme ... 30

**Inhaltsverzeichnis**

3.7 Sicherheitshinweise zum Betrieb ... 31
3.7.1 Gefahren durch Elektrizität ... 31
3.7.2 Gefahren durch das Kältesystem ... 31
3.7.3 Gefahren durch das Hydrauliksystem ... 32
3.7.4 Gefahren durch Stickstoff ... 32
3.7.5 Gefahren durch gesundheitsschädliche Ausgangsprodukte ... 32
3.7.6 Gefahren durch Lösungsmittel in den Ausgangsprodukten ... 33
3.7.7 Gefahren durch säurehaltige Ausgangsprodukte ... 33
3.7.8 Gefahren durch azidhaltige Ausgangsprodukte ... 34
3.7.9 Gefahren durch kontaminiertes Kondensat (Abtauwasser) ... 34
3.7.10 Ölgedichtete Vakuumpumpe: Gefahren durch kontaminierte Vakuumpumpenabgase ... 35
3.7.11 Ölgedichtete Vakuumpumpe: Gefahren durch heißes und kontaminiertes Vakuumpumpenöl ... 35
3.7.12 Trockenlaufende Vakuumpumpe: Gefahren durch kontaminierte Abluft ... 36
3.7.13 Gefahren durch Lärm ... 36
3.7.14 Gefahren durch die Beladetür ... 36
3.7.15 Gefahren durch Stellflächen ... 36
3.7.16 Gefahren durch heiße Oberflächen ... 37
3.7.17 Gefahren durch kalte Oberflächen ... 37
3.7.18 Gefahren durch Überdruck in der Kammer ... 37
3.8 Sicherheitseinrichtungen ... 38
3.9 Verhalten bei Gefahren und Unfällen ... 39
3.10 Wartung und Reinigung der Gefriertrocknungsanlage ... 40
3.11 An- und Umbauten an der Gefriertrocknungsanlage ... 40
3.12 Maßnahmen zum sicheren Betrieb der Gefriertrocknungsanlage ... 41
3.13 Restrisiken ... 42
**4 Lagerung und Transport ... 43**
4.1 Abmessungen und Gewicht ... 43
4.2 Lagerbedingungen ... 43
4.3 Auspacken ... 44
4.4 Transport ... 45
4.4.1 Transportsicherungen ... 46
**5 Aufstellung und Anschluss ... 47**
5.1 Aufstellort ... 47
5.2 Ver- und Entsorgungsanschlüsse ... 48
5.2.1 Energieversorgung ... 48
5.2.1.1 Anschlussart ... 48
5.2.1.2 Sicherungen bauseits ... 48
5.2.2 Belüftung ... 49
5.2.2.1 Feinregel-Nadelventil ... 49
5.2.3 Ablauf ... 50

5.2.4 Vakuumpumpen ... 51
5.2.4.1 Ölgedichtete Vakuumpumpe und Abgasfilter (Ölnebelabscheider) ... 51
5.2.4.2 Trockenlaufende Vakuumpumpe und Schalldämpfer ... 52
5.2.5 Drucksteuerventil ... 53
5.2.6 Vakuummesssonde ... 54
5.2.7 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) ... 55
**6 Betrieb ... 56**
6.1 Erste Inbetriebnahme ... 56
6.2 Installation des Zubehörs ... 56
6.3 Vorbereitung der Gefriertrocknungsanlage ... 56
6.4 Einschalten ... 56
6.5 Beladetür ... 57
6.6 Hydraulik ... 58
6.6.1 Verfahren der Stellflächen ... 58
6.7 LSCplus Anlagensteuerung ... 60
6.7.1 Bedienoberfläche ... 60
6.7.1.1 Hauptfenster "Manuell" ... 61
6.7.1.2 Hauptfenster "Programm" ... 74
6.7.1.3 Hauptfenster "Optionen" ... 75
6.7.1.4 Hauptfenster "?" ... 90
6.7.2 Gefriertrocknung manuell ... 90
6.7.2.1 Sollwerteingaben im manuellen Modus ... 91
6.7.3 Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus ... 93
6.7.3.1 Programm erstellen ... 97
6.7.3.2 Programm bearbeiten ... 105
6.7.3.3 Programm kopieren ... 106
6.7.3.4 Programm laden ... 106
6.7.3.5 Programm löschen ... 107
6.8 Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen ... 108
6.9 Ausschalten ... 111
**7 Störungen und Fehlersuche ... 112**
7.1 Allgemeine Störungen ... 112
7.1.1 Netzausfall ... 113
7.1.2 Kein ausreichendes Vakuum ... 114
7.1.2.1 Kleinflanschverbindungen ... 114
7.1.2.2 Belüftungsventil, Medienablaufventil ... 115
7.1.2.3 Drucksteuerventil ... 115
7.1.2.4 Vakuummesssonde ... 115
7.1.3 Eiskondensator- und Stellflächentemperatur ... 116
7.2 Prozess- und Anlagenmeldungen ... 116
7.3 Kontakt im Servicefall ... 117

## Inhaltsverzeichnis

**8 Wartung und Instandhaltung ... 118**
8.1 Wartungsarbeiten ... 118
8.1.1 Allgemeines ... 118
8.1.2 Eiskondensatorkammer ... 120
8.1.3 Trocknungskammer ... 120
8.1.3.1 Folienbeschichtung der Beladetür ... 120
8.1.3.2 Türverschlussriegel ... 121
8.1.4 Belüftungsventil, Medienablaufventil ... 122
8.1.5 Wärmetauscher ... 123
8.1.6 Elektrisches System ... 123
8.1.7 Vakuumsystem mit ölgedichteter Vakuumpumpe ... 124
8.1.8 Vakuumsystem mit trockenlaufender Vakuumpumpe ... 125
8.1.9 Kältesystem ... 126
8.1.10 Wärmeträgersystem ... 126
8.1.11 Hydrauliksystem ... 127
8.1.12 Vakuummesssonde ... 127
8.1.13 Zubehör ... 128
8.2 Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör ... 128
8.3 Wartungsplan (ölgedichtete Vakuumpumpe) ... 129
8.4 Wartungsplan (trockenlaufende Vakuumpumpe) ... 134
8.5 Instandhaltungsarbeiten ... 139
8.6 Rücksendung defekter Teile ... 140
**9 Entsorgung ... 142**
9.1 Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage ... 142
9.2 Entsorgung der Verpackung ... 142
**10 Technische Daten ... 143**
10.1 Umgebungsbedingungen ... 145
10.2 Technische Dokumentation ... 145
**11 Anhang ... 146**
11.1 Mathematische Zusammenhänge ... 146
11.2 EG-Konformitätserklärung gemäß Maschinenrichtlinie ... 147
11.3 EG-Konformitätserklärung gemäß Druckgeräterichtlinie ... 149
11.4 Tabelle der Sublimationsdruckkurve ... 151
**12 Glossar ... 153**
**13 Index ... 155**

# 1 Allgemeine Informationen

## 1.1 Stellenwert der Betriebsanleitung

Grundvoraussetzung für den sicherheitsgerechten Umgang und den störungsfreien Betrieb dieses Geräts ist die Kenntnis der grundlegenden Sicherheits- und Gefahrenhinweise.

Die Betriebsanleitung enthält die wichtigsten Hinweise, um die Gefriertrocknungsanlage sicherheitsgerecht zu betreiben.

Diese Betriebsanleitung, insbesondere die Sicherheits- und Gefahrenhinweise, sind von allen Personen zu beachten, die mit diesem Gerät arbeiten.

Darüber hinaus sind die für den Einsatzort geltenden Regeln und Vorschriften zur Unfallverhütung zu beachten.

## 1.2 Mitgeltende Dokumente

Folgende Dokumente sind zusätzlich zu dieser Betriebsanleitung zu beachten, wenn die Gefriertrocknungsanlage über die entsprechende Funktionalität verfügt:

- Bedienungsanleitung der CHRIST SCADA Software LPCplus (Anleitung für den Betrieb der Gefriertrocknungsanlage mit dem SCADA-System)

## 1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

**Gefriertrocknungsanlage**

Die Gefriertrocknungsanlage darf nur betrieben werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Anlage ist fachgerecht installiert.
- Die Anlage ist in einem einwandfreien technischen Zustand.
- Die Anlage steht nicht in explosionsgefährdeter Umgebung.
- Es wurden keine eigenmächtigen baulichen Veränderungen, An- oder Umbauten ohne schriftliche Genehmigung der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH an der Anlage vorgenommen.
- Die verwendete Vakuumpumpe ist von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH zugelassen. Die für diese Anlage zugelassenen Vakuumpumpen sind in Kapitel 5.2.4 - "Vakuumpumpen" aufgelistet.
- Die verwendeten Zubehörteile sind von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH zugelassen. Ausgenommen sind handelsübliche Gefäße aus Glas oder Kunststoff.

Die Gefriertrocknungsanlage wurde ausschließlich zur Gefriertrocknung von festen oder flüssigen Ausgangsprodukten in Ampullen, Fläschchen oder Schalen konzipiert und ist somit auch nur für diesen Verwendungszweck bestimmt.

Es können alle zur Gefriertrocknung erforderlichen Verfahrensschritte sowie die notwendigen Hilfsprozesse (Belüften, Abtauen, Medienablauf, Lecktest) in der Anlage durchgeführt werden:

- Gefrieren der Produkte bei beliebig vorgewählten Zeit- und Temperatursollwerten,
- Haupttrocknen der Produkte bei beliebig vorgewählten Zeit-, Temperatur- und Drucksollwerten (→ *Sublimation*),
- Nachtrocknen der Produkte bei beliebig vorgewählten Zeit- und Temperatursollwerten und hohem Endvakuum zur Entfernung des kapillar und molekular gebundenen Wassers (→ *Desorption*).

Die Gefriertrocknungsanlage ist geeignet für die Gefriertrocknung von festen Stoffen und wässrigen Lösungen (z. B. Bakterien und Viruskulturen, Blutplasma, Serumfraktionen, Antikörpern, Seren, Impfstoffen und pharmazeutischen Produkten wie Chloramphenicol, Streptomycin, Vitaminen, Fermenten sowie Pflanzenextrakten für biochemische Untersuchungen).

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört auch

- das Beachten aller Hinweise in dieser Betriebsanleitung und den mitgeltenden Dokumenten (s. Kap. 1.2 - "Mitgeltende Dokumente"),
- die Einhaltung der Inspektions- und Wartungsarbeiten (s. Kap. 8 - "Wartung und Instandhaltung").

Haftungsausschluss

Eine andere als die hier beschriebene oder eine über die Beschreibung hinaus gehende Verwendung der Gefriertrocknungsanlage gilt als nicht bestimmungsgemäß. Für hieraus entstehende Schäden haftet die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH nicht.

**Anforderungen an die Ausgangsprodukte**

- Das Produkt darf das Material der Komponenten der Anlage nicht schädigen oder dessen mechanische Festigkeit beeinträchtigen.
- Eine Reaktion des Produkts unter Zuführung hoher Energie während des Gefriertrocknungsprozesses muss ausgeschlossen sein.
- Das Produkt darf nicht explosiv oder leicht entzündlich sein, da bestimmte Komponenten der Gefriertrocknungsanlage potentielle Zündquellen darstellen.

**HINWEIS**

Die zusätzlichen Hinweise zu speziellen Produkten in den nachfolgenden Kapiteln unbedingt beachten (siehe Kapitel 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)", Kapitel 1.3.2 - "Trocknung säurehaltiger Ausgangsprodukte", Kapitel 1.3.3 - "Trocknung azidhaltiger Ausgangsprodukte")!

### 1.3.1 Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)

Hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit ist die Verwendung einiger organischer Lösungsmittel in wässrigen Lösungen mit einer niedrigen Konzentration akzeptabel.

Eine Gefriertrocknungsanlage ist aufgrund ihrer Konstruktion chemisch widerstandsfähig gegenüber den meisten Verbindungen, die typischerweise zum Einsatz kommen. Allerdings besteht die Gefriertrocknungsanlage notwendigerweise aus mehreren unterschiedlichen Werkstoffen, von denen einige von bestimmten Chemikalien angegriffen und beschädigt werden können.

Die Herstellungsverfahren und/oder die Bedingungen, unter denen eine Acrylglastür den Chemikalien ausgesetzt ist (Exposition) sowie die Art der Anwendung können sich auf das Ergebnis auswirken. Im Folgenden werden einige dieser Faktoren aufgeführt:

- Herstellung: Beanspruchung durch Sägen, Schleifen, spanende Bearbeitung, Bohren, Polieren und/oder spanlose Formung.
- Exposition: Dauer der Exposition, Beanspruchung im Verlauf der Nutzungsdauer aufgrund unterschiedlicher Belastungen (Temperaturänderungen etc).
- Anwendung von Chemikalien: durch Kontakt, Reibung, Wischen, Sprühen etc.

Die folgende Tabelle gilt als allgemeiner Leitfaden für die zu erwartende Materialschädigung bei der Gefriertrocknung organischer Lösungsmittel mit einer Konzentration von max. 10 Vol-% in wässrigen Lösungen.

| Lösungsmittel | Acrylglas | Echtglas | Silikon-kautschuk | EPDM |
|---|---|---|---|---|
| Essigsäure 20% | + | + | + | o |
| Ameisensäure bis zu 10% | + | o | o | - |
| Trifluoressigsäure (TFA) | - | + | o | + |
| Calciumchlorid | + | + | + | + |
| Natriumphosphat | + | + | - | + |
| Aceton | - | + | + | + |
| Acetonitril | - | + | - | o |
| Tetrachlormethan | - | + | - | - |
| Cyclohexan | + | + | - | - |
| Dioxan | - | + | - | o |
| Methyl-tert-butylether | + | + | o | - |
| Pyridin | - | + | - | o |
| Methanol | - | + | + | + |
| Ethanol | o | + | o | + |
| tert-Butanol | - | + | - | o |
| DMSO | - | + | - | + |

Legende:
+ Keine Schädigung zu erwarten
o Moderate Schädigung; begrenzter Einsatz
- Schwerwiegende Schädigung; sporadische Verwendung empfohlen; sofortige, gründliche Reinigung erforderlich

Die Schädigung der Gefriertrocknungsanlage und des Zubehörs durch Chemikalien lässt sich durch eine sofortige Reinigung nach der Trocknung deutlich reduzieren. Alle Teile der Gefriertrocknungsanlage, die mit dem Produkt in Kontakt gekommen sind, müssen regelmäßig auf Schädigungen überprüft und ggf. ausgetauscht werden.

**HINWEIS**

Lösungsmittel, die nicht in der o.a. Tabelle aufgeführt sind, oder die aufgeführten Lösungsmittel in einer höheren Konzentration als 10 Vol-%, dürfen nicht verwendet werden!

### 1.3.2 Trocknung säurehaltiger Ausgangsprodukte

Säurehaltige Ausgangsprodukte (mit Ausnahme der bereits in Kapitel 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)" aufgeführten Stoffe in den dort genannten Konzentrationen) dürfen nur unter Verwendung spezieller Schutzmaßnahmen und apparativer Vorkehrungen getrocknet werden. Anderenfalls besteht die Gefahr von Sach- und Personenschäden. Eine Klärung der erforderlichen Maßnahmen mit der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH ist zwingend erforderlich!

### 1.3.3 Trocknung azidhaltiger Ausgangsprodukte

Ausgangsprodukte, die Azide enthalten, dürfen nur nach Einzelfalluntersuchung und schriftlicher Genehmigung der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH getrocknet werden, da Azide explosionsfähige Staub-Luft-Gemische bilden können und in Verbindung mit Buntmetallen (z. B. Kupfer, Messing, Bronze) explosionsfähige Metallazide bilden!

## 1.4 Gewährleistung und Haftung

Es gelten unsere "Allgemeinen Geschäftsbedingungen", die dem Betreiber seit Vertragsabschluss zur Verfügung stehen.

Gewährleistungs- und Haftungsansprüche sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch,
- Nichtbeachten der Sicherheits- und Gefahrenhinweise in der Betriebsanleitung,
- unsachgemäßes Inbetriebnehmen, Bedienen und Warten der Gefriertrocknungsanlage.

## 1.5 Urheberrecht

Das Urheberrecht an dieser Betriebsanleitung verbleibt bei der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH.

Diese Betriebsanleitung ist nur für den Betreiber und dessen Personal bestimmt. Sie enthält Vorschriften und Hinweise, die weder vollständig noch teilweise

- vervielfältigt,
- verbreitet oder
- anderweitig mitgeteilt werden dürfen.

Zuwiderhandlungen können strafrechtliche Folgen nach sich ziehen.

## 1.6 Zeichenerklärung

In dieser Betriebsanleitung werden Fachbegriffe, die im Glossar (s. Kap. 12 - "Glossar") erläutert werden, durch einen vorangestellten Pfeil gekennzeichnet und kursiv dargestellt (z.B. → *Sublimation*).

## 1.7 Normen und Vorschriften

EG-Konformitätserklärungen gemäß Maschinenrichtlinie und Druckgeräterichtlinie (siehe Kapitel 11.2 - "EG-Konformitätserklärung gemäß Maschinenrichtlinie", Kapitel 11.3 - "EG-Konformitätserklärung gemäß Druckgeräterichtlinie")

## 1.8 Lieferumfang

gemäß Ihrer Bestellung, unserer Auftragsbestätigung und unserem Lieferschein.

# 2 Aufbau und Wirkungsweise

## 2.1 Aufbau der Gefriertrocknungsanlage

### 2.1.1 Funktions- und Bedienelemente

1 Anlagensteuerung
2 Trocknungskammer mit Beladetür
3 Vakuumpumpe (Beispiel, siehe Kapitel 5.2.4 - "Vakuumpumpen")

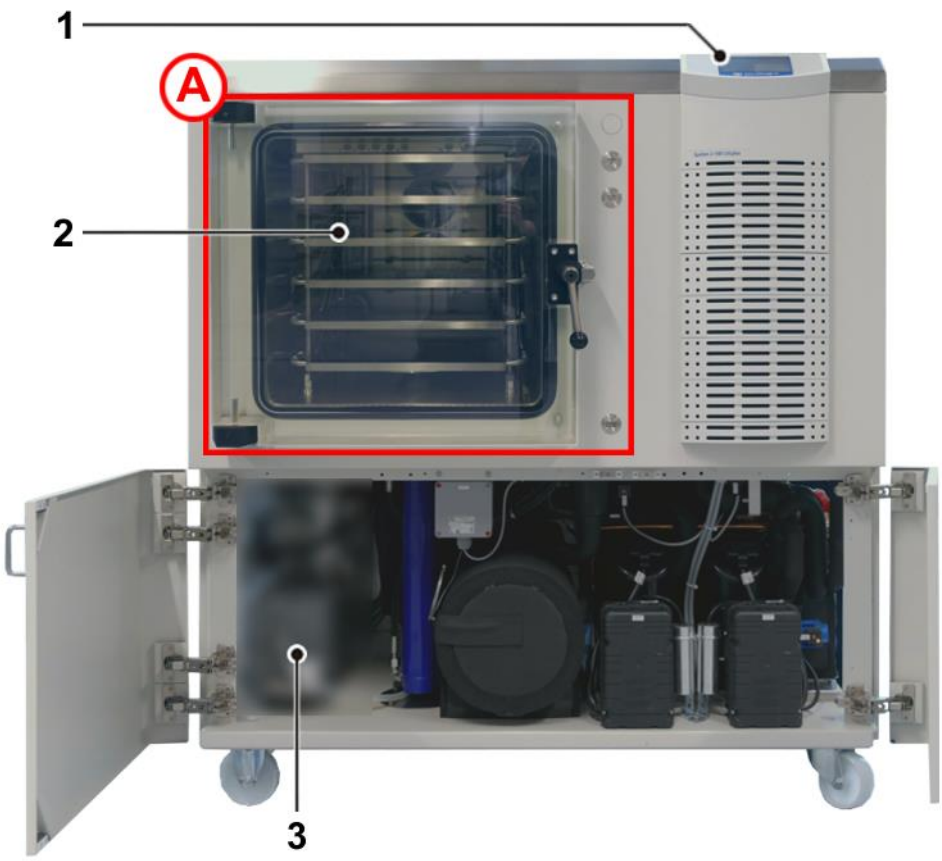



*Abb. 1: Front der Gefriertrocknungsanlage (Beispielabbildung)*

4 Anschlussleiste für Produktsensoren und LyoRx-Sensor
5 Anschluss Zwischenventil
6 Zwischenventil
7 Stellfläche
8 Hydraulikzylinder
9 Taster "Heben" (Hydraulik)
10 Taster "Senken" (Hydraulik)
11 Türverschlussriegel (s. Kap. 8.1.3.2 - "Türverschlussriegel")
12 Taster "Freigabe" (Zweihandbedienung Hydraulik)

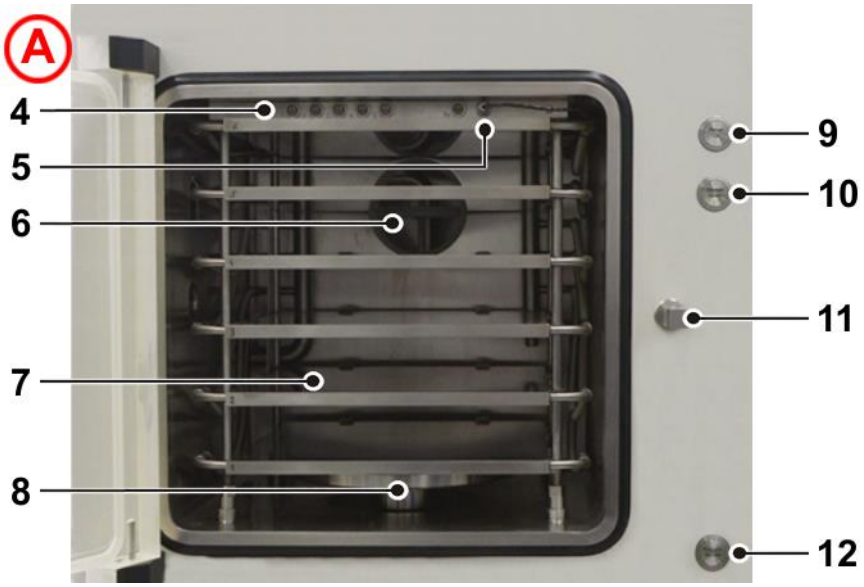



*Abb. 2: Detailansicht A – Trocknungskammer*

13 Schaltschrank (hinter der Seitenverkleidung)
14 Steuerungsschalter
15 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter, siehe Kapitel 5.2.7 - "Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)")
16 Schauglas für das Wärmeträgermedium
17 Lenkrollen

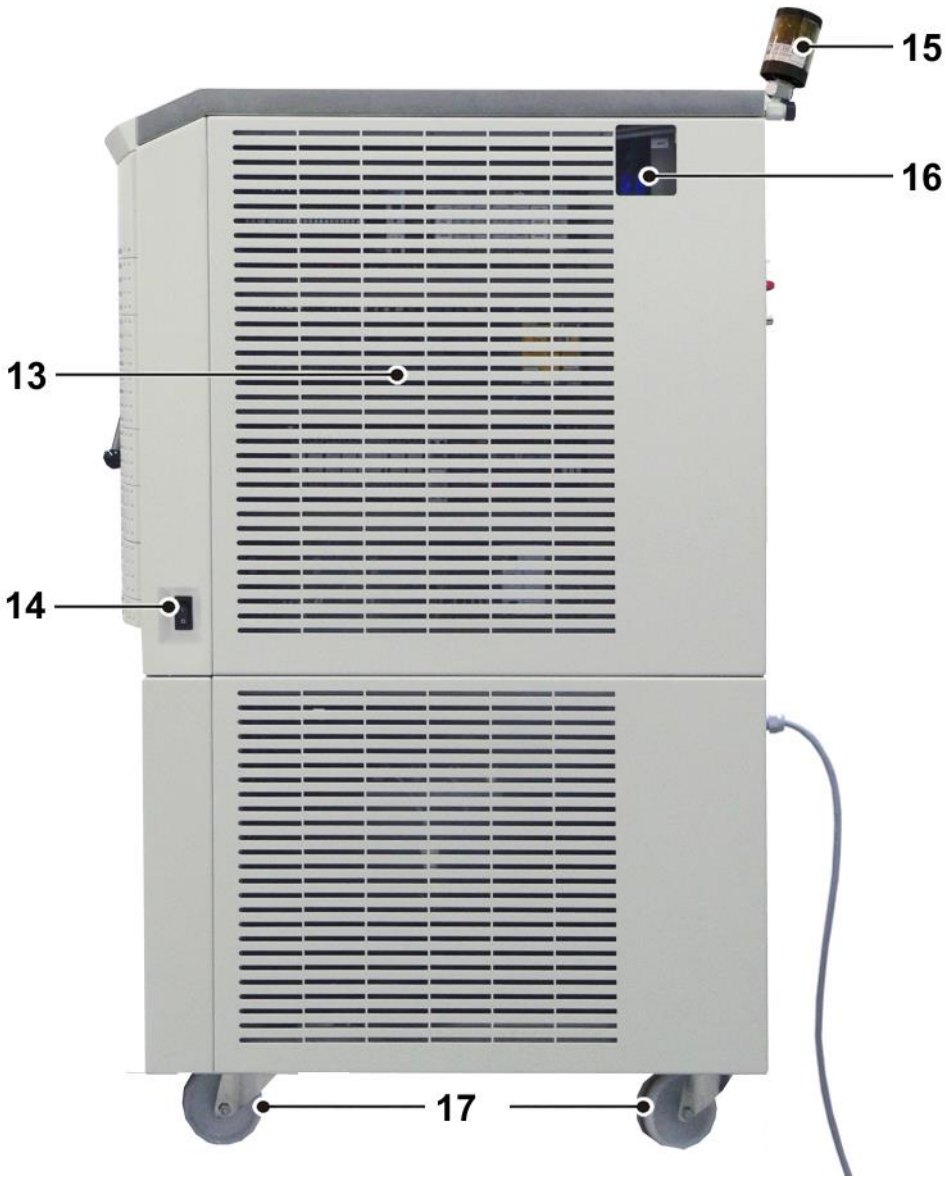



*Abb. 3: rechte Seite der Gefriertrocknungsanlage*

18 Belüftungsventil
19 Vakuummesssonde (hinter der Seitenverkleidung)
20 Schauglas Eiskondensator
21 Vakuumanschluss
22 Feinregel-Nadelventil für Gasinjektion
23 Zugangsflansche DN40 (z.B. für Standardoption WTMplus, hinter der Seitenverkleidung)
24 Anschluss für Standardoption LyoCam
25 Medienablaufventil
26 Bockrollen

*Abb. 4: linke Seite der Gefriertrocknungsanlage*

27 Einfüllstutzen für das Wärmeträger-medium (mit montierter Trockner-patrone)

28 Hauptschalter

29 Typenschild (s. Kap. 2.1.2 - "Typenschild")

30 Wärmetauscher des Wärmeträger-mediums (hinter dem Lüftungsgitter)

31 Netzkabel

32 Wärmetauscher des Einkondensators (hinter dem Lüftungsgitter)

33 Standardoption: Zugangsflansch zur Eiskondensator-kammer

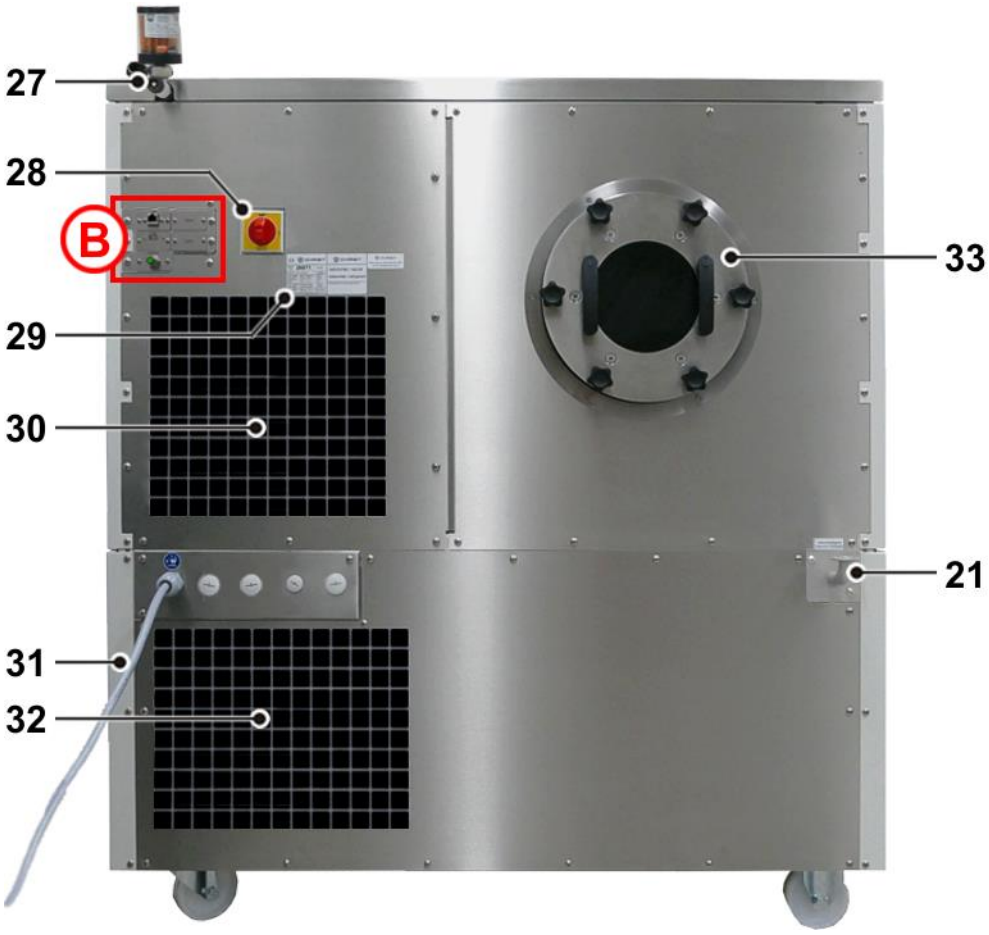



*Abb. 5: Rückseite der Gefriertrocknungsanlage*

34 Ethernet-Anschluss

35 Standardoption: USB-Anschluss (nur in Funktion, wenn die Standardoption "USB process recording" installiert ist)

36 Anschluss für Standardoption LyoCoN

*Abb. 6: Detailansicht B – Anschlüsse an der Rückseite der Gefriertrocknungsanlage*

### 2.1.2 Typenschild

1 Fabriknummer
2 Gerätetyp
3 Kältemitteldaten KM 1, 1. Stufe
4 Kältemitteldaten KM 1, 2. Stufe
5 Nennspannung
6 Baujahr (Monat/Jahr)
7 Artikelnummer
8 Kältemitteldaten KM 2
9 Nennstrom / Scheinleistung

*Abb. 7: Typenschild (Beispiel)*

## 2.2 Wirkungsweise

### 2.2.1 Gefriertrocknung allgemein

**Was ist Gefriertrocknung?**

Die Gefriertrocknung oder Lyophilisation ist ein Verfahren zur schonenden Trocknung hochwertiger Produkte. Die Trocknung erfolgt unter Umgehung des flüssigen Aggregatzustands durch → *Sublimation.*

**In welchen Bereichen wird die Gefriertrocknung angewendet?**

Ein großer Einsatzbereich ist die Trocknung von Produkten der Biotechnologie und Pharmazie wie z.B. Gewebe und Gewebebestandteile, Bakterien, Impfstoffe und Seren. Produkte, die in Wasser gelöst nicht lange haltbar wären, werden durch die Gefriertrocknung konserviert. Dabei bleiben die biologischen Eigenschaften der empfindlichen Substanzen erhalten. Die Verbindungen bleiben qualitativ und quantitativ unverändert. Nach Hinzufügen von Wasser weisen die Produkte die Eigenschaften des Ausgangsgutes unverändert auf.

**Wie funktioniert Gefriertrocknung?**

Die Gefriertrocknung ist ein sehr schonendes Verfahren, bei dem einem Produkt das Wasser im gefrorenen Zustand entzogen wird. Die Trocknung erfolgt durch → *Sublimation*, d.h. durch den unmittelbaren Übergang eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand. Dies geschieht unter Vakuum.

Im Folgenden wird die → *Sublimation* am Beispiel von Wasser erläutert, da die meisten Produkte in der Gefriertrocknung wässrige Lösungen sind, deren Verhalten auf den gleichen Grundsätzen basiert.

Die Dampfdruckkurve für Eis und Wasser (Sublimationsdruckkurve) beschreibt den Phasenübergang in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. Je höher die Temperatur, desto höher ist auch der Dampfdruck.

- Ist der Dampfdruck höher als 6,11 mbar (A), durchläuft Wasser bei einer Temperaturveränderung alle drei Aggregatzustände: fest, flüssig und gasförmig (siehe Abbildung).
- Beträgt der Dampfdruck genau 6,11 mbar und die Temperatur 0,0098°C, treffen Dampfdruckkurve, Schmelzdruckkurve und Sublimationsdruckkurve im sogenannten Tripelpunkt zusammen. In diesem Punkt treten alle Zustände gleichzeitig auf.
- Liegt der Dampfdruck unterhalb von 6,11 mbar (B) und es wird Energie zugeführt, geht Eis bei Erreichen der Sublimationskurve direkt in Wasserdampf über. Diesen Übergang bezeichnet man als → *Sublimation*. Wird reinem Eis mit einer Temperatur unter –30°C bei einem Druck von 0,37 mbar Wärmeenergie zugeführt, geht es bei Erreichen von –30°C in Wasserdampf über (siehe folgende Abbildung).

Ein Vakuum verhindert also das Schmelzen des Eises bei der Zufuhr von Energie. Wird einem eingefrorenen Produkt unter Vakuum Wärmeenergie zugeführt, wird auch hier das Auftauen des Produktes verhindert und der enthaltene Wasseranteil als Wasserdampf freigesetzt.

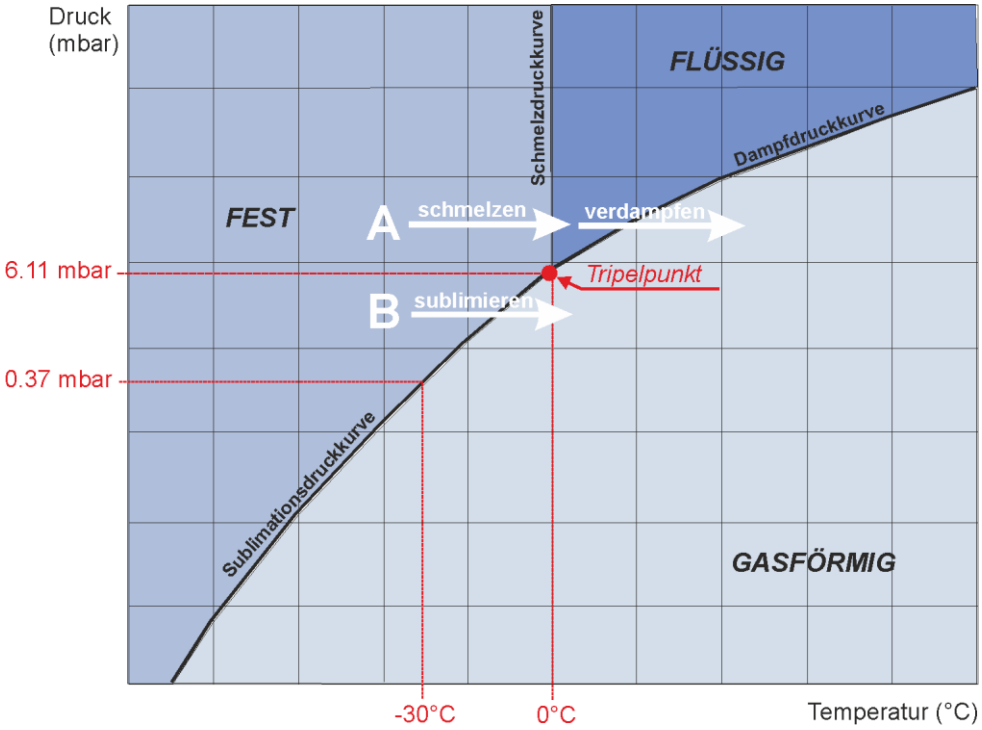



*Abb. 8: Dampfdruckkurve für Eis und Wasser*

Aus physikalischer Sicht erfolgt die Gefriertrocknung in drei Phasen (siehe folgende Abbildung):

(1) Gefrieren: Das zu trocknende Produkt wird zunächst unter Atmosphärendruck eingefroren. Dies kann entweder direkt in der Gefriertrocknungsanlage oder in einem separaten Gefrierschrank erfolgen. Die Einfriertemperatur sollte ca. 10°C unter dem Erstarrungspunkt des Produktes liegen.

(2) Evakuieren: Ist das Produkt tief genug eingefroren, wird die Vakuumpumpe zugeschaltet. Der Druck in der Trocknungskammer wird gemäß Dampfdruckkurve für Eis und Wasser auf den der Einfriertemperatur entsprechenden Wert gesenkt.

(3) Sublimieren: Dem Produkt wird Wärmeenergie zugeführt. Der Sublimationsprozess wird in Gang gesetzt. Durch die zugeführte Energie geht der Wasseranteil im Produkt in Wasserdampf über. Da der Eiskondensator sehr viel kälter ist als das zu trocknende Gut, ist der Dampfdruck dort deutlich geringer als über dem Produkt. Der aus dem Produkt austretende Wasserdampf strömt daher zum Eiskondensator, wo er sich an den Kondensatorschlangen niederschlägt.

Sobald dem Produkt während der Haupttrocknungsphase das freie Wasser entzogen wurde, wird unter möglichst niedrigem Enddruck und höheren Temperaturen auch noch das in Spuren enthaltene gebundene Wasser entfernt. Dies geschieht durch → *Desorption*. Diese Trocknungsphase wird als Nachtrocknung bezeichnet.

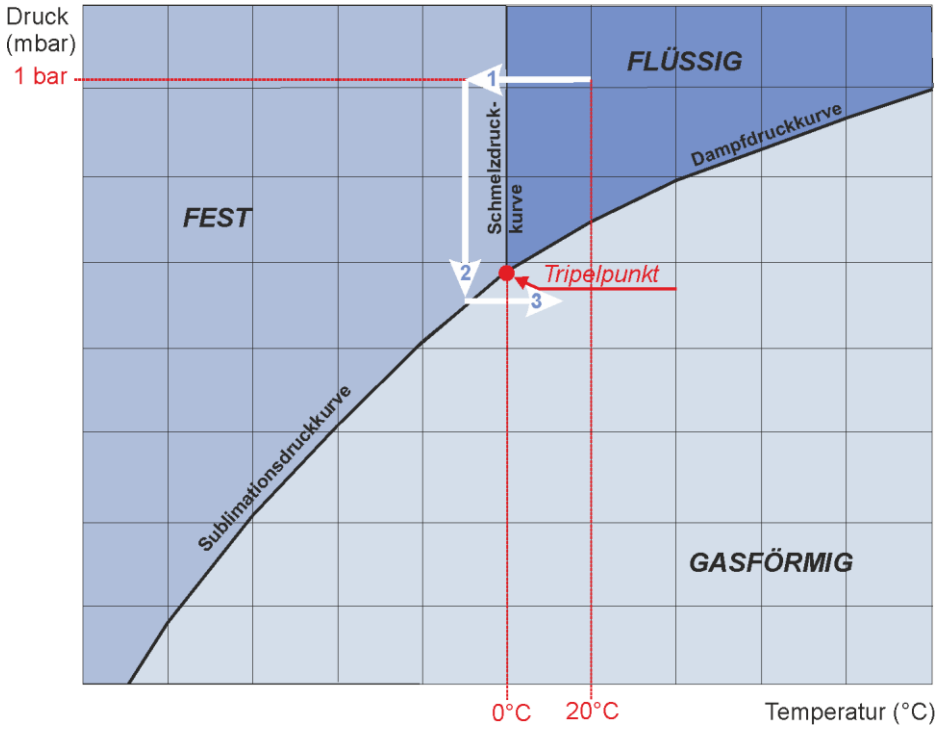



*Abb. 9: Phasen der Gefriertrocknung*

**HINWEIS**

Weitere Informationen zu Grundlagen, optimierter Prozessführung und Anwendungen enthält die Broschüre "Gefriertrocknung mit System", die als Download unter www.martinchrist.de → [Anwendungen] → [Lyophilisation] verfügbar ist.

### 2.2.2 Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses

Die Grundkomponenten einer Gefriertrocknungsanlage sind:

- Vakuum-Trocknungskammer oder Trockenrechen,
- Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Vakuums in der Trocknungskammer,
- Eiskondensator zum Binden des aus dem Produkt ausgetretenen Wasserdampfs.

#### 2.2.2.1 Vorbereitung

Die Eiskondensatorkammer muss sauber und trocken sein. Wasserrückstände vom vorhergehenden Trocknungsprozess müssen entfernt werden.

Medienablaufventil und Belüftungsventil müssen geschlossen sein.

Bei Anlagen, die mit dem Drucksteuerventil ausgerüstet sind (Standard bei Anlagen mit LSCplus- oder LSCbasic-Steuerung), sollte die Vakuumpumpe eine Warmlaufphase ("Warm-up") von mind. 15 Minuten vor dem Beginn der Haupttrocknung durchlaufen. Die Vakuumpumpe wird dann erst mit kondensierbaren Gasen belastet, wenn die Betriebstemperatur erreicht ist. So kann ihre Lebensdauer verlängert werden.

Gleichzeitig wird der Eiskondensator vorgekühlt ("Cool down"). Die Eiskondensatortemperatur hat keinen Einfluss auf die Produkttemperatur; der Eiskondensator dient ausschließlich zum Binden des freigesetzten Wasserdampfs.

#### 2.2.2.2 Gefrieren

Das zu trocknende Produkt wird zunächst eingefroren. Dies kann entweder direkt in der Gefriertrocknungsanlage oder in einem separaten Gefrierschrank erfolgen. Besonders bei geringen Füllmengen ist es zweckmäßig, die Stellflächen ebenfalls vorzukühlen, um ein Antauen während der Evakuierung zu vermeiden.

Man unterscheidet zwei grundsätzlich verschiedene Strukturen der gefrorenen Materialien:

- kristalline Strukturen mit eindeutig abgrenzbaren Eiskristallen
- amorphe Strukturen, bei der keinerlei Kristallgrenzen vorhanden sind (z.B. Glas)

Der überwiegende Teil der zu trocknenden Produkte entspricht der kristallinen Form.

Beim Einfrieren solcher Produkte ist zu beachten, dass zu tiefes und zu schnelles Einfrieren zu kleineren Eiskristallen führt, die sich negativ auf die Dauer des Trocknungsprozess auswirken.

Für jedes zu trocknende Produkt muss vorher der Erstarrungspunkt bestimmt werden. An diesem Punkt ist das im Produkt enthaltene Wasser vollständig kristallisiert. Für einen optimalen Ablauf der Gefriertrocknung sollte die Produkttemperatur ca. 10°C unter dem Erstarrungspunkt liegen.

#### 2.2.2.3 Haupttrocknung

Mit dem gefrorenen Produkt wird die Haupttrocknung gestartet. Die Vakuumpumpe wird zugeschaltet. Der Druck in der Trocknungskammer wird gemäß Dampfdruckkurve für Eis und Wasser (Sublimationsdruckkurve) auf den der Einfriertemperatur entsprechenden Wert gesenkt. Gleichzeitig wird dem Produkt Wärmeenergie zugeführt. Dies geschieht bei der Trocknung in Rundkolben, Weithalsflaschen, etc. durch die sehr viel wärmere Umgebung (direkte Kontaktwärme), bei unbeheizten Stellflächen durch Wärmeeinstrahlung aus der Umgebung und bei temperierbaren Stellflächen direkt durch die Stellflächen. Der Sublimationsprozess wird in Gang gesetzt.

Zu Beginn der Trocknung wird die maximale Trocknungsgeschwindigkeit erreicht. Je weiter sich die Sublimationsebene in das Produkt zurückzieht, desto weiter muss der anfallende Wasserdampf durch die bereits getrockneten Schichten geführt werden.

Unter Umständen ist es möglich, dass während der Haupttrocknung das Vakuum in der Eiskondensatorkammer bzw. in der Trocknungskammer ansteigt (z. B. von 0,63 mbar auf 0,47 mbar), obwohl das Ventil zur Vakuumpumpe geschlossen ist. Dies ist physikalisch auf die Pumpwirkung des Eiskondensators zurückzuführen ("Cryo-Pumping-Effect").

Die benötigte Trocknungszeit ist sehr stark vom Trocknungsvakuum abhängig. Ein Gramm Eis nimmt bei 1,0 mbar ein Volumen von 1 $m^3$ Dampf ein, bei 0,1 mbar ein Volumen von 10 $m^3$ Dampf, bei 0,001 mbar aber ein Volumen von 100 $m^3$. Je näher das Vakuum dem Erstarrungspunkt ist, desto geringer ist das anfallende Dampfvolumen. Die Sublimationsgeschwindigkeit erhöht sich, und die Trocknungszeit wird verkürzt.

#### 2.2.2.4 Nachtrocknung

Die Nachtrocknung ist eine Option, die immer dann verwendet wird, wenn man ein Produkt mit minimaler Restfeuchte erhalten will. Es handelt sich im physikalischen Sinn um eine → *Desorption*, d.h. die Entfernung adsorptiv gebundenen Wassers. Die Nachtrocknung wird unter tiefstmöglichem Enddruck durchgeführt, der von der Eiskondensatortemperatur entsprechend der Dampfdruckkurve für Eis und Wasser und von dem Endvakuum der eingesetzten Vakuumpumpe abhängt. Der Prozess wird unterstützt durch eine höhere Stellflächentemperatur.

#### 2.2.2.5 Trocknungsende und Belüften

Das Trocknungsende ist erreicht, wenn Produkt- und Stellflächentemperatur deutlich im positiven Bereich sind (+15 bis + 20°C) und nicht mehr als 5K voneinander abweichen.

Ein weiteres Indiz für das Erreichen des Trocknungsendes ist aus dem Verhalten des Vakuums und der Eiskondensatortemperatur abzuleiten. Der Eiskondensator wird nicht mehr belastet und erreicht die Endtemperatur von ca. -55°C bzw. -85°C. Der Druck in der Trocknungskammer sinkt entsprechend der Eiskondensatortemperatur.

Die Vakuumpumpe wird abgeschaltet und die Trocknungskammer über ein Gummiventil oder das Belüftungsventil belüftet. Die Anlage kann über das Belüftungsventil statt mit Umgebungsluft auch mit Stickstoff oder einem anderen Inertgas belüftet werden.

Anschließend kann das Produkt entnommen werden.

#### 2.2.2.6 Abtauen

**Abtauen mit Heißgas**

Die Gefriertrocknungsanlage ist standardmäßig mit einer Heißgasabtauung ausgerüstet. Zum Abtauen des Eiskondensators wird erwärmtes Kältemittel durch die Wendelung geleitet. Zusätzlich wird der Boden der Eiskondensatorkammer über eine Heizmanschette erwärmt.

Um Schäden zu vermeiden, muss das Kondensat sofort nach Ende des Abtauvorgangs über das Medienablaufventil abgelassen werden. Anschließend werden letzte Wasserrückstände mit einem Tuch aus der Eiskondensatorkammer entfernt.

# 3 Sicherheit

## 3.1 Beschilderung des Geräts

An Christ Gefriertrocknungsanlagen werden folgende Symbole verwendet:

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Gefährliche elektrische Spannung | I | Ein (Netzverbindung) |
| | Heiße Oberfläche | 0 | Aus (Netzverbindung) |
| | Vorsicht Quetschgefahr | | Typenschild (s. Kap. 2.1.2 - "Typenschild") |
| | Betriebsanleitung lesen | | mit natürlichen brennbaren Kältemitteln befüllt |
| | Schutzleiteranschluss | CE | CE-Zeichen gemäß Richtlinie 2006/42/EG |
| | Erde | | China RoHS 2-Zeichen (nur für China) |
| | Netzstecker ziehen | | |

| | |
|---|---|
| **HINWEIS** | Die Sicherheitshinweise an der Gefriertrocknungsanlage sind in lesbarem Zustand zu halten und ggf. zu erneuern. |
| **HINWEIS** | An diesem Anlagentyp werden nicht alle Beschilderungen verwendet. |

## 3.2 Symbol- und Hinweiserklärungen

In der Betriebsanleitung werden folgende Benennungen und Zeichen für Gefährdungen verwendet:

| | |
|---|---|
| **GEFAHR** | Dieses Symbol bedeutet eine **unmittelbare** drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen.<br><br>Das Nichtbeachten dieser Hinweise **hat** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen. |
| **GEFAHR** | Dieses Symbol bedeutet eine **unmittelbare** drohende Gefahr durch elektrische Spannung für das Leben und die Gesundheit von Personen.<br><br>Das Nichtbeachten dieser Hinweise **hat** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen. |
| **WARNUNG** | Dieses Symbol bedeutet eine **mögliche** drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen.<br><br>Das Nichtbeachten dieser Hinweise **kann** schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge haben, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen. |
| **VORSICHT** | Dieses Symbol bedeutet eine mögliche gefährliche Situation.<br>Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann leichte Verletzungen zur Folge haben oder zu Sachbeschädigungen führen. |
| **HINWEIS** | Dieses Symbol deutet auf wichtige Sachverhalte hin. |

## 3.3 Verantwortung des Betreibers

Betreiber ist diejenige Person, die die Gefriertrocknungsanlage zu gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken selbst betreibt oder einem Dritten zur Nutzung überlässt und während des Betriebs die rechtliche Produktverantwortung für den Schutz des Benutzers, des Personals oder Dritter trägt.

**Bedienpersonal**

Der Betreiber verpflichtet sich,

- nur Personal an der Gefriertrocknungsanlage arbeiten zu lassen, das
  - mindestens 18 Jahre alt ist,
  - vom Betreiber hierzu speziell beauftragt wurde,
  - in die Bedienung dieser Anlage eingewiesen wurde,
  - eine Unterweisung über die Gefahren, die von der Anlage, den Versorgungsmedien und den Ausgangs- und Endprodukten ausgehen sowie über das Verhalten bei Unfällen und Störungen und die dabei zu treffenden Maßnahmen erhalten hat,
  - mit den grundlegenden Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung vertraut ist,
  - diese Betriebsanleitung (insbesondere die Sicherheitskapitel und die Warnhinweise) und die mitgeltenden Dokumente (s. Kap. 1.2 - "Mitgeltende Dokumente") gelesen und verstanden und dies durch seine Unterschrift bestätigt hat.
- die Zuständigkeiten des Personals für das Bedienen, Warten und Instandhalten klar festzulegen.
- Standardarbeitsanweisungen (SOP) für die Verarbeitung des jeweiligen Produktes in der Gefriertrocknungsanlage zur Verfügung zu stellen (siehe unten, Absatz "Arbeitsbereich").
- das sicherheitsbewusste Arbeiten des Personals unter Beachtung der Betriebsanleitung und die Einhaltung der EG-Richtlinien zum Arbeitsschutz, nationaler Gesetze zum Arbeitsschutz und der Unfallverhütungsvorschriften in regelmäßigen Abständen (z.B. monatlich) zu überprüfen.

**Arbeitsbereich**

Der Betreiber muss

- eine Risikobetrachtung hinsichtlich möglicher Unglücksfälle im Umfeld der Gefriertrocknungsanlage durchführen und gegebenenfalls konstruktive Gegenmaßnahmen ergreifen.
- nach Aufstellung der Anlage den Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des Bedienpersonals überprüfen. Dieser hängt von den örtlichen Bedingungen ab (z.B. Reflexionsschall von der Decke und den umgebenden Wänden, Fremdgeräuschen). Gegebenenfalls muss das Bedienpersonal entsprechend den geltenden gesetzlichen Vorgaben mit geeigneten Schutzausrüstungen oder Schutzmaßnahmen abgesichert werden, um Lärmschwerhörigkeit zu vermeiden.
- eine Risikobeurteilung hinsichtlich der spezifischen Gefahren, die mit der Verarbeitung des jeweiligen Produktes in der Gefriertrocknungsanlage verbunden sind, durchführen (z.B. Zünd-/ Explosionsgefahr, Austritt schädlicher Produktreste an den Auslässen der Kammer) und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen ergreifen.

- eine Verträglichkeitsprüfung aller in der Gefriertrocknungsanlage verwendeten Substanzen (sowohl zu trocknende Produkte als auch Reinigungsmittel etc.), die mit Kammerwänden, Stellflächen, Leitungen und Dichtungen in Berührung kommen, durchführen. Substanzen, die den Werkstoff schädigen oder die mechanische Festigkeit schwächen, dürfen nicht verwendet werden.
- sicherstellen, dass die Gefriertrocknungsanlage mit einer der von Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH zugelassenen Vakuumpumpen betrieben wird (s. Kap. 5.2.4 - "Vakuumpumpen").
- die Anlage regelmäßig warten lassen (s. Kap. 8 - "Wartung und Instandhaltung").
- die Sicherheitseinrichtungen regelmäßig auf korrekte Funktion überprüfen lassen (s. Kap. 3.8 - "Sicherheitseinrichtungen")
- Anlagenteile in nicht einwandfreiem Zustand sofort austauschen zu lassen.

### 3.3.1 Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte

Hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit ist die Verwendung einiger organischer Lösungsmittel in wässrigen Lösungen mit einer niedrigen Konzentration akzeptabel.

Bei der Trocknung von lösungsmittelhaltigen Produkten kann unter bestimmten Umständen ein zündfähiges Gemisch entstehen. Aus diesem Grund muss der Betreiber eine Betriebsanweisung/SOP erstellen, die exakte Anweisungen

- hinsichtlich der Deaktivierung bestimmter Ausstattungsmerkmale enthält (s. Kap. 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)"),
- hinsichtlich der Überprüfung der Gefriertrocknungsanlage auf Schädigungen durch das verwendete Lösungsmittel enthält (siehe (s. Kap. 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)").

Der Betreiber stellt sicher, dass bei der Verwendung von Stickstoff als Belüftungs-/Inertisierungsmedium in dem Raum, in dem die Anlage betrieben wird, ein ausreichender Luftaustausch gewährleistet ist.

## 3.4 Personalanforderungen

GEFAHR

**Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation des Personals**

Wenn unqualifiziertes Personal Arbeiten an der Gefriertrocknungsanlage durchführt oder sich im Gefahrenbereich der Gefriertrocknungsanlage aufhält, entstehen Gefahren, die schwere Verletzungen und erheblich Sachschäden verursachen können.

- Alle Tätigkeiten nur durch dafür qualifiziertes Personal durchführen lassen.
- Unqualifiziertes Personal von den Gefahrenbereichen fernhalten.

GEFAHR

**Lebensgefahr für Unbefugte durch Gefahren im Gefahren- und Arbeitsbereich**

Unbefugte Personen, die die hier beschriebenen Anforderungen nicht erfüllen, kennen die Gefahren im Arbeitsbereich nicht. Daher besteht für Unbefugte die Gefahr schwerer Verletzungen bis hin zum Tod.

- Unbefugte Personen vom Gefahren- und Arbeitsbereich fernhalten.
- Im Zweifel Personen ansprechen und sie aus dem Gefahren- und Arbeitsbereich weisen.
- Die Arbeiten unterbrechen, solange sich Unbefugte im Gefahren- und Arbeitsbereich aufhalten.

In dieser Anleitung werden die im Folgenden aufgeführten Qualifikationen des Personals für die verschiedenen Tätigkeitsbereiche benannt:

**Bedienpersonal (Benutzer)**

Bedienpersonal bedient und überwacht die Gefriertrocknungsanlage im Normalbetrieb im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung. Bei Fehlfunktionen und Problemen benachrichtigt es das zuständige Fachpersonal.

Die Anlage darf nur bedienen, wer

- mindestens 18 Jahre alt ist,
- vom Betreiber hierzu speziell beauftragt wurde,
- in die Bedienung dieser Anlage eingewiesen wurde,
- eine Unterweisung über die Gefahren, die von der Anlage, den Versorgungsmedien und den Ausgangs- und Endprodukten ausgehen sowie über das Verhalten bei Unfällen und Störungen und die dabei zu treffenden Maßnahmen erhalten hat,
- mit den grundlegenden Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung vertraut ist,
- diese Betriebsanleitung (insbesondere die Sicherheitskapitel und die Warnhinweise) und die mitgeltenden Dokumente (s. Kap. 1.2 - "Mitgeltende Dokumente") gelesen und verstanden und dies durch seine Unterschrift bestätigt hat.

**Fachpersonal**

Fachpersonal ist aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrung sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen in der Lage, die ihm übertragenen Arbeiten auszuführen und mögliche Gefahren selbständig zu erkennen und zu vermeiden.

**Elektrofachkraft**

Die Elektrofachkraft ist aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Normen und Bestimmungen in der Lage, Arbeiten an elektrischen Anlagen auszuführen und mögliche Gefahren selbständig zu erkennen und zu vermeiden.

## 3.5 Informelle Sicherheitshinweise

Die Betriebsanleitung ist Teil des Produktes.

- Die Betriebsanleitung ist ständig am Standort der Gefriertrocknungsanlage aufzubewahren und muss jederzeit einsehbar sein.
- Die Betriebsanleitung muss an jeden nachfolgenden Besitzer oder Benutzer der Gefriertrocknungsanlage weitergegeben werden.
- Jede erhaltene Änderung, Ergänzung oder Aktualisierung ist der Betriebsanleitung beizufügen.
- Ergänzend zur Betriebsanleitung sind die allgemeingültigen sowie die betrieblichen Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz bereitzustellen.
- Alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise an der Gefriertrocknungsanlage sind in lesbarem Zustand zu halten und ggf. zu erneuern.

## 3.6 Sicherheitshinweise zu Transport, Aufstellung und Anschluss und Inbetriebnahme

Zum Schutz von Personen und Sachen sind die folgenden Hinweise unbedingt zu beachten.

### 3.6.1 Allgemeine Gefahren

**WARNUNG**

**Allgemeine Verletzungsgefahr**

Zu den allgemeinen Gefahren während Transport, Aufstellung und Anschluss und Inbetriebnahme der Anlage zählen Stoß, Quetschen, Abschürfen, Schneiden usw.

Es kann zu schweren Verletzungen kommen.

- Grundlegende Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung beachten!
- Persönliche Schutzausrüstung tragen (Sicherheitsschuhe, Arbeitshandschuhe, ggf. Schutzhelm)!

### 3.6.2 Gefahren durch unsachgemäßen Transport

GEFAHR

**Verletzungsgefahr durch sich unkontrolliert bewegende Lasten**

Nicht ordnungsgemäß gesicherte Anlagen oder Zubehörteile können z.B. verrutschen oder umstürzen.

Es kann zu schwerwiegenden Gesundheitsschäden bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Den Schwerpunkt der Gefriertrocknungsanlage beachten (außerhalb der Mitte)!
- Vor dem Transport der Gefriertrocknungsanlage Kapitel 4 - "Lagerung und Transport" aufmerksam lesen!

### 3.6.3 Gefahren durch unsachgemäße Aufstellung

WARNUNG

**Verletzungsgefahr durch schlechte Zugänglichkeit der Anlage**

An engen und schlecht zugänglichen Aufstellorten können Ecken und Kanten in den Arbeitsbereich hineinragen.

Es kann zu Verletzungen durch Stoß oder Abschürfen kommen.

- Gefriertrocknungsanlage frei zugänglich aufstellen!
- Grundlegende Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung beachten!

### 3.6.4 Gefahren durch unsachgemäßen Anschluss

WARNUNG

**Verletzungsgefahr durch Medienaustritt oder andere Folgen unsachgemäß ausgeführter Anschlüsse**

Nicht ordnungsgemäß ausgeführte Anschlüsse können zu einem späteren Zeitpunkt beim Betrieb der Anlage zu einem elektrischen Störfall oder zum Austritt von Medien (je nach Ausstattung der Anlage z.B. heißes Wasser, Stickstoff, Wasserstoffperoxid) führen.

Es kann zu schwerwiegenden Gesundheitsschäden bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Die Ver- und Entsorgungsanschlüsse durch fachkundiges Personal unter Beachtung der entsprechenden Anschlussspezifikationen herstellen lassen (siehe Hinweise in Kapitel 5.2 - "Ver- und Entsorgungsanschlüsse" und Kapitel 10 - "Technische Daten")!
- Anschlüsse zu den bauseitigen Rohrleitungen kraft- und momentenfrei ausführen!

### 3.6.5 Gefahren bei der ersten Inbetriebnahme

WARNUNG

**Verletzungsgefahr durch Folgen von Transportschäden oder unsachgemäß ausgeführten Anschlüssen (z.B. Medienaustritt).**

Undichtigkeiten nach Transport, Aufstellung und Anschluss der Anlage können bei der ersten Inbetriebnahme z. B. zum Austritt von Medien führen (je nach Ausstattung der Anlage z. B. Kältemittel, Wärmeträgermedium, Hydrauliköl, Stickstoff, Wasserstoffperoxid).

Es kann zu schweren Gesundheitsschäden bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Vor der ersten Inbetriebnahme müssen alle Ver- und Entsorgungsanschlüsse durch fachkundiges Personal auf Dichtigkeit geprüft werden.

## 3.7 Sicherheitshinweise zum Betrieb

Zum Schutz von Personen und Sachen sind die folgenden Hinweise zum Betrieb der Anlage unbedingt zu beachten.

### 3.7.1 Gefahren durch Elektrizität

**GEFAHR**

**Lebensgefahr durch elektrischen Schlag**

Bei Berührung stromführender Bauteile besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags.

Es kann zu Herzkammerflimmern, Herzstillstand oder Atemlähmung kommen.

- Arbeiten am elektrischen System der Anlage nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen!
- Die elektrische Ausrüstung der Anlage in regelmäßigen Abständen durch eine Elektrofachkraft überprüfen lassen!
- Mängel wie lose Verbindungen bzw. beschädigte Kabel sofort beseitigen lassen!

### 3.7.2 Gefahren durch das Kältesystem

**GEFAHR**

**Erstickungsgefahr durch Kältemittel**

Bei Arbeiten am Kältesystem der Anlage kann Kältemittel in flüssigem oder gasförmigem Zustand und unter hohem Druck austreten. Gasförmiges Kältemittel ist schwerer als Luft und kann sich am Boden und in Gruben in höheren Konzentrationen sammeln.

Hohe Konzentrationen können Ersticken verursachen. Symptome können Verlust der Bewegungsfähigkeit und des Bewusstseins sein. Betroffene bemerken das Ersticken nicht.

- Arbeiten am Kältesystem nur von qualifiziertem Fachpersonal ausführen lassen!
- Bei Arbeiten am Kältesystem für gute Belüftung/Absaugung sorgen!

**WARNUNG**

**Gefahr von Kaltverbrennungen bzw. Erfrierungen durch Kältemittel**

Bei Arbeiten am Kältesystem der Anlage kann Kältemittel in flüssigem oder gasförmigem Zustand und unter hohem Druck austreten.

Bei Kontakt von flüssigem Kältemittel mit der Haut kann es zu Kaltverbrennungen bzw. Erfrierungen kommen.

- Arbeiten am Kältesystem nur von qualifiziertem Fachpersonal ausführen lassen!

**WARNUNG**

**Explosionsgefahr durch Kältemittel**

Die verwendeten natürlichen Kältemittel sind hochentzündlich und können bei entsprechender Konzentration in der Raumluft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Es besteht Explosionsgefahr.

- Arbeiten an den Kältesystem der Anlage nur von qualifiziertem Fachpersonal durchführen lassen, das für den Umgang mit brennbaren Kältemitteln ausgebildet ist!
- Für gute Belüftung sorgen und sicherstellen, dass keinerlei Zündquellen (z.B. Lötkolben, Schweißgerät) vorhanden sind!

### 3.7.3 Gefahren durch das Hydrauliksystem

**GEFAHR**

**Gefahr einer Hochdruckinjektion durch Hydrauliköl**

Bei Arbeiten am Hydrauliksystem der Anlage oder durch Alterung der Schlauchleitungen kann Hydrauliköl unter hohem Druck austreten.

Aufgrund des hohen Drucks kann das Öl die Haut durchdringen. Es kann zu schweren Verletzungen kommen; dabei besteht die Gefahr einer Embolie.

- Arbeiten am Hydrauliksystem der Anlage nur von qualifiziertem Fachpersonal durchführen lassen!
- Hydraulik-Schlauchleitungen in angemessenen Zeitabständen (abhängig von den Betriebsbedingungen und unter Berücksichtigung der Herstellervorgaben und -empfehlungen) auswechseln lassen, auch wenn keine sicherheitsrelevanten Mängel erkennbar sind!

### 3.7.4 Gefahren durch Stickstoff

**GEFAHR**

**Erstickungsgefahr durch Stickstoff**

Bei der Belüftung der Kammer mit Stickstoff kann das Gas durch Öffnungen im System (z.B. nicht korrekt angeschlossene Zuleitung, nicht korrekt geschlossene Beladetür) austreten.

Hohe Konzentrationen können Ersticken verursachen. Symptome können Verlust der Bewegungsfähigkeit und des Bewusstseins sein. Betroffene bemerken das Ersticken nicht.

- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur mit korrekt installierter Stickstoff-Zuleitung betrieben werden!
- Arbeiten an den Stickstoffleitungen nur von qualifiziertem Fachpersonal ausführen lassen!

### 3.7.5 Gefahren durch gesundheitsschädliche Ausgangsprodukte

**GEFAHR**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch die Ausgangsprodukte**

Beim Be- und Entladen der Stellflächen ist das Personal dem Produkt ausgesetzt.

Durch Kontakt mit der Haut oder Einatmen von Partikeln kann es produktabhängig zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen

  oder
- ein Isolatorsystem an der Anlage verwenden!

**GEFAHR**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch die Ausgangsprodukte**

Bei Wartungsarbeiten an produktberührten Teilen (z.B. alle Teile im Inneren der Kammern, Vakuumpumpe) kann das Personal Produktrückständen ausgesetzt sein.

Durch Kontakt mit der Haut oder Einatmen von Partikeln kann es produktabhängig zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Vor Beginn von Wartungsarbeiten geeignete Maßnahmen zur Dekontamination durchführen!
- Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen!

### 3.7.6 Gefahren durch Lösungsmittel in den Ausgangsprodukten

**GEFAHR**

**Explosionsgefahr durch Lösungsmittel in den Ausgangsprodukten**

Bei der Trocknung von lösungsmittelhaltigen Ausgangsprodukten kann es zur Bildung von Gasgemischen kommen, die sich an bestimmten Komponenten der Anlage entzünden können.

Es besteht Explosionsgefahr.

- Lösungsmittel, die nicht in der Tabelle in Kapitel 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)" aufgeführt sind, oder die aufgeführten Lösungsmittel in einer höheren Konzentration als 10 Vol-%, dürfen nicht verwendet werden!
- Sicherheitsdatenblätter der eingesetzten Stoffe beachten!

### 3.7.7 Gefahren durch säurehaltige Ausgangsprodukte

**GEFAHR**

**Verletzungsgefahr durch säurehaltige Ausgangsprodukte**

Säurehaltige Ausgangsprodukte können Materialschäden an den Komponenten der Gefriertrocknungsanlage verursachen und die mechanische Festigkeit beeinträchtigen.

Es besteht die Gefahr von Gesundheitsschäden.

- Säurehaltige Ausgangsprodukte nur unter Verwendung spezieller Schutzmaßnahmen und apparativer Vorkehrungen trocknen! Wenden Sie sich hierzu an unser Fachpersonal.
- Sicherheitsdatenblätter der eingesetzten Stoffe beachten!

### 3.7.8 Gefahren durch azidhaltige Ausgangsprodukte

| | |
|---|---|
| <br>**GEFAHR** | **Explosionsgefahr durch azidhaltige Ausgangsprodukte**<br>Azide bilden in Verbindung mit Buntmetallen (z. B. Kupfer, Messing, Bronze), die in Leitungssystemen oder z.B. der Vakuumpumpe verbaut sein können, explosionsfähige Metallazide. Zudem können sich beim Belüften nach Trocknungsende explosionsfähige Staub-Luft-Gemische bilden.<br>Es besteht Explosionsgefahr.<br>• Azidhaltige Ausgangsprodukte dürfen nicht ohne besondere Schutzmaßnahmen und apparative Vorkehrungen (z.B. spezielle Vakuumpumpe) und nur nach Einzelfalluntersuchung und schriftlicher Genehmigung der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH getrocknet werden! |
| <br>**GEFAHR** | **Vergiftungsgefahr durch azidhaltige Ausgangsprodukte**<br>Beim Be- und Entladen der Stellflächen ist das Personal dem Produkt ausgesetzt.<br>Durch Kontakt mit der Haut oder Einatmen von Partikeln kann es produktabhängig zu schweren Gesundheitsschäden kommen. Beim Einatmen besteht die Gefahr eines Lungenödems.<br>• Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen<br>oder<br>• ein Isolatorsystem an der Anlage verwenden! |
| <br>GEFAHR | **Vergiftungsgefahr durch azidhaltige Ausgangsprodukte**<br>Bei Wartungsarbeiten an produktberührten Teilen (z.B. alle Teile im Inneren der Kammern, Vakuumpumpe) kann das Personal Produktrückständen ausgesetzt sein.<br>Durch Kontakt mit der Haut oder Einatmen von Partikeln kann es produktabhängig zu schweren Gesundheitsschäden kommen. Beim Einatmen besteht die Gefahr eines Lungenödems.<br>• Vor Beginn von Wartungsarbeiten geeignete Maßnahmen zur Dekontamination durchführen!<br>• Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen! |

### 3.7.9 Gefahren durch kontaminiertes Kondensat (Abtauwasser)

| | |
|---|---|
| <br>**WARNUNG** | **Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Kondensat (Abtauwasser)**<br>Das Kondensat kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.<br>Durch Kontakt mit dem Kondensat kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.<br>• Kondensat unter Beachtung der örtlichen Bestimmungen umweltgerecht entsorgen!<br>• Bei Wartungsarbeiten am Ablaufsystem (insbesondere bei der Reinigung der Ventile und beim Dichtungswechsel) geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen! |

### 3.7.10 Ölgedichtete Vakuumpumpe: Gefahren durch kontaminierte Vakuumpumpenabgase

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch kontaminierte Vakuumpumpenabgase**

Die Vakuumpumpenabgase können gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Einatmen kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur mit einer fachgerecht an den Ausgang der Vakuumpumpe bzw. des Ölnebelabscheiders angeschlossenen und über Dach ins Freie geführten Rohrleitung betrieben werden!
- Abhängig vom verarbeiteten Produkt ggf. eine geeignete Filtereinrichtung in der Abgasleitung installieren!
- Die örtlichen Bestimmungen zum Umweltschutz beachten!

### 3.7.11 Ölgedichtete Vakuumpumpe: Gefahren durch heißes und kontaminiertes Vakuumpumpenöl

**WARNUNG**

**Verbrühungsgefahr durch Vakuumpumpenöl**

Bei Arbeiten an der Vakuumpumpe und am Abgasfilter (insbesondere beim Öl- und Filterwechsel) ist das Personal dem heißen Vakuumpumpenöl ausgesetzt.

Bei Kontakt mit der Haut kann es zu Verbrühungen kommen.

- Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!
- Geeignetes Auffanggefäß verwenden!

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Vakuumpumpenöl**

Bei Arbeiten an der Vakuumpumpe und am Abgasfilter (insbesondere beim Öl- und Filterwechsel) ist das Personal dem Vakuumpumpenöl ausgesetzt, das gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten kann. Synthetische Öle können zudem beim Erhitzen über 300°C und beim Anzünden giftige Gase freisetzen.

Durch das Einatmen von Dämpfen, die aus dem Öl austreten, oder durch Kontakt mit der Haut kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!
- Öl unter Beachtung der örtlichen Bestimmungen umweltgerecht entsorgen!
- Öl nicht mit Tabakwaren in Berührung bringen!

### 3.7.12 Trockenlaufende Vakuumpumpe: Gefahren durch kontaminierte Abluft

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Abluft**

Die Abluft kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit Partikeln aus der Abluft (insbesondere durch Einatmen) kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Einen Schalldämpfer mit integrierten Filterelementen verwenden oder – abhängig vom Produkt – die Abgase vom Ausgang der Vakuumpumpe einer geeigneten Aufbereitungsanlage zuführen, um den Austritt von gesundheitsschädlichen Stoffen in die Umgebungsatmosphäre zu verhindern! Die nationalen Vorschriften zum Umweltschutz beachten!
- Bei allen Arbeiten am Vakuumsystem (insbesondere der Vakuumpumpe) abhängig vom verarbeitenden Produkt gegebenenfalls geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

### 3.7.13 Gefahren durch Lärm

**GEFAHR**

**Gefahr von Lärmschwerhörigkeit**

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten kann ein erhöhter Schalldruckpegel auftreten.

Ein hoher Schalldruckpegel kann Lärmschwerhörigkeit verursachen.

- Gegebenenfalls geeigneten Gehörschutz tragen!

### 3.7.14 Gefahren durch die Beladetür

**GEFAHR**

**Quetschgefahr durch Bewegung der Beladetür**

Die Beladetür ist aufgrund ihrer Masse relativ träge.

Es besteht die Gefahr einer Quetschung von Körperteilen zwischen Tür und Kammerfront.

- Zum Schließen der Beladetür den Knebelgriff anfassen und das Türblatt langsam bewegen. Beladetür nicht an der Kante anfassen!
- Tür durch Drehen des Knebelgriffs verriegeln!

### 3.7.15 Gefahren durch Stellflächen

**GEFAHR**

**Quetschgefahr durch Bewegung der Stellflächen**

Die Stellflächen können hydraulisch auf- und abwärts bewegt werden. Zudem können die Stellflächen bei einem Schaden am Hydrauliksystem unkontrolliert absacken.

Es besteht die Gefahr einer Quetschung von Körperteilen unter und zwischen den Stellflächen.

- Während des Verfahrens nicht in die Kammer greifen!
- Die Zwei-Hand-Steuerung der Stellflächenverfahrenseinrichtung und die Türkontaktschalter (wenn vorhanden) nicht manipulieren, entfernen oder anderweitig außer Funktion setzen!

### 3.7.16 Gefahren durch heiße Oberflächen

WARNUNG

**Verbrennungsgefahr an heißen Oberflächen des Anlagengehäuses**

Während des Betriebs der Anlage und eine halbe Stunde danach können die äußeren Oberflächen der Anlage (insbesondere Aggregate und Leitungen) heiß sein.

Bei Berührung der Oberflächen kann es zu Verbrennungen kommen.

- Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!
- Die Oberflächen nicht vorsätzlich berühren!
- Vor Wartungsarbeiten insbesondere an der Vakuumpumpe oder dem Ölnebelfilter die Komponenten abkühlen lassen!

WARNUNG

**Verbrennungsgefahr an heißen Oberflächen innerhalb der Kammer**

Nach einem Trocknungsprozess können die Oberflächen im Inneren der Kammer (Kammerwände, Stellflächen, Zwischenventil usw.) heiß sein.

Bei Berührung der Oberflächen kann es zu Verbrennungen kommen.

- Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!
- Die Oberflächen nicht vorsätzlich berühren!
- Vor Wartungsarbeiten die Komponenten abkühlen lassen!

### 3.7.17 Gefahren durch kalte Oberflächen

WARNUNG

**Gefahr des Anfrierens an kalten Oberflächen**

Stellflächen und Eiskondensatorschlangen können während der Beladung bereits kalt sein.

Bei Berührung der Oberflächen kann die Haut daran anfrieren.

- Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!
- Die Oberflächen nicht vorsätzlich berühren!

### 3.7.18 Gefahren durch Überdruck in der Kammer

GEFAHR

**Verletzungsgefahr durch Bersten der Kammer**

Die Kammer der Gefriertrocknungsanlage ist für Vakuum ausgelegt. Sie ist kein Druckgefäß! Im Störfall kann sich in der Kammer ein unzulässiger Überdruck aufbauen, der zum Bersten der Kammer führen kann.

Es kann zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Die Gefriertrocknungsanlage darf niemals mit Überdruck betrieben werden!
- Die bauseitige Installation einer ausreichend dimensionierten Druckabsicherung (z.B. über ein Sicherheitsventil oder eine Berstscheibe) wird dringend empfohlen.

## 3.8 Sicherheitseinrichtungen

**WARNUNG**

Die Sicherheitseinrichtungen wurden installiert, um das Bedienpersonal vor Verletzungen zu schützen.

Sind nicht alle Sicherheitseinrichtungen voll funktionsfähig **und** alle Bedienelemente frei zugänglich, kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Die sicherheitsrelevanten Bedienelemente (Hauptschalter, Steuerungsschalter, Standby-Schaltfläche) jederzeit frei zugänglich halten!
- Die Sicherheitseinrichtungen nicht manipulieren, entfernen oder anderweitig außer Betrieb setzen!
- Die Sicherheitseinrichtungen entsprechend den jeweils geltenden nationalen und internationalen Gesetzen, Vorschriften und Regeln zur Unfallverhütung und zum Arbeitsschutz regelmäßig auf korrekte Funktion überprüfen!

**Hauptschalter (Netztrennschalter) und Steuerungsschalter**

Position siehe Kapitel 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente"

Der Hauptschalter ermöglicht es, die Gefriertrocknungsanlage von der Netzspannung zu trennen. Alle automatischen Ventile werden geschlossen, alle Aggregate werden ausgeschaltet. Ein laufender Prozess wird pausiert und kann später fortgesetzt werden.

Durch Betätigen des Steuerungsschalters wird der Steuerstromkreis spannungsfrei geschaltet.

**Zwei-Hand-Bedienung der Stellflächenverfahrenseinrichtung**

siehe auch Kapitel 6.6.1 - "Verfahren der Stellflächen"

Bei offener Beladetür ist zum Bewegen der Stellflächen der Verfahrtaster "Auf" oder "Ab" zusammen mit dem Sicherheitstaster "Freigabe" gedrückt zu halten, um die Gefahr einer Quetschung durch die Stellflächen auszuschließen (Zwei-Hand-Bedienung). Die Verfahrbewegung stoppt sofort, wenn der Verfahrtaster oder der "Freigabe"-Taster losgelassen wird.

## 3.9 Verhalten bei Gefahren und Unfällen

**Gefährlicher elektrischer Störfall:**

- Hauptschalter **und** Steuerungsschalter der Anlagensteuerung auf "OFF" bzw. "0" stellen, um die Spannungsversorgung komplett zu unterbrechen.

**Feuer:**

- Brand im elektrischen System mit $CO_2$-Löscher löschen!
- Brennendes Öl mit $CO_2$-Löscher oder Pulverlöscher löschen!

**Verletzungen durch unter hohem Druck austretende Flüssigkeiten (z.B. Hydrauliköl):**

- Unter hohem Druck austretende Flüssigkeiten wie z.B. Hydrauliköl können die Haut durchdringen und schwere Verletzungen verursachen. **Sofort einen Arzt hinzuziehen, es besteht Emboliegefahr!**

**Bewusstlosigkeit/Bewegungsunfähigkeit durch Stickstoff oder Kältemittel:**

- Unter Beachtung des **Selbstschutzes** (z.B. umluftunabhängiges Atemgerät) Betroffene an die frische Luft bringen, warm und ruhig halten. **Sofort einen Arzt hinzuziehen!** Bei Atemstillstand künstlich beatmen.

**Elektrischer Schlag:**

- Unter Beachtung des **Selbstschutzes** den Stromkreis so schnell wie möglich unterbrechen (Hauptschalter und Steuerungsschalter betätigen). Betroffene warm und ruhig halten. **Sofort einen Arzt hinzuziehen!** Bewusstsein und Atmung ständig überwachen. Bei Bewusstlosigkeit und fehlender normaler Atmung Herz-Lungen-Wiederbelebung durchführen.

**Verbrennungen:**

- Kleinflächige Verbrennungen (z. B. Finger) sofort ca. 2 Minuten mit kaltem Wasser abkühlen.
- Größere verbrannte Körperoberflächen sollen aufgrund der daraus resultierenden Gefahr der Unterkühlung nicht gekühlt werden.
- Brandwunden locker und keimfrei bedecken (z.B. mit einem Verbandtuch).
- Betroffene warm und ruhig halten.

**Verätzungen (z.B. durch $H_2O_2$):**

- Augen:
  Mindestens 15 Minuten lang bei geöffnetem Lidspalt mit reichlich Wasser spülen (Augenspülflasche). **Sofort einen Augenarzt hinzuziehen**, auch wenn keine unmittelbaren Symptome auftreten. Beim Transport zum Augenarzt möglichst weiter spülen.
- Atemwege:
  Betroffene unter Benutzung eines **geeigneten Atemschutzes** an die frische Luft bringen, warm und ruhig halten. **Sofort einen Arzt hinzuziehen!** Bei unregelmäßiger Atmung oder Atemstillstand künstlich beatmen.
- Haut:
  Mit reichlich Wasser abwaschen. Kontaminierte Kleidung entfernen. Betroffene Hautpartien mindestens 10 Minuten unter fließendem Wasser spülen. **Sofort einen Arzt hinzuziehen!**
- Mund und Speiseröhre:
  Niemals einer ohnmächtigen Person etwas durch den Mund einflößen. Mund mit Wasser ausspülen. Bei erhaltenem Bewußtsein: Viel Wasser trinken lassen (maximal 2 Trinkgläser). Kein Erbrechen auslösen. Bei Spontanerbrechen den Kopf des Betroffenen in Bauchlage tief halten, um das Eindringen von Flüssigkeiten in die Luftwege zu verhüten. **Sofort einen Arzt hinzuziehen!**

**IM ZWEIFEL IMMER DEN NOTARZT VERSTÄNDIGEN!**

## 3.10 Wartung und Reinigung der Gefriertrocknungsanlage

Verwendete Stoffe und Materialien sind sachgerecht zu handhaben und zu entsorgen (Sicherheitsdatenblätter beachten!), insbesondere

- bei Arbeiten mit Lösungsmitteln, Laugen und Säuren,
- beim Wechseln und Auffüllen von Betriebsmitteln.

Die nationalen Vorschriften sind zu beachten.

## 3.11 An- und Umbauten an der Gefriertrocknungsanlage

Alle An- und Umbauten an der Anlage bedürfen einer schriftlichen Genehmigung der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH.

## 3.12 Maßnahmen zum sicheren Betrieb der Gefriertrocknungsanlage

Um einen sicheren Betrieb der Gefriertrocknungsanlage zu gewährleisten, sind vor jeder Trocknung folgende Maßnahmen unbedingt zu beachten:

**Aufstellung, Anschluss und Betrieb**

- Ordnungsgemäße Aufstellung und korrekten Anschluss der Gefriertrocknungsanlage überprüfen (s. Kap. 5 - "Aufstellung und Anschluss").
- Gefriertrocknungsanlage und Zubehör vor jeder Inbetriebnahme auf äußerlich erkennbare Schäden überprüfen.
- Gefriertrocknungsanlage während des Betriebs nicht anstoßen oder bewegen.
- Während des Betriebs nicht auf der Gefriertrocknungsanlage abstützen oder an die Anlage anlehnen.
- Gefriertrocknungsanlage bei Funktionsstörungen sofort außer Betrieb nehmen. Störungen beseitigen (s. Kap. 7 - "Störungen und Fehlersuche") oder ggf. den Service der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH verständigen (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").
- Reparaturen ausschließlich von autorisiertem Fachpersonal durchführen lassen.

**Brandschutz**

- Bestimmte elektrische Kreisläufe der Gefriertrocknungsanlage sind durch Sicherungen geschützt. Beim Austausch immer Sicherungen desselben Typs und derselben Stärke verwenden.

**Sicherheitsbereich**

- Grundsätzlich einen Sicherheitsbereich von mindestens 30 cm um die Gefriertrocknungsanlage freihalten.
- Niemals Gefahrenstoffe jeglicher Art im Sicherheitsbereich der Gefriertrocknungsanlage lagern.
- Kein potentiell gefährliches Material wie z. B. Glasgefäße mit Flüssigkeiten im Sicherheitsbereich abstellen. Verschüttete Flüssigkeiten können in die Anlage eindringen und elektrische oder mechanische Bauteile beschädigen.
- Personen dürfen sich nicht länger als für den Betrieb notwendig im Sicherheitsbereich der Gefriertrocknungsanlage aufhalten.

**Zubehör**

- Gefriertrocknungsanlage niemals mit Zubehör betreiben, das Beschädigungen aufweist.
- Nur von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH zugelassenes Zubehör verwenden, mit Ausnahme handelsüblicher Gefäße aus Glas oder Kunststoff. Vor der Benutzung von minderwertiger Handelsware wird ausdrücklich gewarnt! Glasbruch oder platzende Gefäße können während der Gefriertrocknung gefährliche Zustände erzeugen.

**Umgang mit Gefahrstoffen**

- Die allgemein gültigen Vorschriften für den Umgang mit brennbaren Stoffen in Laboren bzw. am Arbeitsplatz sind zu beachten.
- Bei der Vorbereitung der Proben, dem Beladen und Entladen der Gefriertrocknungsanlage und beim Abtauen sind geeignete Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen.
- Je nach verwendetem Lösungsmittel sollte das Abtauen mit Heißgas vermieden werden.
- Vorsicht beim Umgang mit Gefahrstoffen wie starken Säuren oder Basen, radioaktiven Substanzen und flüchtigen organischen Verbindungen: Wenn derartige Substanzen auslaufen oder verschüttet werden, müssen sie unverzüglich beseitigt werden.
- Wenn eine Probe mit Gefahrstoffen wie starken Säuren oder Basen, radioaktiven Substanzen und flüchtigen organischen Verbindungen mit Inneren einer Kammer ausläuft oder verschüttet wird, muss sie unverzüglich beseitigt werden.
- Vorsicht beim Umgang mit Lösungsmitteln: Zündquellen müssen ferngehalten werden.
- Bei der Verwendung von brennbaren oder gefährlichen Lösungsmitteln muss die Vakuumpumpe in einem Abzug entlüftet bzw. betrieben werden.

## 3.13 Restrisiken

Christ Gefriertrocknungsanlagen sind nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch können bei ihrer Verwendung Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen am Gerät oder an anderen Sachwerten entstehen.

- Die Gefriertrocknungsanlage ist nur bestimmungsgemäß zu verwenden (s. Kap. 1.3 - "Bestimmungsgemäße Verwendung")
- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur in einwandfreiem Zustand betrieben werden.
- Alle Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen, sind sofort zu beseitigen.

# 4 Lagerung und Transport

## 4.1 Abmessungen und Gewicht

| Epsilon 2-10D LSCplus | |
|---|---|
| Höhe: | 1.303 mm |
| Breite: | 1.190 mm |
| Tiefe: | 968 mm inkl. Vakuumanschluss |
| Gewicht: | ca. 665 kg |

## 4.2 Lagerbedingungen

Um einen sicheren Schutz vor mechanischen und klimatischen Belastungen zu gewährleisten, sind für die Verpackung und Lagerung der Gefriertrocknungsanlage die Richtlinien des Bundesverbandes Holzpackmittel, Paletten, Exportverpackung e. V. (HPE-Verpackungsrichtlinien) einzuhalten.

Insbesondere hat die Lagerung

- staubfrei,
- trocken,
- ohne große Temperaturschwankungen,
- ohne mechanische Belastung

zu erfolgen.

## 4.3 Auspacken

| | |
|---|---|
| WARNUNG | **Allgemeine Verletzungsgefahr**<br>Zu den allgemeinen Gefahren beim Auspacken und während des Transports der Anlage zählen Stoß, Quetschen, Abschürfen, Schneiden usw.<br>Es kann zu schweren Verletzungen kommen.<br>• Grundlegende Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung beachten!<br>• Persönliche Schutzausrüstung tragen (Sicherheitsschuhe, Arbeitshandschuhe, ggf. Schutzhelm)! |
| GEFAHR | **Verletzungsgefahr durch sich unkontrolliert bewegende Lasten**<br>Nicht ordnungsgemäß gesicherte Anlagen oder Zubehörteile können z.B. verrutschen oder umstürzen.<br>• Beim Heben der Gefriertrocknungsanlage den Schwerpunkt beachten (außerhalb der Mitte)!<br>• Vor dem Transport der Gefriertrocknungsanlage dieses Kapitel der Betriebsanleitung aufmerksam lesen! |
| VORSICHT | Die Gefriertrocknungsanlage Epsilon 2-10D LSCplus wiegt ca. 665 kg! |

Die Gefriertrocknungsanlage ist in einer Holzkiste verpackt.

- Nach dem Öffnen der Kiste Zubehör entnehmen.
- Verpackungsmaterial herausnehmen.
- Seitenwände der Kiste demontieren.
- Gefriertrocknungsanlage mit einer Hubeinrichtung vom Kistenboden abheben.
- Verpackung für evtl. späteren Transport der Gefriertrocknungsanlage aufbewahren.

## 4.4 Transport

| | |
|---|---|
| **WARNUNG** | **Allgemeine Verletzungsgefahr**<br>Zu den allgemeinen Gefahren während des Transports der Anlage zählen Stoß, Quetschen, Abschürfen, Schneiden usw.<br>Es kann zu schweren Verletzungen kommen.<br>• Grundlegende Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung beachten!<br>• Persönliche Schutzausrüstung tragen (Sicherheitsschuhe, Arbeits-handschuhe, ggf. Schutzhelm)! |
| **GEFAHR** | **Verletzungsgefahr durch sich unkontrolliert bewegende Lasten**<br>Nicht ordnungsgemäß gesicherte Anlagen oder Zubehörteile können z.B. verrutschen oder umstürzen.<br>• Beim Heben der Gefriertrocknungsanlage den Schwerpunkt beachten (außerhalb der Mitte)!<br>• Vor dem Transport der Gefriertrocknungsanlage dieses Kapitel der Betriebsanleitung aufmerksam lesen! |
| **VORSICHT** | Die Gefriertrocknungsanlage Epsilon 2-10D LSCplus wiegt ca. 665 kg! |
| **HINWEIS** | Gefriertrocknungsanlagen vom Typ Epsilon 2-10D LSCplus, die mit natürlichen, brennbaren Kältemitteln gefüllt sind, sind nicht als Luftfracht zugelassen! |

- Die Gefriertrocknungsanlage in einer geeigneten Verpackung transportieren, am besten in der Originalverpackung.
- Alle Transportsicherungen montieren (s. Kap. 4.4.1 - "Transportsicherungen").

**Innerbetrieblicher Transport**

Die Gefriertrocknungsanlage ist standardmäßig mit Rollen ausgerüstet und kann über kurze Strecken von einer geeigneten Anzahl von Personen geschoben werden. Über längere Strecken ist ein Transport mit einer geeigneten Hubeinrichtung (z.B. Gabelstapler) sinnvoll.

- Mit der Hubeinrichtung grundsätzlich von der Frontseite einfahren (s. Kap. 4.3 - "Auspacken").

### 4.4.1 Transportsicherungen

Vor der Inbetriebnahme müssen folgende Transportsicherungen entfernt werden:

- Styroporblöcke zwischen den Stellflächen entfernen.
- Verschlusskappe des Ausdehnungsgefäßes der Wärmeträgerflüssigkeit entfernen und Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) montieren (s. Kap. 5.2.7 - "Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)").
- Vakuummesssonde installieren (s. Kap. 5.2.6 - "Vakuummesssonde").

**HINWEIS**

Vor jedem Transport müssen die Transportsicherungen wieder installiert werden.

# 5 Aufstellung und Anschluss

| | |
|---|---|
| WARNUNG | **Verletzungsgefahr durch schlechte Zugänglichkeit der Anlage**<br>An engen und schlecht zugänglichen Aufstellorten können Ecken und Kanten in den Arbeitsbereich hineinragen.<br>Es kann zu Verletzungen durch Stoß oder Abschürfen kommen.<br>• Gefriertrocknungsanlage frei zugänglich aufstellen.<br>• Grundlegende Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung beachten! |
| WARNUNG | **Verletzungsgefahr durch Medienaustritt oder andere Folgen unsachgemäß ausgeführter Anschlüsse**<br>Nicht ordnungsgemäß ausgeführte Anschlüsse können zu einem späteren Zeitpunkt beim Betrieb der Anlage zu einem elektrischen Störfall oder zum Austritt von Medien (je nach Ausstattung der Anlage z.B. heißes Wasser, Stickstoff, Wasserstoffperoxid) führen.<br>Es kann schwerwiegende Gesundheitsschäden bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.<br>• Die Ver- und Entsorgungsanschlüsse durch fachkundiges Personal unter Beachtung der entsprechenden Anschlussspezifikationen herstellen lassen (siehe Hinweise in diesem Kapitel und Kapitel 10 - "Technische Daten")!<br>• Anschlüsse zu den bauseitigen Rohrleitungen kraft- und momentenfrei ausführen! |

## 5.1 Aufstellort

Die Gefriertrocknungsanlage darf nur in geschlossenen und trockenen Räumen betrieben werden.

| | |
|---|---|
| HINWEIS | Bei Kälteproblemen der Gefriertrocknungsanlage sind oft unzureichende Bedingungen am Aufstellort die Ursache. Die nachfolgend genannten Bedingungen müssen deshalb unbedingt eingehalten werden! |

- Auf ausreichende Belüftung achten. Keine Papiere, Tücher oder ähnliches hinter oder unter das Gerät schieben, da sonst die Luftzirkulation nicht gewährleistet ist.
- Sicherheitsabstand von mindestens 30 cm um die Gefriertrocknungsanlage einhalten, damit die im Gerät befindlichen Lüftungsöffnungen in vollem Querschnitt wirksam bleiben.
- Die Umgebungstemperatur muss +5°C bis +25°C betragen. Eine eventuelle Nachabsenkung der Klimaanlage berücksichtigen.
- Ein mögliches Ansteigen der Raumtemperatur z.B. durch über Nacht geschlossene Türen ausschließen.
- Gefriertrocknungsanlage keinen thermischen Belastungen z.B. durch Wärmeerzeuger aussetzen.
- Einen thermischen Kurzschluss z.B. durch weitere in unmittelbarer Nähe aufgestellte Geräte ausschließen.
- Die Vakuumpumpe darf nicht direkt neben dem Wärmetauscher (Verflüssiger) aufgestellt werden.
- Direkte Sonneneinstrahlung (UV-Strahlung) vermeiden.

## 5.2 Ver- und Entsorgungsanschlüsse

### 5.2.1 Energieversorgung

#### 5.2.1.1 Anschlussart

| | |
|---|---|
| **GEFAHR** | **Lebensgefahr durch elektrischen Schlag**<br>Bei Berührung stromführender Bauteile besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags.<br>Es kann zu Herzkammerflimmern, Herzstillstand oder Atemlähmung kommen.<br>• Arbeiten am elektrischen System der Anlage nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen!<br>• Die elektrische Ausrüstung der Anlage in regelmäßigen Abständen durch eine Elektrofachkraft überprüfen lassen!<br>• Mängel wie lose Verbindungen bzw. beschädigte Kabel sofort beseitigen lassen. |
| **GEFAHR** | Die auf dem Typenschild angegebene Betriebsspannung muss mit der örtlichen Versorgungsspannung übereinstimmen! |

Christ Gefriertrocknungsanlagen sind Geräte der Schutzklasse I. Die Geräte des Typs Epsilon 2-10D LSCplus sind mit einer fünfadrigen Netzanschlussleitung mit 5poligem CEE-Stecker zum Herstellen des Netzanschlusses ausgerüstet (s. Kap. 10 - "Technische Daten").

| | |
|---|---|
| **VORSICHT** | Vor dem Herstellen der Verbindung muss die Drehfeldrichtung an der Versorgungssteckdose mit einem entsprechenden Messgerät geprüft werden:<br>**Das Drehfeld muss rechtsdrehend sein!** |

#### 5.2.1.2 Sicherungen bauseits

Die Gefriertrocknungsanlage muss bauseits mit einer ausreichend dimensionierten Netzsicherung abgesichert werden.

### 5.2.2 Belüftung

GEFAHR

**Verletzungsgefahr durch Bersten der Kammer**

Die Kammer der Gefriertrocknungsanlage ist für Vakuum ausgelegt. Sie ist kein Druckgefäß. Im Störfall kann sich in der Kammer ein unzulässiger Überdruck aufbauen, der zum Bersten der Kammer führen kann.

Es kann zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Die Gefriertrocknungsanlage darf niemals mit Überdruck betrieben werden!
- Die bauseitige Installation einer ausreichend dimensionierten Druckabsicherung (z.B. über ein Sicherheitsventil oder eine Berstscheibe) wird dringend empfohlen.

Im Gefriertrocknungsprozess wird das Belüftungsmedium zur Vakuumregelung verwendet. Nach Abschluss eines Gefriertrocknungsprozesses dient das Belüftungsventil zur Belüftung der Kammer auf Atmosphärendruck, so dass anschließend die Beladetür geöffnet und das Produkt entnommen werden kann.

In der Regel erfolgt die Belüftung mit Raumluft. Über die Schlauchtülle des Belüftungsventils kann die Kammer wahlweise auch mit einem Inertisierungsmedium (z.B. Stickstoff) belüftet werden.

Die Gefriertrocknungsanlage ist mit einem Belüftungsanschluss ausgestattet (s. Kap. 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente"). Der Belüftungsanschluss teilt sich in einen Belüftungs- und einen Gasinjektionszweig.

Im Gasinjektionszweig sind ein Magnetventil und ein Feinregel-Nadelventil (s. Kap. 5.2.2.1 - "Feinregel-Nadelventil")zur Voreinstellung des Volumenstroms in Reihe installiert. Zusammen mit dem Drucksteuerventil in der Saugleitung der Vakuumpumpe erlaubt diese Konfiguration eine sehr präzise Vakuumregelung während des Gefriertrocknungsprozesses durch kombiniertes Evakuieren und Einlassen von Gas.

Im Belüftungszweig sind ein manuelles Regulierventil zur Voreinstellung des Volumenstroms und damit der Belüftungsgeschwindigkeit und ein Magnetventil in Reihe installiert.

#### 5.2.2.1 Feinregel-Nadelventil

Zusätzlich zum Belüftungsventil ist ein Feinregel-Nadelventil installiert (Position siehe Kapitel 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente"). Das Feinregel-Nadelventil dient der Voreinstellung des Volumenstroms. Bei Unterschreiten des vorgewählten Vakuumwertes öffnet diese Leitung kurzzeitig und sorgt dadurch für ein konstantes Vakuum in der Gefriertrocknungsanlage.

HINWEIS

Die Voreinstellung des Feinregel-Nadelventils erfolgt im Werk.

Abhängig vom gewünschten Druck für den Gefriertrocknungsprozess innerhalb der Trocknungskammer muss der am Präzisions-Nadelventil eingestellte Volumenstrom angepasst werden. Je niedriger der gewünschte Druck, umso geringer muss der Volumenstrom gewählt werden, um ein Schwingen des Vakuums oder regelmäßig auftretende Vakuumspitzen zu verhindern.

**Anpassung des Volumenstroms**

Wir empfehlen folgende Vorgehensweise:

1. Das Präzisions-Nadelventil durch Drehen des Einstellknopfes im Uhrzeigersinn vollständig schließen (ggf. sind mehrere Umdrehungen erforderlich).
2. Als Vakuumsollwert einen Wert einstellen, der eine Dekade unter dem gewünschten Trocknungsvakuum liegt (Beispiel: Bei einem gewünschten Trocknungsvakuum von 1,0 mbar ist ein Vakuumsollwert von 0,1 mbar einzustellen).
3. Die Evakuierung der Kammer starten.
4. Sobald das eingestellte Vakuum erreicht ist, als neuen Vakuumsollwert nun das gewünschte Trocknungsvakuum einstellen. Nach Bestätigung des neuen Wertes öffnet die Steuerung das Magnetventil in der Gasinjektionsleitung.
5. Das Präzisions-Nadelventil durch Drehen des Einstellknopfes gegen den Uhrzeigersinn langsam öffnen, dabei die Vakuumanzeige beobachten. Wenn die Messwerte beginnen, sich dem neuen Vakuumsollwert zu nähern (nach ca. 1 ½ bis 2 ½ Umdrehungen; abhängig von der Größe der Gefriertrocknungsanlage), ist das Präzisions-Nadelventil korrekt eingestellt. Wird das Nadelventil geringfügig weiter geöffnet, nähern sich die Messwerte schneller dem Vakuumsollwert. Der Vakuumsollwert darf aber keinesfalls überschritten werden (ggf. ist die Einstellprozedur zu wiederholen).

### 5.2.3 Ablauf

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Kondensat (Abtauwasser)**

Das Kondensat kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit dem Kondensat kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Kondensat unter Beachtung der örtlichen Bestimmungen umweltgerecht entsorgen!

Die Gefriertrocknungsanlage ist mit einem Medienablaufventil ausgestattet (s. Kap. 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente").

Über das Medienablaufventil wird das Kondensat- und Abtauwasser abgelassen.

- Ablaufschlauch (im Lieferumfang enthalten) auf die Schlauchtülle stecken.
- Behälter unterstellen.

Der Schlauch muss mit kontinuierlichem Gefälle verlegt werden, das Schlauchende muss sich immer oberhalb der Flüssigkeitsspiegels im Auffanggefäß befinden. So wird verhindert, dass beim Öffnen des Medienablaufventils durch einen eventuell bestehenden Unterdruck Wasser- und Schmutzrückstände in die Eiskondensatorkammer gesaugt werden.

### 5.2.4 Vakuumpumpen

Für eine bestimmungsgemäße Verwendung muss die Gefriertrocknungsanlage Epsilon 2-10D LSCplus mit einer der nachfolgend aufgeführten Vakuumpumpen betrieben werden:

Ölgedichtete Vakuumpumpen:

- Drehschieberpumpe Vacuubrand RZ9
- Drehschieberpumpe Edwards EM18
- Drehschieberpumpe Pascal 2021 C1

Trockenlaufende Vakuumpumpen:

- Scrollpumpe Edwards nXDS 10iC
- Scrollpumpe Pfeiffer HiScroll 12 Atex
- Vakuumpumpe Vacuubrand VacuuPure 10
  (nur eingeschränkt einsetzbar, da längere Zeit zum Evakuieren)

#### 5.2.4.1 Ölgedichtete Vakuumpumpe und Abgasfilter (Ölnebelabscheider)

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch kontaminierte Vakuumpumpenabgase**

Die Vakuumpumpenabgase können gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Einatmen kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur mit einer fachgerecht an den Ausgang der Vakuumpumpe bzw. des Abgasfilters (Ölnebelabscheiders) angeschlossenen und über Dach ins Freie geführten Rohrleitung betrieben werden!
- Abhängig vom verarbeiteten Produkt ggf. eine geeignete Filtereinrichtung in der Abgasleitung installieren!
- Die örtlichen Bestimmungen zum Umweltschutz beachten!

**HINWEIS**

Unbedingt die separate Betriebsanleitung für Vakuumpumpe und Abgasfilter (Ölnebelabscheider) beachten!

Der beim Betrieb der Pumpe austretende Ölnebel muss durch einen Abgasfilter (Ölnebelabscheider) zurückgehalten oder abgeleitet werden.

- Wir empfehlen unbedingt die Verwendung eines Abgasfilters. Der Filter verhindert Luftverschmutzung durch Ölnebel, der von der Pumpe je nach Arbeitsdruck in mehr oder weniger großen Mengen ausgestoßen wird.
- Die Gefriertrocknungsanlage darf nur mit einer fachgerecht an den Ausgang der Vakuumpumpe bzw. des Abgasfilters angeschlossenen und über Dach ins Freie geführten Rohrleitung betrieben werden. Die Leitung muss so verlegt sein, dass kein Kondensat in die Pumpe zurücklaufen kann. Bei steigenden Leitungen empfehlen wir die Verwendung eines Abscheiders (Woulff'sche Flasche oder Waschflasche).

### 5.2.4.2 Trockenlaufende Vakuumpumpe und Schalldämpfer

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Abluft**

Die Abluft kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit Partikeln aus der Abluft (insbesondere durch Einatmen) kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Einen Schalldämpfer mit integrierten Filterelementen verwenden oder – abhängig vom Produkt - die Abgase vom Ausgang der Vakuumpumpe einer geeigneten Aufbereitungsanlage zuführen, um den Austritt von gesundheitsschädlichen Stoffen in die Umgebungsatmosphäre zu verhindern! Die nationalen Vorschriften zum Umweltschutz beachten!
- Bei allen Arbeiten am Vakuumsystem (insbesondere der Vakuumpumpe) abhängig vom verarbeitenden Produkt gegebenenfalls geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

**HINWEIS**

Unbedingt die separate Betriebsanleitung der Vakuumpumpe und des Schalldämpfersbeachten!

Die Vakuumabgase der trockenlaufenden Vakuumpumpe sind frei von Ölpartikeln. Es können jedoch geringe Mengen Dichtungsabrieb ausgestoßen werden. Auch bei der Verarbeitung von gesundheitlich unbedenklichen Produkten müssen die Abgase daher entweder durch eine fachgerecht an den Ausgang der Vakuumpumpe angeschlossene Rohrleitung über Dach ins Freie abgeführt oder mittels eines an den Ausgang der Vakuumpumpe angeschlossenen Schalldämpfers mit integrierten Filterelementen gefiltert werden.

Für Gefriertrocknungsanlagen mit trockenlaufender Vakuumpumpe ist die Verwendung eines Schalldämpfers mit Filterelementen vorgesehen. Der Schalldämpfer wird zum Transport demontiert und muss vor Inbetriebnahme der Gefriertrocknungsanlage installiert werden:

- Gefriertrocknungsanlage ausschalten.
- Vakuumanschluss an der Vakuumpumpe mit einem Tuch reinigen.
- Schalldämpfer mit Hilfe des mitgelieferten Zentrierrings und des Spannrings auf dem Vakuumanschluss befestigen.

### 5.2.5 Drucksteuerventil

Das Drucksteuerventil ist in der Saugleitung zwischen Vakuumpumpe und Eiskondensatorkammer installiert und unterbricht in festgelegten Prozessphasen den Volumenstrom zur Vakuumpumpe (s. Kap. 2.2.1 - "Gefriertrocknung allgemein").

**VORSICHT**

Das Drucksteuerventil muss in Richtung des Volumenstroms in der gekennzeichneten Einbaurichtung installiert sein (siehe Abbildung).

1 Einbaurichtung des Drucksteuerventils

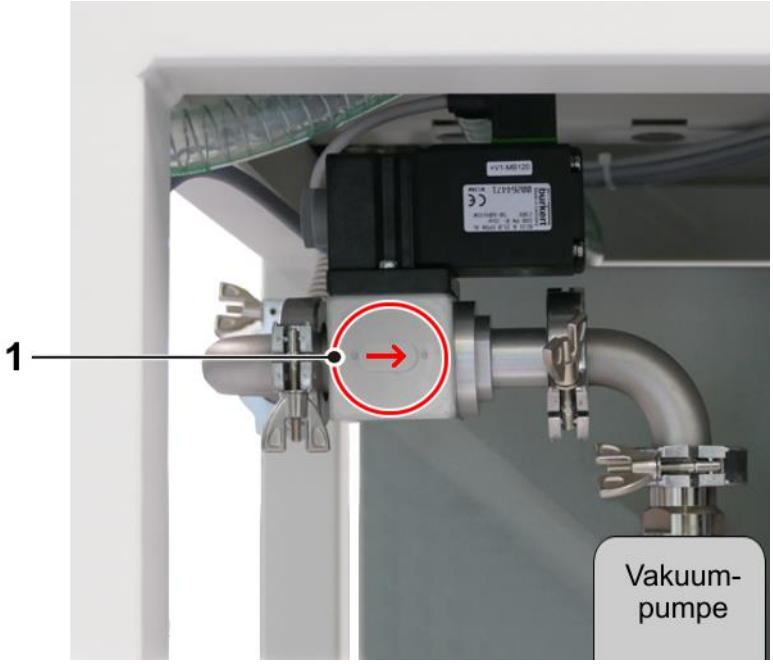



*Abb. 10: Vakuumpumpe mit Drucksteuerventil (Beispiel)*

### 5.2.6 Vakuummesssonde

**HINWEIS**

Unbedingt die separate Betriebsanleitung des Herstellers der Vakuummesssonde beachten!

Die Gefriertrocknungsanlage ist standardmäßig mit einer Vakuummesssonde nach Pirani ausgestattet (z. B. Thyracont VCP63, Position siehe Kapitel 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente").

Als Standardoption ist die Nachrüstung von kapazitiven Vakuummesssonden (Pfeiffer CMR 363 und 364) möglich, z.B. für die Trocknung von lösungsmittelhaltigen Ausgangsprodukten.

**HINWEIS**

Beim Einsatz ausschließlich kapazitiver Messsonden ist die Durchführung einer komparativen Druckmessung nicht möglich.

**Installation der Vakuummesssonde**

Um die Vakuummesssonde vor Transportschäden zu schützen, wird sie in der Originalverpackung ausgeliefert. Vor der ersten Inbetriebnahme der Gefriertrocknungsanlage muss die Sonde installiert werden.

- Anlage am Steuerungsschalter ausschalten.
- Die Schrauben für die linke Seitenverkleidung befinden sich an der Rückseite der Anlage. Schrauben lösen und Verkleidung nach schräg hinten abnehmen.
- Vakuummesssonde aus der Originalverpackung entnehmen und mit einem Spannring DN16KF und einem Zentrierring (beides im Lieferumfang enthalten) auf dem Anschluss befestigen.
- Den Stecker (an der Anlage installiert) auf die Vakuummesssonde stecken und die Schraube auf dem Stecker handfest anziehen.

**HINWEIS**

Die herstellerabhängigen Anweisungen in der separaten Bedienungsanleitung der Vakuummesssonde sind unbedingt zu befolgen!

**HINWEIS**

Die Vakuummesssonde wird im abgeglichenen Zustand ausgeliefert.

Nach dem Einschalten der Gefriertrocknungsanlage benötigt die Vakuummesssonde einige Minuten, bis sie betriebsbereit ist.

### 5.2.7 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)

Die Trocknerpatrone verhindert die Aufnahme der Luftfeuchtigkeit durch den Wärmeträger.

Während des Transports der Gefriertrocknungsanlage ist die Trocknerpatrone am Einfüllstutzen der Wärmeträgerflüssigkeit demontiert. Vor Inbetriebnahme der Einheit muss sie installiert werden.

- Verschlusskappe (1) vom Einfüllstutzen abschrauben.
- Das mitgelieferte Anschlussstück (5) zusammen mit der Trocknerpatrone (4) auf dem Einfüllstutzen (1) befestigen.
- Ventil (2) durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn bis zum Anschlag öffnen.

1 Einfüllstutzen mit Verschlusskappe
2 Ventil
3 Rohrstutzen des Ausdehnungsgefäßes (innerhalb der Anlage)

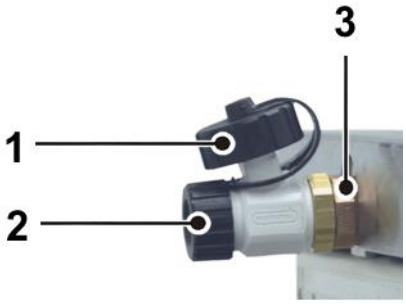



*Abb. 11: Ventil mit Verschlusskappe für den Transport*

4 Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)
5 Anschlussstück

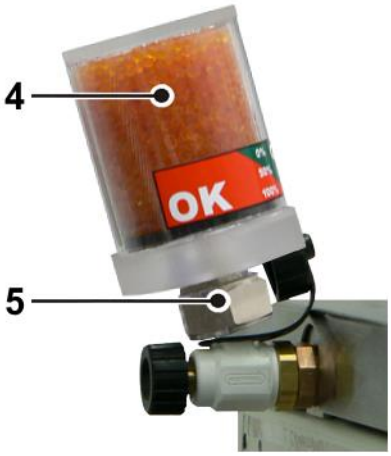



*Abb. 12: Ventil mit Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter)*

**HINWEIS**

Das Silicagel in der Trocknerpatrone hat eine begrenzte Aufnahmefähigkeit.

Verändert sich die Farbe des Silicagels von orange zu grün (siehe Aufkleber an der Trocknerpatrone), muss die Trocknerpatrone ausgetauscht werden (Best.-Nr. 610 993).

# 6 Betrieb

## 6.1 Erste Inbetriebnahme

**WARNUNG**

**Verletzungsgefahr durch Folgen von Transportschäden oder unsachgemäß ausgeführten Anschlüssen (z.B. Medienaustritt).**

Undichtigkeiten nach Transport, Aufstellung und Anschluss der Anlage können bei der ersten Inbetriebnahme z. B. zum Austritt von Medien führen (je nach Ausstattung der Anlage z. B. Kältemittel, Wärmeträger-medium, Hydrauliköl, Stickstoff, Wasserstoffperoxid).

Es kann zu schweren Gesundheitsschäden bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen kommen.

- Vor der ersten Inbetriebnahme müssen alle Ver- und Entsorgungs-anschlüsse durch fachkundiges Personal auf Dichtigkeit geprüft werden.

## 6.2 Installation des Zubehörs

Das Zubehör wird entsprechend dem Trocknungsverfahren und dem Lieferumfang komplettiert.

## 6.3 Vorbereitung der Gefriertrocknungsanlage

Die Eiskondensatorkammer muss sauber und trocken sein.

- Wasserrückstände vom vorigen Lauf entfernen.
- Belüftungsventil und ggf. Medienablaufventil schließen.
- Sicherstellen, dass alle am Zubehör vorhandenen Ventile geschlossen sind.
- Vakuumpumpe einschalten.

## 6.4 Einschalten

**HINWEIS**

Die Gefriertrocknungsanlage ist mit einem Hauptschalter und einem Steuerungsschalter ausgerüstet (s. Kap. 3 - "Sicherheit"). Der Hauptschalter stellt die Netzspannungsversorgung her; der Steuerungsschalter versorgt die Anlagensteuerung mit Spannung.

- Hauptschalter betätigen.
- Steuerungsschalter betätigen.

Die LSCplus-Anlagensteuerung führt zunächst eine Eigenprüfung und Initialisierung durch. Diese nimmt einige Sekunden in Anspruch.

- Sicherheits- und Gefahrenhinweise beachten (s. Kap. 3 - "Sicherheit")!

## 6.5 Beladetür

GEFAHR

**Quetschgefahr durch Bewegung der Beladetür**

Die Beladetür ist aufgrund ihrer Masse relativ träge.

Es besteht die Gefahr einer Quetschung von Körperteilen zwischen Tür und Kammerfront.

- Zum Schließen der Beladetür den Knebelgriff anfassen und das Türblatt langsam bewegen. Beladetür nicht an der Kante anfassen!
- Tür durch Drehen des Knebelgriffs verriegeln.

Nach dem Beladen der Trocknungskammer wird die Beladetür geschlossen und mit Hilfe des Knebelgriffs fest gegen den Flansch der Trocknungskammer gepresst. Der Griff steht jetzt senkrecht zur Türkante (siehe folgende Abb.). Wird während des Trocknungsprozesses ein Vakuum in der Trocknungskammer aufgebaut, wird die Beladetür dichter an den Flansch der Trocknungskammer gezogen; als Folge hängt der Knebelgriff lose nach unten.

HINWEIS

Steht der Knebelgriff beim Verschließen der Beladetür nicht senkrecht nach unten, kann er neu eingestellt werden. Dazu die Innensechskantschraube (SW 8) lösen, den Griff neu justieren und die Schraube wieder festziehen.

VORSICHT

Der Knebelgriff darf niemals festgezogen werden, während in der Trocknungskammer ein Vakuum anliegt. Bei der Belüftung steigt der Druck auf den Knebelgriff so stark, dass es zu irreparablen Schäden an der Beladetür kommen kann!

1 Türverschlussriegel
2 Knebelgriff

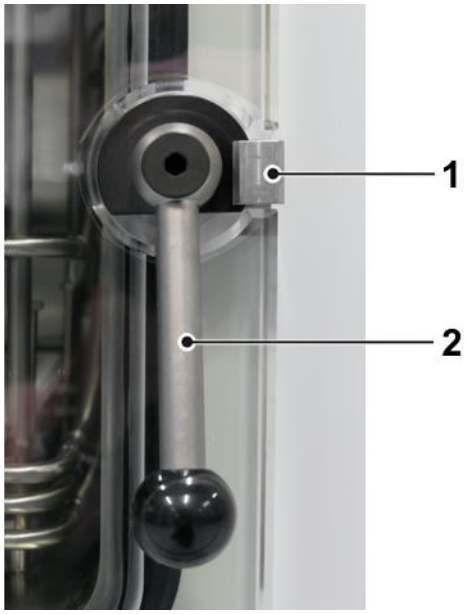



*Abb. 13: Türverschluss einer Beladetür (Beispiel)*

**Radiation Shield Folienbeschichtung für Beladetüren aus Acrylglas**

Beladetüren aus Acrylglas sind generell mit einer speziellen transparenten Folienbeschichtung auf der Außenseite der Acrylglastür ausgestattet. Diese Folienbeschichtung reduziert die Wärmeeinstrahlung auf das Produkt und sorgt für homogene Trocknungsergebnisse, vermindert Antaueffekte und ermöglicht eine sichere und schnelle Trocknung nahe des Gefrierpunktes.

**HINWEIS**

Reinigungshinweise für die Folienbeschichtung beachten (s. Kap. 8.1.3.1 - "Folienbeschichtung der Beladetür")!

## 6.6 Hydraulik

### 6.6.1 Verfahren der Stellflächen

**GEFAHR**

**Quetschgefahr durch Bewegung der Stellflächen**

Die Stellflächen können hydraulisch auf- und abwärts bewegt werden. Zudem können die Stellflächen bei einem Schaden am Hydrauliksystem unkontrolliert absacken.

Es besteht die Gefahr einer Quetschung von Körperteilen unter und zwischen den Stellflächen.

- Während des Verfahrens nicht in die Kammer greifen!
- Die Zwei-Hand-Steuerung der Stellflächenverfahrenseinrichtung und die Türkontaktschalter (wenn vorhanden) nicht manipulieren, entfernen oder anderweitig außer Funktion setzen!

Zur Be- und Entladung der Gefriertrocknungsanlage, zum manuellen Verschließen von Produktfläschchen nach der Trocknung sowie für Inspektions- und Wartungsarbeiten können die Stellflächen über die beiden Taster "Heben“ (1) und "Senken" (2) hydraulisch verfahren werden. Um Verletzungen zu verhindern, ist das Verfahren der Stellflächen nur möglich, wenn gleichzeitig (< 0,5 sec) mit dem entsprechenden Verfahrtaster der Taster "Freigabe" (3) betätigt wird ("Zwei-Hand-Bedienung").

*Abb. 14: Stellflächen-Verfahrtaster (Beispielabbildung)*

Zum Verfahren sind der "Heben" oder "Senken"-Taster zusammen mit dem "Freigabe "-Taster gedrückt zu halten. Die Stellflächen werden kontinuierlich auf- bzw. abwärts bewegt, bis entweder einer der Taster losgelassen wird oder die obere oder untere Endposition erreicht ist.

**CAUTION**

Für das Verschließen müssen die Stellflächen **vollständig und mit gleichen Gefäßen** beladen sein, um Beschädigungen der Stellflächen und der Führungsstangen sowie Bruch der Fläschchen zu vermeiden. Bei nur teilweise beladenen Stellflächen sind leere Gefäße mit eingedrücktem Stopfen oder Abstandhalter (in Höhe der Gefäße mit eingedrücktem Stopfen) auf den Stellflächen zu platzieren, um die Kraft gleichmäßig zu verteilen.

## 6.7 LSCplus Anlagensteuerung

Die Anlagensteuerung LSCplus ("Lyo Screen Control plus") wurde eigens für die Steuerung von Gefriertrocknungsprozessen entwickelt. Die übersichtlich gestaltete Bedienoberfläche ermöglicht eine intuitive Bedienung der Anlage.

*Abb. 15: Startbildschirm der LSCplus Anlagensteuerung (Beispiel)*

### 6.7.1 Bedienoberfläche

Die Bedienung erfolgt per "touch panel", d.h. durch Berühren der Schaltflächen auf dem Display. Jede Schaltfläche ist mit einem Rahmen gekennzeichnet. Durch Drücken wird die Schaltfläche aktiviert. Je nach Funktion öffnet sich ein Dialogfenster, ein Wert kann verändert werden oder eine Transaktion wird bestätigt.

*Abb. 16: Schaltflächen sind mit einem Rahmen gekennzeichnet*

Die Bedienoberfläche ist in vier Hauptfenster gegliedert, die durch Berührung der jeweiligen Schaltfläche aufgerufen werden können:

**Manuell**

Dieses Fenster bildet gleichzeitig die Standard-Bedienoberfläche. Von hier aus werden Gefriertrocknungsprozesse manuell gesteuert.

**Programm**

In diesem Bereich werden Programme erstellt und ausgeführt, die den Gefriertrocknungsprozess automatisieren und reproduzierbar machen. Diese Funktion ist nur mit der Option Programmgeber PGMplus verfügbar.

**Optionen**

In diesem Fenster werden individuelle Einstellungen vorgenommen, die dem Anwender die größtmögliche Anpassung an seinen Arbeitsbereich bieten sollen.

**?**

Hier sind alle relevanten Informationen zur Anlagensteuerung auf einen Blick zu finden. Diese Daten erleichtern bei Rückfragen im Werk die Zuordnung und beschleunigen die Abwicklung.

### 6.7.1.1 Hauptfenster "Manuell"

In diesem Hauptfenster werden alle relevanten Prozessdaten angezeigt. Hier können die einzelnen Phasen eines Gefriertrocknungsprozesses manuell gesteuert werden.

1 Statuszeile
2 Prozess-Sollwerte
3 Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern"
4 Istwerte aktueller Prozess
5 Schaltfläche "Tools"
6 Schaltfläche "Anlagenschema"
7 Schaltfläche "Prozess- und Anlagen-meldungen"
8 Schaltfläche "Betriebsart / Start"
9 Schaltfläche "Stopp"

*Abb. 17: Übersicht Hauptfenster "Manuell"*

### Statuszeile (1)

In dieser Zeile wird der Betriebszustand der Gefriertrocknungsanlage und die aktive Phase angezeigt.

In der Statuszeile wird auch das aktuelle Datum und die Uhrzeit angezeigt. Die Uhr ist batteriegepuffert und muss nach Ausfall neu eingestellt werden (siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Abschnitt "Verwaltung").

Außerdem gibt das Laufwerk-Symbol Auskunft über den Status des externen Datenträgers bzw. des Netzlaufwerks. Folgende Anzeigen sind möglich:

| | |
|---|---|
| kein Symbol | Kein USB-Datenträger oder LAN Netzwerk angeschlossen |
| | USB-Datenträger angeschlossen |
| | Prozessaufzeichnung auf USB-Datenträger aktiv |
| | Netzwerk angeschlossen, aber kein Netzlaufwerk verbunden |
| | Netzlaufwerk verbunden (z.B. LPCplus, LyoLogplus) |
| | Netzlaufwerk verbunden und Prozessaufzeichnung aktiv |

### Prozess Sollwerte (2)

Im Manuell-Modus werden vor Prozessbeginn die Sollwerte für die einzelnen Phasen eingegeben. Für jede Phase sind Wertebereiche hinterlegt, die im Eingabefenster mit Hilfe der Schaltflächen "min" oder "max" angezeigt werden können (s. Kap. 6.7.2.1 - "Sollwerteingaben im manuellen Modus").

### Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern" (3)

Mit dieser Schaltfläche werden die einzelnen Parameter zur Änderung aufgerufen.

### Istwerte aktueller Prozess (4)

In diesem Bereich werden die aktuellen Prozessdaten angezeigt. Jedes Feld ist frei konfigurierbar:

- Schaltfläche des Feldes auswählen, das angepasst werden soll.
  Es erscheint ein Dialogfenster:

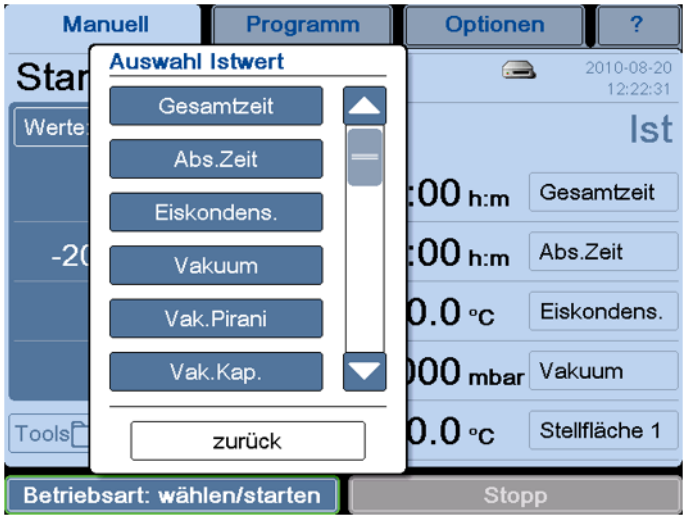



*Abb. 18: Dialogfenster "Auswahl Istwert"*

- Gewünschte Konfiguration auswählen oder mit "zurück" das Dialogfenster verlassen.

Auf diese Weise kann eine individuelle Übersicht der Istwerte zusammengestellt werden.

### Dialogfenster "Tools" (5)

In diesem Dialogfenster können verschiedene Hilfsmittel aufgerufen werden.

<u>Dampfdruckkurve für Eis und Wasser</u>

Über eine Grafik wird der Zusammenhang zwischen dem Druck und der Probentemperatur für wässrige Systeme dargestellt. Durch Auswahl der Schaltflächen oder durch Bewegen der Pfeile (siehe Abbildung, Pos. 1) können die Werte für Druck oder Temperatur verändert werden. Der jeweils andere Wert wird dann automatisch angepasst.

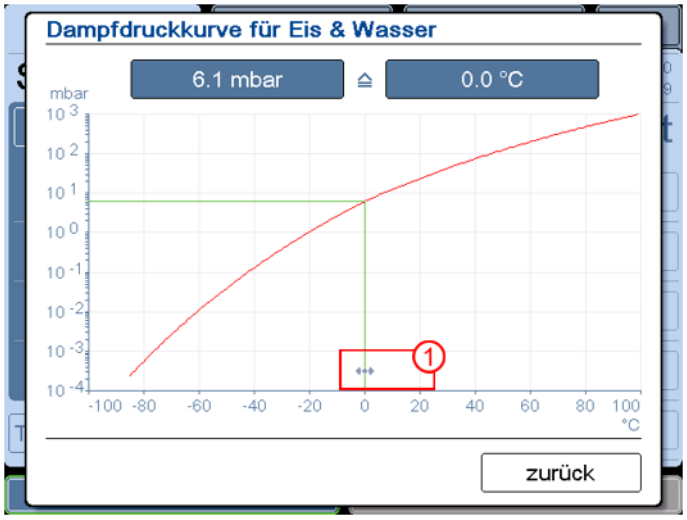



*Abb. 19: Dialogfenster Dampfdruckkurve für Eis und Wasser*

Option: USB-Prozessaufzeichnung

(s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen").

- Im Dialogfenster "Tools" die Funktion "Prozessaufzeichnung" auswählen.
- Felder zum Ausfüllen ("Batchdaten") anwählen; es erscheint eine Tastatur zur Eingabe.
- Ggf. unter "Optionen" zwischen manueller oder automatischer Aufzeichnung wählen und ein Aufzeichnungsintervall definieren.
- Dialogfenster mit "zurück" verlassen.

Die Aufzeichnung läuft jetzt im Hintergrund.

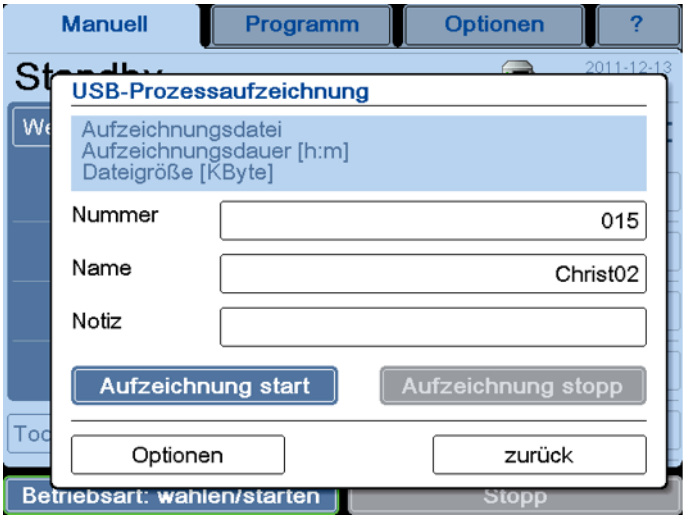



*Abb. 20: Dialogfenster Prozessaufzeichnung*

Option: Druckanstiegstest (nur beim → *Zweikammer-Verfahren*)

(s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen")

Der → *Druckanstiegstest* kann nur dann ausgeführt werden, wenn die Gefriertrocknungsanlage mit einem Zwischenventil ausgerüstet ist. Die manuelle Ausführung ist sowohl im manuellen Modus als auch im Programmmodus möglich. Zusätzlich kann der Druckanstiegstest automatisch als Teil eines Programms ausgeführt werden (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

- Im Dialogfenster "Tools" die Funktion "Druckanstiegstest" auswählen.
- Sollwerte für Dauer und max. Druckanstieg über die Schaltflächen eingeben.
- Druckanstiegstest starten. Die Testzeit wird angezeigt. Nach Testende erscheint eine Statusmeldung (Druckanstieg erfolgreich oder fehlgeschlagen), und die ermittelten Werte werden angezeigt:

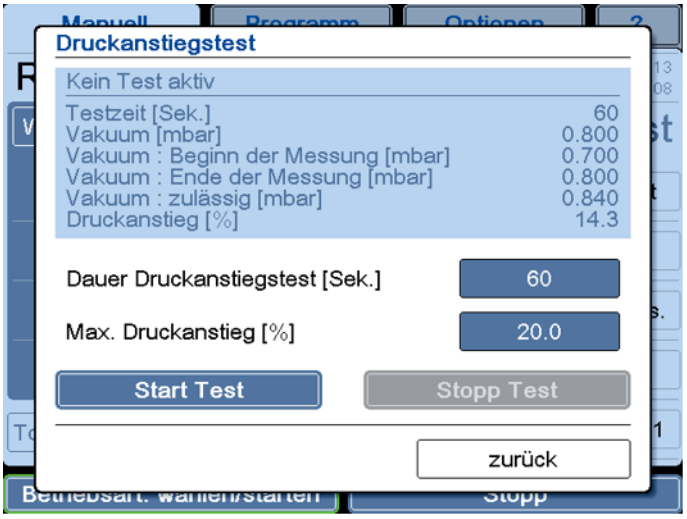



*Abb. 21: Dialogfenster Druckanstiegstest*

- Durch Betätigen der Schaltfläche "Stopp Test" wird der Druckanstiegstest abgebrochen.

<u>Option: Wägesystem LyoBalance</u>

Ist die Gefriertrocknungsanlage mit dem Wägesystem LyoBalance ausgerüstet (s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen"), werden die Parameter in diesem Dialogfenster konfiguriert.

**HINWEIS**

Separate Bedienungsanleitung des Wägesystems beachten!

**Dialogfenster "Anlagenschema" (6)**

Durch Auswahl der Schaltfläche "Anlagenschema" wird auf der linken Seite eine schematische Darstellung der Anlage inkl. aller Komponenten eingeblendet. Aktive Komponenten werden dabei grün dargestellt. Durch Anklicken kann die Bezeichnung des jeweiligen Elements und sein → *Betriebsmittelkennzeichen* aufgerufen werden.

*Abb. 22: Darstellung eines Anlagenschemas mit Bezeichnung und Betriebsmittelkennzeichen*

### Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" (7)

In diesem Dialogfenster werden alle Störungen und Meldungen angezeigt und gespeichert. Bei Auftreten einer Störung oder Meldung wird das Fenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" automatisch eingeblendet. Zusätzlich ertönt standardmäßig ein akustisches Signal, bis der Fehler quittiert wird.

Die Störungen werden in drei Kategorien eingeteilt:

- Rot: Fehlermeldungen
- Orange: Prozessmeldungen
- Gelb: Allgemeine Meldungen

An der Darstellungsweise der Meldung lässt sich der Status erkennen. Ein doppelter Rahmen um die Meldung zeigt an, dass der Fehler noch nicht behoben ist. Die Schaltfläche "quit" ändert die Farbe von blau zu grau, wenn die Meldung quittiert wird.

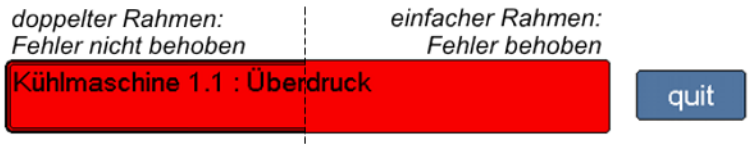
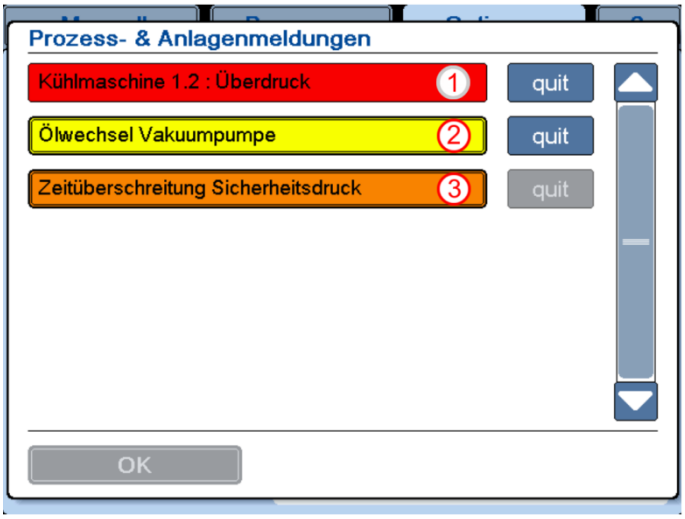



*Abb. 23: Darstellung einer Fehlermeldung*

Störungen, die z.B. während der Nacht aufgetreten sind, können so am nächsten Tag festgestellt werden, auch wenn die Ursache in der Zwischenzeit behoben ist.

Das Dialogfenster kann erst verlassen werden, nachdem alle Meldungen quittiert wurden.

Ist eine Meldung quittiert, die Störung aber noch nicht behoben, wird die Schaltfläche "Prozess- und Anlagenmeldungen" im Hauptfenster in der Farbe der Störung hinterlegt.




1 Die Störung ist behoben, Meldung ist noch nicht quittiert

2 Die Störung ist noch nicht behoben, die Meldung ist noch nicht quittiert

3 Die Störung ist noch nicht behoben, aber die Meldung ist quittiert

*Abb. 24: Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen"*

Detailinformationen

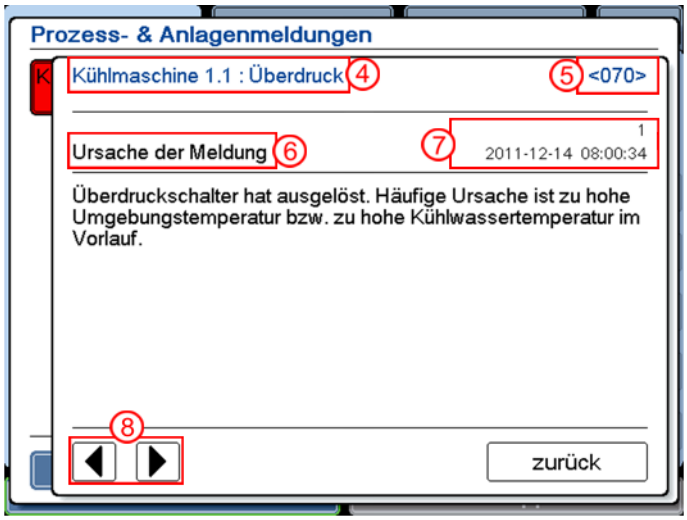
Durch Berühren der Meldung können Details zu den Fehlermeldungen eingesehen werden:

- Ursache der Meldung,
- Auswirkung der Meldung,
- Maßnahmen zur Fehlerbehebung,
- → *Betriebsmittelkennzeichen*,
- Fehlerzähler (gibt an, wie oft dieser Fehler aufgetreten ist) und Zeitstempel der letzten Fehlermeldung.

Die einzelnen Fenster werden durch Betätigen der Pfeiltasten aufgerufen.

**HINWEIS**

Hinter dem Text jeder Fehlermeldung wird ein Fehlercode angezeigt. Bei Rückfragen oder Serviceanforderungen stets den Fehlercode angeben!




4 Fehlermeldung
5 Fehlercode
6 Detailinformation
7 Fehlerzähler und Zeitstempel letzter Fehler
8 Pfeiltasten

*Abb. 25: Detailinformationen zu einer Fehlermeldung*

**HINWEIS**

Alle angezeigten Texte der Prozess- und Fehlermeldungen sind dieser Betriebsanleitung nicht beigefügt.

Diese Unterlagen können über unsere Serviceabteilung angefordert werden.

**Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten" (8)**

Über dieses Dialogfenster werden die einzelnen Phasen eines Trocknungsprozesses manuell gestartet (s. Kap. 6.7.2 - "Gefriertrocknung manuell").

*Abb. 26: Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten"*
*(Anzeige variiert je nach Ausstattung der Gefriertrocknungsanlage)*

<u>Schaltfläche "Standard Systemtest"</u>

Neben den Prozessphasen des Gefriertrocknungsprozesses ("Gefrieren", "Warm Up", "Haupttrocknen", "Nachtrocknen") und der Betriebsart "Abtauen" steht die Schaltfläche "Standard Systemtest" zur Verfügung. In dieser Auswahl sind verschiedene Tests mit festgelegten Parametern hinterlegt, die nach Rücksprache mit dem Hersteller zur Funktions- und Prozesskontrolle der Gefriertrocknungsanlage durchgeführt werden können.

**HINWEIS**

Einige der Systemtests sind auch als Programmvorlage verfügbar (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

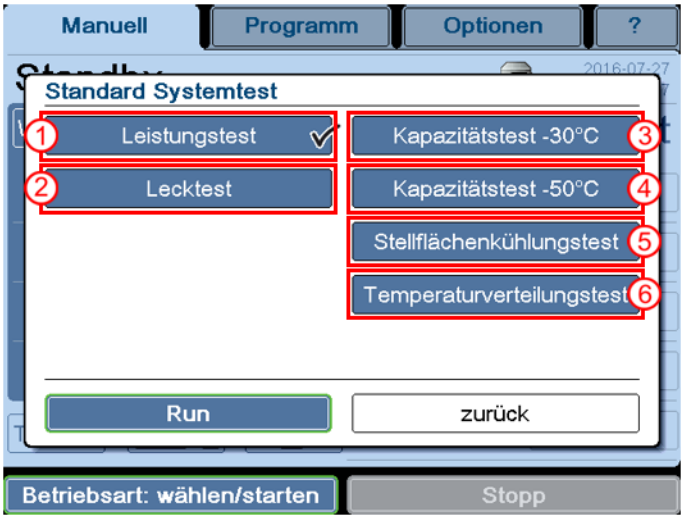



*Abb. 27: mögliche Systemtests*

*Leistungstest (1)*

Der Leistungstest dient der Ermittlung der folgenden Leistungsparameter:

- Vakuumabsenkrate,
- Endvakuum,
- minimale Eiskondensatortemperatur,
- Stellflächen-Abkühlrate,
- minimale Stellflächentemperatur,
- Stellflächen-Aufheizrate.

**HINWEIS**

Zur Durchführung des Tests muss die Kammer trocken und unbeladen sein.

Durchführung:

- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Standard Systemtest" auswählen.
- Leistungstest auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.

Der Test wird ausgeführt. Die einzelnen Parameter werden zu definierten Zeitpunkten erfasst, ausgewertet und über ein Dialogfenster angezeigt (siehe nachfolgende Abbildung).

Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über die SCADA-Software LPCplus, werden die Ergebnisse dort in der Ereignisliste dokumentiert.

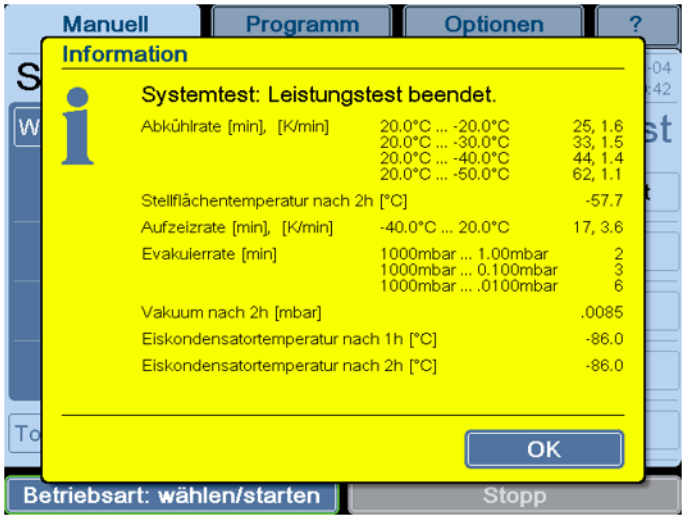



*Abb. 28: Ergebnisse des Leistungstests*

Auswertung:

Zur Bewertung der Ergebnisse setzen Sie sich bitte mit dem Support der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH in Verbindung.

*Lecktest (2)*

Der Lecktest ist ein Prüfverfahren, mit dem die Kammer der Gefriertrocknungsanlage auf Dichtheit gegenüber gasförmigen oder flüssigen Medien getestet wird. Da es grundsätzlich keine absolut dichten Teile gibt, wird eine Leckrate bestimmt.

Durchführung:

- Aus dem Hauptfenster "Manuell" über die Schaltfläche "Werte: Ansicht/Ändern" das Dialogfenster "Sollwerte: Ansicht/Ändern" aufrufen und dort die Schaltfläche "Leckstest" auswählen.
- Testzeit (Wert zwischen 10 min und 18 h) und Kammervolumen (Wert siehe technische Daten) eingeben, Eingaben übernehmen und zum Hauptfenster zurückkehren.
- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Systemtest" auswählen.
- "Lecktest" auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.

Die Parameter für den Lecktest wurden von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen speziell für die Gefriertrocknungsanlagen entwickelt. In einem ersten Schritt müssen diese Parameter (Vakuum, Eiskondensatortemperatur) erreicht werden. Erst wenn die Bedingungen erfüllt sind, schließt das Drucksteuerventil, und in einem zweiten Schritt wird die eigentliche Dichtheitsprüfung durchgeführt.

Das Ergebnis wird per Dialogfenster angezeigt.

Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über die SCADA-Software LPCplus, werden die Ergebnisse dort in der Ereignisliste dokumentiert.

Auswertung:

Die nach Testende errechnete Leckrate gibt Aufschluss über die Dichtheit des Systems: ist der Schwellenwert unterschritten, gilt der Test als bestanden; bei Überschreiten des Wertes gilt der Test als fehlgeschlagen.

*Kapazitätstest -30°C (3)*

**HINWEIS**

Der "Kapazitätstext -30°C" ist für Anlagen mit einem einstufigen und einem zweistufigen Kältesystem vorgesehen.

Der "Kapazitätstext -30°C" ist ein Trocknungsprogramm zur Überprüfung der Eiskondensatorkapazität (bei Kühlung der Stellflächen auf -30°C in der "Gefrieren"-Phase).

Durchführung:

- Schalen mit Wasser füllen und auf die Stellflächen stellen. Die Wassermenge muss 2/3 der maximalen Eiskondensatorkapazität entsprechen.
- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Standard Systemtest" auswählen.
- "Kapazitätstext -30°C" auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.

In der "Gefrieren"-Phase werden die Stellflächen zunächst auf -30°C gekühlt. Die Parameter für die folgenden "Haupttrocknen"- und "Nachtrocknen"-Abschnitte sind so gewählt, dass das Wasser nach 24 Stunden vollständig aus den Schalen sublimiert und am Eiskondensator gebunden sein soll.

Nach Prozessende öffnet sich ein Dialogfenster mit einer Sicherheitsabfrage. Nach Bestätigung dieser Abfrage wird die Anlage in Standby geschaltet.

Auswertung:

Der Test gilt als erfolgreich, wenn die Schalen nach Prozessende kein Wasser/Eis mehr enthalten.

*Kapazitätstest -50°C (4)*

**HINWEIS**

Der "Kapazitätstest -50°C" ist für Anlagen mit mindestens zwei zweistufigen Kältesystemen vorgesehen.

Der "Kapazitätstest -50°C" ist ein Trocknungsprogramm zur Überprüfung der Eiskondensatorkapazität (bei Kühlung der Stellflächen auf -50°C in der "Gefrieren"-Phase).

Durchführung:

- Schalen mit Wasser füllen und auf die Stellflächen stellen. Die Wassermenge muss 2/3 der maximalen Eiskondensatorkapazität entsprechen.
- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Standard Systemtest" auswählen.
- "Kapazitätstest -50°C" auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.

In der "Gefrieren"-Phase werden die Stellflächen zunächst auf -50°C gekühlt. Die Parameter für die folgenden "Haupttrocknen"- und "Nachtrocknen"-Abschnitte sind so gewählt, dass das Wasser nach 24 Stunden vollständig aus den Schalen sublimiert und am Eiskondensator gebunden sein soll.

Nach Prozessende öffnet sich ein Dialogfenster mit einer Sicherheitsabfrage. Nach Bestätigung dieser Abfrage wird die Anlage in Standby geschaltet.

Auswertung:

Der Test gilt als erfolgreich, wenn die Schalen nach Prozessende kein Wasser/Eis mehr enthalten.

*Stellflächenkühlungstest (5)*

**HINWEIS**

Der Test ist ausschließlich für Gefriertrocknungsanlagen des Typs Epsilon 2-6D LSCplus und Epsilon 2-10D LSCplus geeignet.

Der Stellflächenkühlungstest dient zur Überprüfung der Leistung der Stellflächenkühlung (Kältemaschine 2) während der "Haupttrocknen"-Phase.

Für den Test müssen die Stellflächen leer sein.

Durchführung:

- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Standard Systemtest" auswählen.
- "Stellflächenkühlungstest" auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.

Die Parameter für die "Haupttrocknen"-Abschnitte sind so gewählt, dass das Kältesystem 1 ausschließlich auf den Eiskondensator wirkt, während die Stellflächenkühlung nur durch das Kältesystem 2 erfolgt.

Nach Prozessende öffnet sich ein Dialogfenster mit einer Sicherheitsabfrage. Nach Bestätigung dieser Abfrage wird die Anlage in Standby geschaltet.

Auswertung:

Zur Bewertung der Ergebnisse setzen Sie sich bitte mit dem Support der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH in Verbindung.

*Temperaturverteilungstest (Shelf Mapping) (6)*

Der Temperaturverteilungstest ist ein Trocknungsprogramm/-rezept, das nur dazu dient, die Stellflächen jeweils für eine bestimmte Zeit auf +20°C, -40°C und +40°C zu temperieren, um bei jeder dieser drei Temperaturen mit Hilfe eines externen Shelf-Mapping-Systems die Temperaturverteilung auf den Stellflächen ermitteln zu können.

Für den Test müssen die Thermoblöcke des Shelf-Mapping-Systems mit eingesetzten Temperatursensoren gleichmäßig auf den Stellflächen verteilt und mit dem externen Messwertschreiber verbunden werden.

Durchführung:

- Aus dem Hauptfenster "Manuell" die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" - "Standard Systemtest" auswählen.
- "Temperaturverteilungstest" auswählen und über die Schaltfläche "Run" starten.
- Gleichzeitig die externe Messwertaufzeichnung starten.

Während des Tests werden die verschiedenen Stellflächentemperaturen angefahren und jeweils für eine bestimmte Zeit konstant gehalten, um die Temperaturverteilung im statischen Zustand zu erhalten.

Nach Prozessende öffnet sich ein Dialogfenster mit einer Sicherheitsabfrage. Nach Bestätigung dieser Abfrage wird die Anlage in Standby geschaltet.

Die externe Messwertaufzeichnung kann nun beendet werden.

Auswertung:

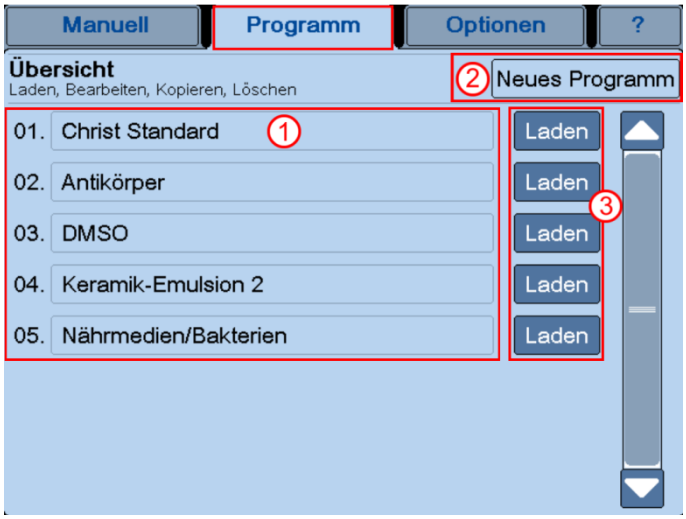
Zur Bewertung der Ergebnisse setzen Sie sich bitte mit dem Support der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH in Verbindung.

**Schaltfläche "Stopp" (9)**

Durch Drücken dieser Schaltfläche wird der aktuelle Prozess gestoppt. Die Anlage wechselt in den Standby-Status.

### 6.7.1.2 Hauptfenster "Programm"

Im Hauptfenster "Programm" werden mit Hilfe des Programmgebers PGMplus programmierte Gefriertrocknungsprozesse geladen, geändert und neue Programme erstellt.




1 Programmliste
2 Schaltfläche "Neues Programm"
3 Schaltflächen "Laden"

*Abb. 29: Übersicht Hauptfenster "Programm"*

#### Programmliste (1)

Nach Auswahl des Hauptfensters "Programm" erscheint zunächst eine Übersicht über die bereits gespeicherten Programme. Über die Schaltfläche "Laden" (3) hinter dem Programmnamen werden die Programmdaten übernommen. Alle Programme können geladen, bearbeitet, kopiert oder gelöscht werden (s. Kap. 6.7.3 - "Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus").

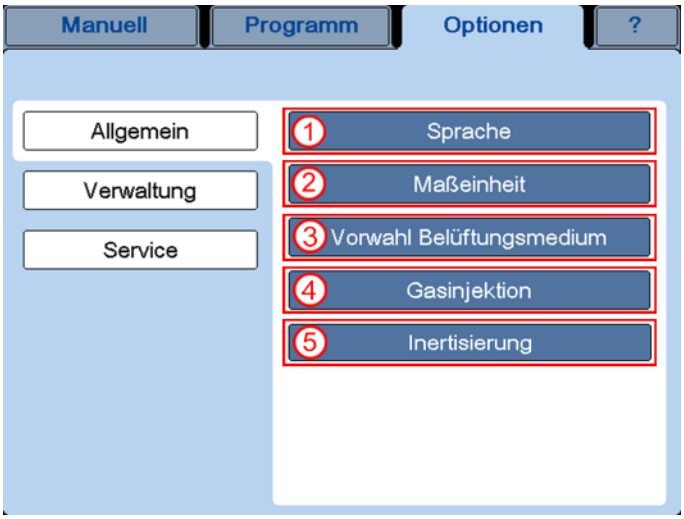
#### Dialogfenster "Neues Programm" (2)

In diesem Dialogfenster können neue Programme auf Basis eines bereits bestehenden Programms oder ganz ohne Vorgabe erstellt werden (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

### 6.7.1.3 Hauptfenster "Optionen"

Im Hauptfenster "Optionen" können grundsätzliche Einstellungen der Anlagensteuerung vorgenommen werden. So soll eine optimale Anpassung an den Einsatzbereich der Gefriertrocknungsanlage erreicht werden.

**Allgemein**




**Optionen Allgemein:**

1 "Sprache"
2 "Maßeinheit"
3 Sonderausstattung: "Vorwahl Belüftungs-medium"
4 Sonderausstattung: "Gasinjektion"
5 Sonderausstattung: "Inertisierung"

*Abb. 30: Übersicht Hauptfenster "Optionen / Allgemein"*

Sprache (1)

Die Anlagensteuerung kann in diversen Sprachen bedient werden, die über das Dialogfenster ausgewählt werden.

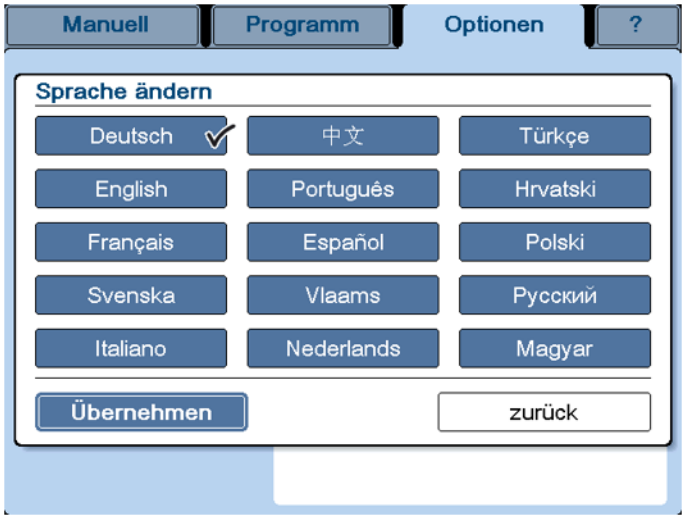



*Abb. 31: Dialogfenster "Sprache ändern"*

Maßeinheit (2)

In diesem Dialogfenster können die Maßeinheiten für Temperatur und Vakuum verändert werden.

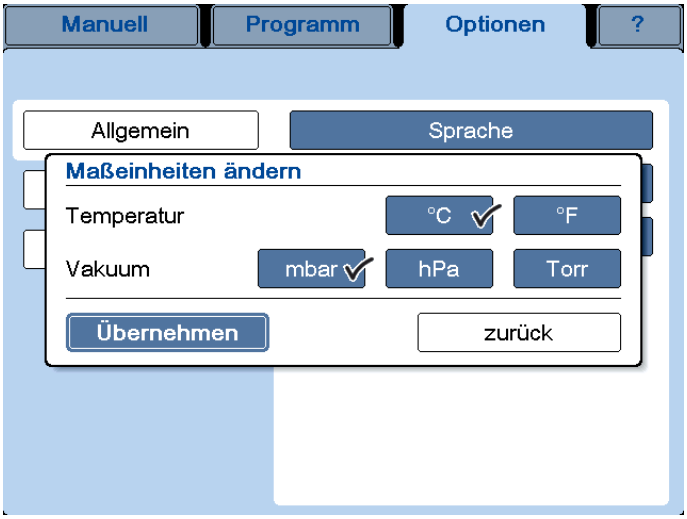



*Abb. 32: Dialogfenster "Maßeinheit"*

Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium (3)

Diese Funktion kann sowohl im manuellen Modus ausgeführt als auch in einem Programm hinterlegt werden (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

Bei der Ausstattung der Anlage mit einem automatischen Belüftungsventil und automatischen Ventilen zur Medienvorwahl wird über dieses Dialogfenster das Medium eingestellt, das für alle Belüftungsmedium-Anforderungen im manuellen Modus (ab Beginn der Haupttrocknung) und während des Abschnitts "Belüften" genutzt wird. In den Phasen "Gefrieren" und "Warm up" im manuellen Modus sowie den Betriebsarten "Abtauen", "Lecktest" und "Medienablauf" ist grundsätzlich Luft vorgewählt.

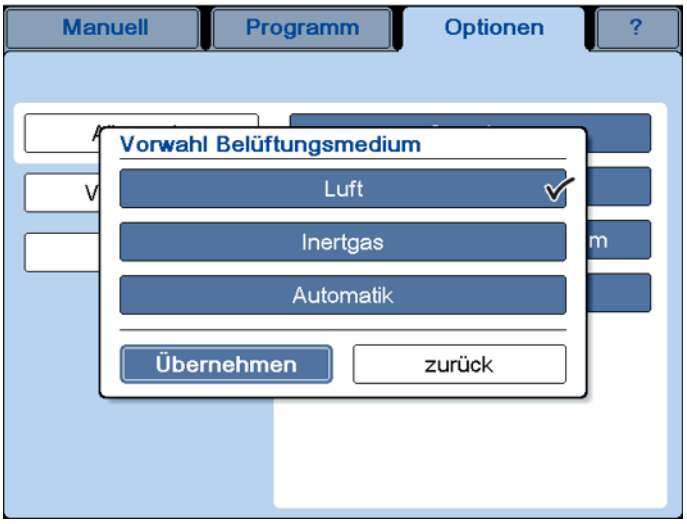



*Abb. 33: Dialogfenster "Vorwahl Belüftungsmedium"*

Falls die Vakuumregelung mit kontrolliertem Gaseinlass (Gasinjektion) arbeitet, erfolgt diese mit dem vorgewählten Medium.

Die folgenden Medienvorwahl-Einstellungen sind möglich:

- Luft: wählt den Medienanschluss "Luft" vor.
- Inertgas: wählt den Medienanschluss "Inertgas" vor.
- Automatik: automatische Medienanschlussvorwahl, abhängig vom Kammerdruck und Verschlussstatus der Produktfläschchen:
  - Kammerdruck ≥ 950 mbar: Vorwahl des Medienanschlusses "Luft".
  - Kammerdruck < 950 mbar: Vorwahl des Medienanschlusses "Inertgas".

Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil (4)

Diese Funktion kann sowohl im manuellen Modus ausgeführt als auch in einem Programm hinterlegt werden (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

Über das Dialogfenster wird das zu verwendende Verfahren zur Vakuumregelung vorgewählt, sofern die Anlage mit einem Proportional-Gasinjektionsventil ausgestattet ist.

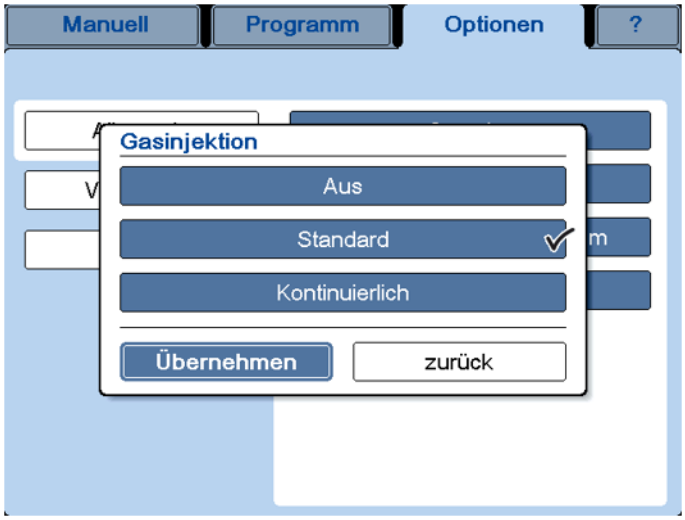



*Abb. 34: Dialogfenster "Gasinjektion"*

Folgende Verfahren sind möglich:

- Schaltfläche "Aus": Die Gasinjektion ist deaktiviert. Die Vakuumregelung erfolgt ausschließlich durch Öffnen und Schließen des Drucksteuerventils in der Saugleitung der Vakuumpumpe.
- Schaltfläche "Standard": Die Vakuumregelung erfolgt durch die Kombination von Evakuierung und Gasinjektion. Das elektromagnetische Gasinjektionsventil, das in Reihe mit dem Proportionalventil geschaltet ist, ist ständig geöffnet. Ist das aktuelle Vakuum besser als der Sollwert, wird durch Öffnen des Proportionalventils Gas injiziert. Die Durchlassöffnung des Ventils wird automatisch geregelt. Ist es schlechter als der Sollwert, erfolgt die Evakuierung durch das Öffnen des Drucksteuerventils in der Saugleitung der Vakuumpumpe.
- Schaltfläche "Kontinuierlich": Im Bereich von 6 mbar bis zum Endvakuum erfolgt die Vakuumregelung bei ständig geöffnetem Drucksteuerventil und elektro-magnetischem Gasinjektionsventil ausschließlich durch Variieren des Injektionsdurchflusses mittels Proportionalventil. Zunächst wird das Proportionalventil geschlossen. Über 6 mbar erfolgt die Regelung wie unter "Aus" beschrieben.

Sonderausstattung: Inertisierung (5)

(s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen")

Ist die Option "Inertisierung" aktiviert und die Anlage befindet sich im Modus "Standby", "Manuell-Gefrieren", "Programm-Beladen" oder "Programm-Gefrieren", wird nach Schließen der Beladetür für die Dauer der vorgewählten Inertisierungszeit eine automatische Inertisierung der Trocknungskammer vorgenommen. Die Betriebsart wechselt zu "Run Inertisieren".

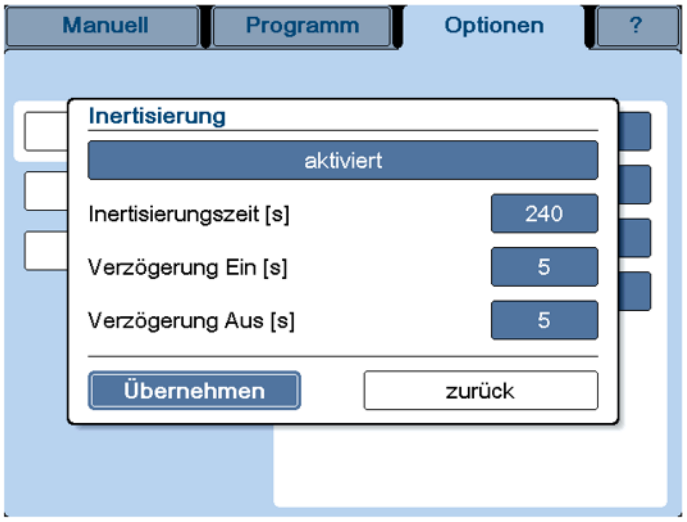



*Abb. 35: Dialogfenster "Inertisierung"*

Eine erfolgreiche Inertisierung ist Voraussetzung für die Fortsetzung des Prozesses in den Betriebsarten

- Manuell
- Programm
- Abtauen
- Medienablauf.

Alle anderen Betriebsarten können ohne erfolgreich durchlaufende Inertisierungssequenz gestartet werden.

Folgende Parameter können eingestellt werden:

- Die Inertisierungszeit bestimmt die effektive Inertisierungsdauer bei offenen Ein- und Auslassventilen und kann in einem Bereich von 1…9999 Sekunden eingestellt werden.
- Der Parameter "Verzögerung Ein" bestimmt die Dauer vom Öffnen der Einlassventile bis zum Öffnen der Auslassventile. Der Einstellbereich liegt bei 0…99 Sekunden.
- Der Parameter "Verzögerung Aus" bestimmt die Dauer vom Schließen der Einlassventile bis zum Schließen der Auslassventile. Der Einstellbereich liegt bei 0…99 Sekunden.

Eine Inertisierung kann durch Drücken der Schaltfläche "Stopp" abgebrochen werden.

**HINWEIS**

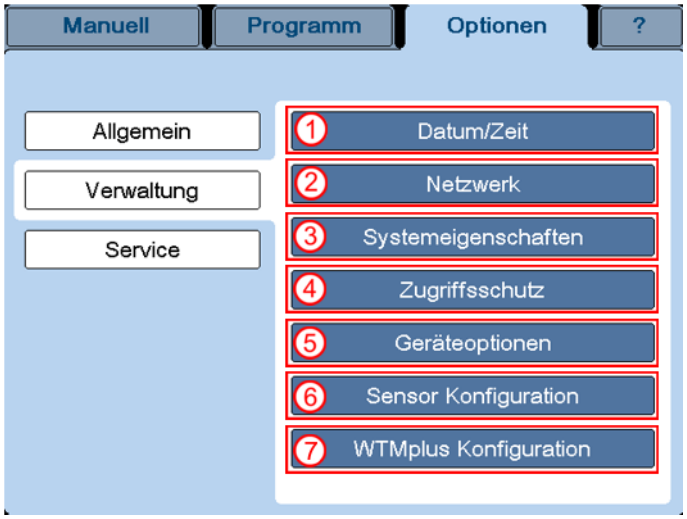
Wurde die Inertisierung im Modus "Manuell-Gefrieren", "Programm-Beladen" oder "Programm-Gefrieren" ausgelöst, wird durch "Stopp" auch der Gefriertrocknungsprozess abgebrochen!

Fällt der Volumenstrom in der Inertisierungsleitung für mehr als 5 Sekunden unter einen bestimmten Schwellenwert (Voreinstellung am Durchflussmesser), oder wird die Beladetür während einer Inertisierungssequenz geöffnet, wird der Vorgang ebenfalls abgebrochen.

**WARNUNG**

Um einen unauthorisierten Zugriff auf das Dialogfenster "Inertisierung" zu verhindern, empfehlen wir unbedingt, den Zugriff auf die Steuerung per Passwort zu schützen (siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Absatz: "Verwaltung"/"Zugriffschutz" (4)).

### Verwaltung




**Optionen Verwaltung:**

1 "Datum/Zeit"
2 "Netzwerk"
3 "System Eigenschaften"
4 "Zugriffschutz"
5 "Geräte Optionen"
6 "Sensor Konfiguration"
7 "WTMplus Konfiguration"

*Abb. 36: Dialogfenster "Optionen / Verwaltung"*

Datum / Zeit (1)

Die LSCplus Anlagensteuerung verfügt über eine eingebaute batteriegepufferte Uhr. Nach Ausfall der Pufferbatterie müssen Datum und Uhrzeit neu eingestellt werden.

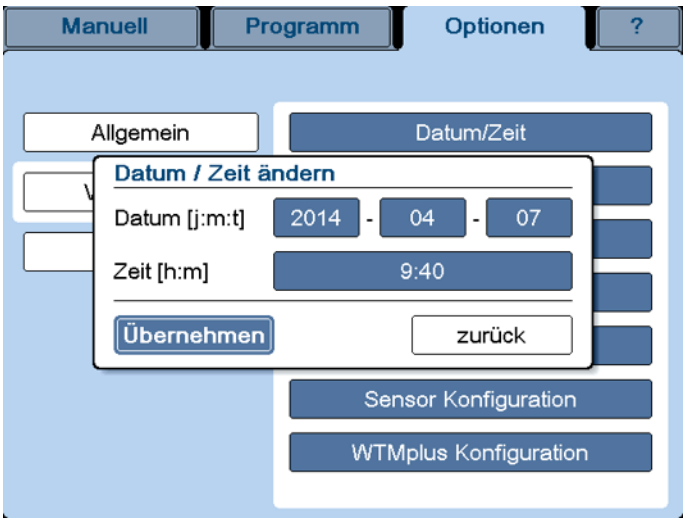



*Abb. 37: Dialogfenster Datum/Zeit*

Netzwerk (2)

In diesem Dialogfenster können Netzwerkeinstellungen geändert werden.

**HINWEIS**

Die Änderungen werden erst nach einem Neustart der Anlage übernommen.

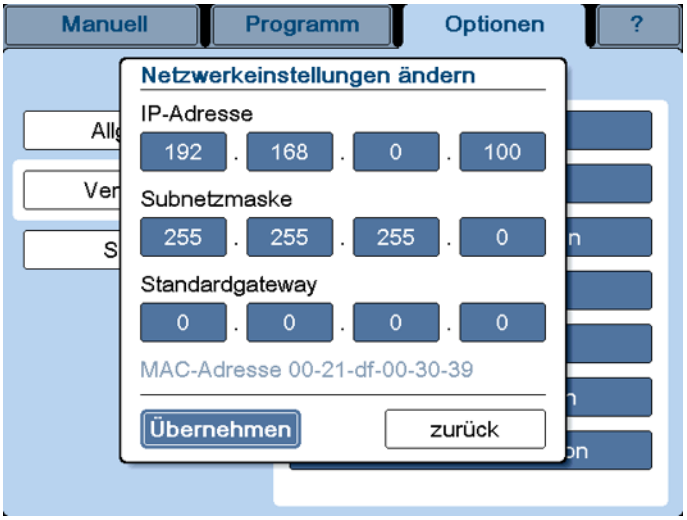



*Abb. 38: Dialogfenster "Netzwerk"*

Systemeigenschaften (3)

In diesem Dialogfenster können verschiedene Systemeigenschaften verändert werden.

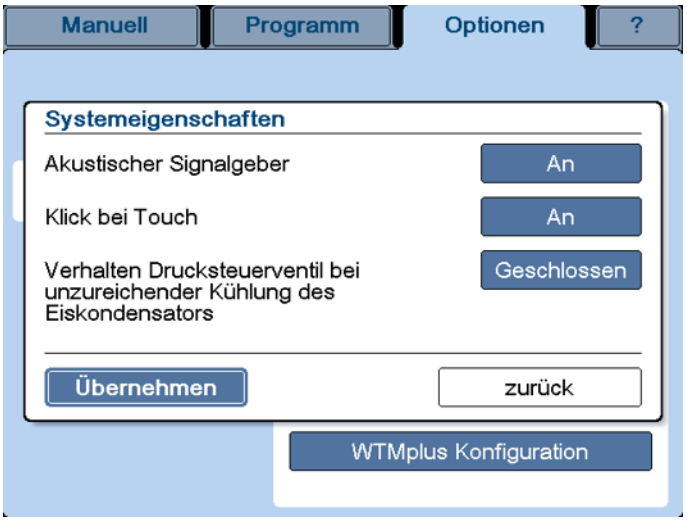



*Abb. 39: Dialogfenster " Systemeigenschaften"*

*Akustischer Signalgeber:* Ein akustisches Signal ertönt zum Beispiel beim Auftreten einer Störung.

- Bei der Einstellung "An" ertönt das akustische Signal im Abstand von einigen Sekunden solange, bis die Meldung quittiert wird.
- Bei der Einstellung "Ruhe" ertönt das akustische Signal einmalig beim Auftreten des Fehlers.
- Bei der Einstellung "Aus" ertönt kein akustisches Signal.

*Klick bei Touch:* Ist diese Funktion aktiviert, ertönt bei jeder registrierten Berührung einer Schaltfläche ein Klicklaut.

*Verhalten Drucksteuerventil bei unzureichender Kühlung des Eiskondensators:* Ist diese Funktion aktiviert (Schaltfläche "Geschlossen"), schließt das Drucksteuerventil bei einer Eiskondensatortemperatur von ≥ -20°C während der Trocknung, um Schäden an der Vakuumpumpe durch das Absaugen kondensierbarer Gase zu verhindern. Eine entsprechende Fehlermeldung wird angezeigt. Durch nochmaliges Betätigen der Schaltfläche wird die Funktion deaktiviert (Schaltfläche "Geregelt").

Zugriffschutz (4)

In diesem Dialogfenster können die Zugriffsrechte in mehreren Ebenen geregelt und mit einem Passwort geschützt werden.

In der Werkseinstellung bei aktiviertem Zugriffschutz können Daten zwar angesehen, aber nicht geändert werden.

*Abb. 40: Dialogfenster "Zugriffschutz"*

**HINWEIS**

Nur bei aktiviertem Zugriffschutz können die weiteren Schaltfelder aktiviert werden.

*Laufzeit Passworttimer:* Um einen unautorisierten Zugriff zu verhindern, wechselt das System nach einer vorgegebenen Zeit automatisch zurück in die Grundeinstellung.

In der Statuszeile erscheint ein kleines Schlosssymbol, darunter wird die verbleibende Zeit bis zur Sperrung heruntergezählt. Gleichzeitig erscheint im Feld der Ist-Daten eine Schaltfläche mit einem großen Schlosssymbol.

*Abb. 41: Countdown Passworttimer und Schaltfläche "Schloss"*

- Mit der Schaltfläche "Schloss" wird der Zugriff sofort gesperrt, das System wechselt in die Grundeinstellung.

*Abb. 42: Zugriff gesperrt, keine Änderungen möglich*

*Passwort Bediener / Service / Administrator:* Für jede dieser Ebenen sind bestimmte Änderungsrechte definiert, die mit dem jeweiligen Passwort freigegeben werden.

Die Rechte der einzelnen Ebenen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

| Aktion | Bediener | Service | Administrator |
|---|---|---|---|
| Daten des aktuellen Prozessablaufs bearbeiten (z.B. Betriebsart wählen, Sollwerte ändern) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Servicefunktionen bearbeiten (z.B. Ölwechsel Vakuumpumpe bei ölgedichteten Pumpen) | -- | ✓ | ✓ |
| Grundeinstellungen bearbeiten (z.B. Zugriffschutz ändern, Programme erstellen und bearbeiten, Systemeinstellungen bearbeiten) | -- | -- | ✓ |

Geräteoptionen (5)

In diesem Dialogfenster sind alle Geräteoptionen aufgeführt, die für diese Anlage verfügbar sind. Eine Aufstellung der möglichen Optionen ist unter Kapitel 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen" zu finden. Optionen, für die ein seriennummerngebundener Freischaltcode benötigt wird, sind mit dem Symbol ("🔒") gekennzeichnet.

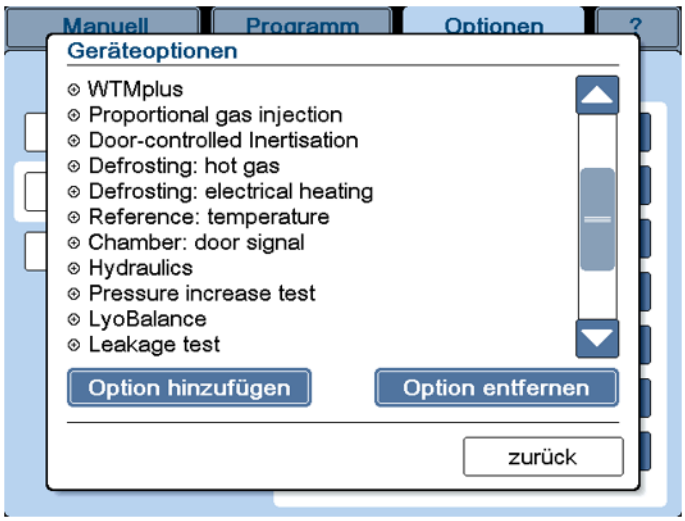



*Abb. 43: Dialogfenster Geräteoptionen - Beispiel*

Soll die Gefriertrocknungsanlage um eine Option erweitert werden, erfolgt die Freigabe ebenfalls über dieses Dialogfenster.

- Schaltfläche "Option hinzufügen" drücken. Es erscheint ein Eingabefenster.
- Den sechsstelligen CHRIST Freischaltcode eingeben, der für diese Option geliefert wurde, dabei auf Groß- und Kleinschreibung achten.

In gleicher Weise werden Optionen entfernt.

**HINWEIS**

Die Änderungen werden erst nach einem Neustart der Anlage übernommen.

Sensor Konfiguration (6)

**VORSICHT**

Die Sensorkonfigurationen sind von der Ausstattung der Anlage abhängig. Bei falscher Konfiguration ist die korrekte Funktion der Anlage nicht gewährleistet.

In diesem Dialogfenster werden die vorhandenen Sensoren konfiguriert.

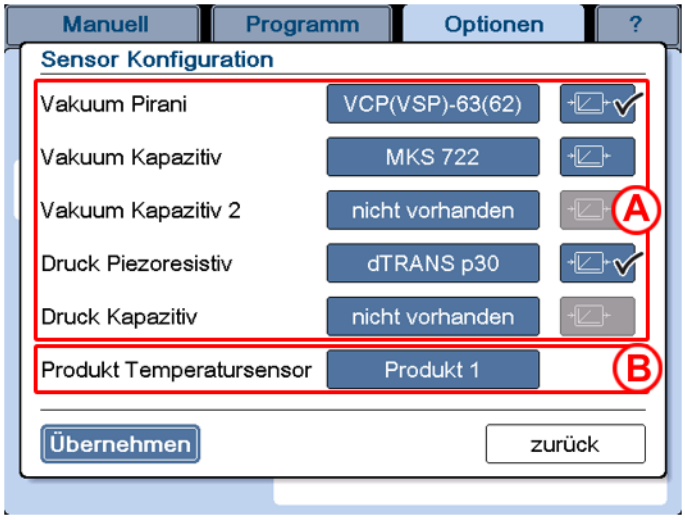



*Abb. 44: Dialogfenster "Sensor Konfiguration" (Beispiel)*

*Vakuummesssonden (siehe Abb. oben, Pos. A)*

Für Vakuum und Druck sind jeweils zwei Messverfahren aufgeführt, für die unterschiedliche Sonden ausgewählt werden können.

- Zum Ändern die Schaltfläche mit dem Namen der Messsonde drücken. Nacheinander erscheinen alle möglichen Fabrikate.

Die rechte Schaltfläche hinter jeder Sonde zeigt ein Regelsymbol. Das Häkchen an einer Schaltfläche kennzeichnet die Regelsonde, d.h. diese Sonde ist maßgeblich für das Vakuum in der Anlage. Ist eine zweite Sonde vorhanden, dienen deren Daten lediglich als Vergleichswert.

*Produkttemperatursensor (siehe Abb. oben, Pos. B)*
*Nur für Anlagen mit WTMplus-System*

Standardmäßig wird zur Bestimmung des Wertes "ΔT Produkt" der kabelgebundene Produkttemperatursensor 1 verwendet (siehe Kapitel 6.7.3 - "Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus", Abschnitt "Weiterschaltbedingungen").

Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über das drahtlose Temperaturmess-system WTMplus, kann an dieser Stelle auch ein anderer kabelgebundener Produkttemperatursensor oder ein WTMplus-Sensor ausgewählt werden:

- Schaltfläche des Produkttemperatursensors betätigen. Ein Drop-Down-Menü mit allen verfügbaren Sensoren wird angezeigt.
- Den Sensor auswählen, der zur Bestimmung von "ΔT Produkt" verwendet werden soll.
- Drop-Down-Menü verlassen. Durch Betätigen der Schaltfläche "Übernehmen" wird das Dialogfenster geschlossen und die Auswahl gespeichert.

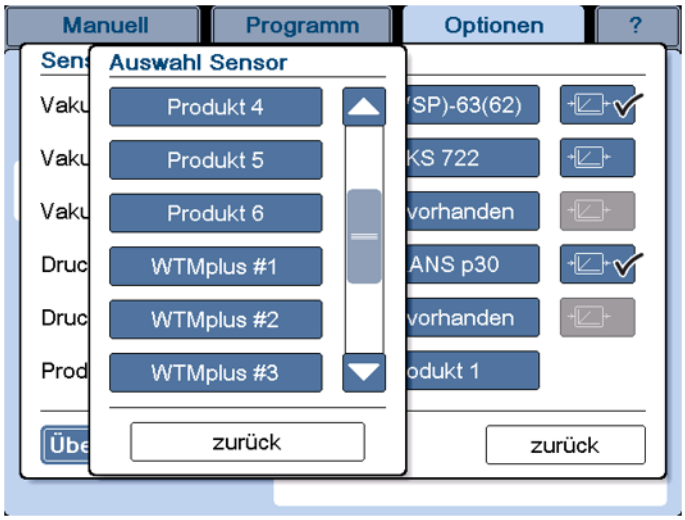



*Abb. 45: Auswahl des Produkttemperatursensors (nur bei Anlagen mit WTMplus-System)*

WTMplus Konfiguration (7)

**HINWEIS**

Das Dialogfenster dient lediglich der Information.
Änderungen an der Konfiguration können ausschließlich über die LPCplus-Benutzeroberfläche vorgenommen werden.

In diesem Dialogfenster werden alle vorhandenen WTMplus-Temperaturmesssensoren aufgeführt. Jeder Sensor ist über seine Seriennummer einem Kanal zugeordnet. Neben der Messkanal- und Seriennummer des Sensors wird die jeweilige Temperatur sowie ein Signal-Qualitäts-Index (SQI) angezeigt. Hier zeigt ein Balken in jedem Feld die Signalqualität an:

- Grün: gute Signalqualität
- Gelb: mäßige Signalqualität
- Rot: unzureichendes Signal

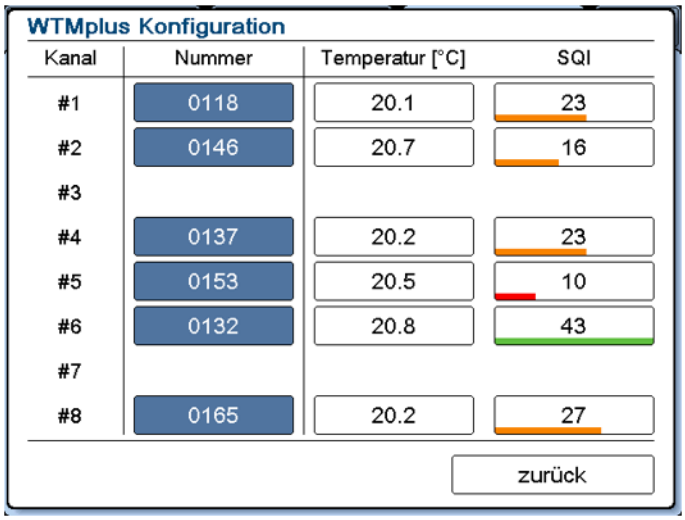
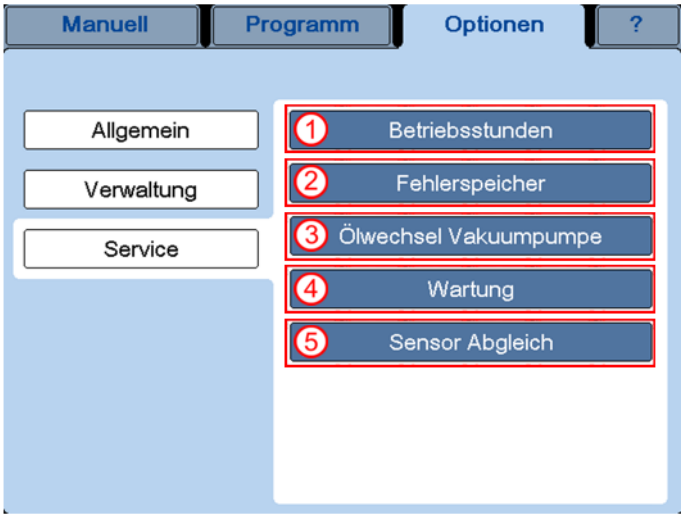



*Abb. 46: Dialogfenster "WTMplus Konfiguration"*

## Service




**Optionen Service:**

1 "Betriebsstunden"
2 "Fehlerspeicher"
3 "Ölwechsel Vakuumpumpe"
4 "Wartung"
5 "Sensor Abgleich"

*Abb. 47: Dialogfenster "Service" (variiert je nach Anlagentyp)*

Betriebsstunden (1)

In diesem Dialogfenster können die Betriebsstunden einzelner Komponenten der Gefriertrocknungsanlage, wie z.B. Kühlmaschine, Vakuumpumpe oder Drucksteuerventil abgefragt werden. Zusätzlich zur Bezeichnung wird das → *Betriebsmittelkennzeichen* angegeben.

Diese Daten dienen ausschließlich der Information; eine Änderung ist nicht möglich.

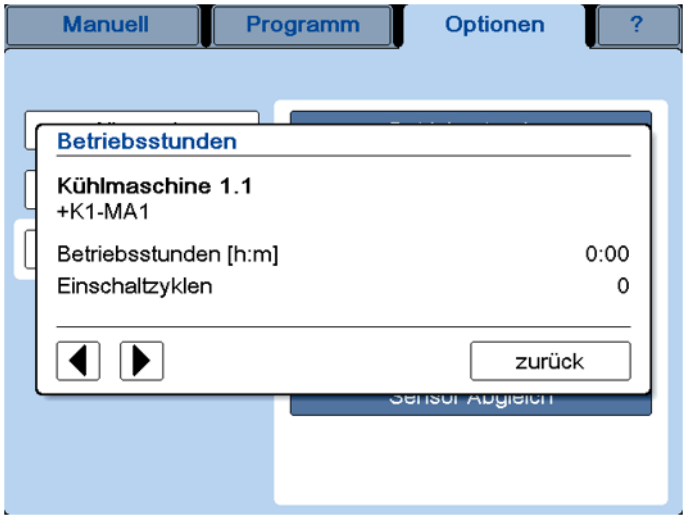



*Abb. 48: Dialogfenster " Betriebsstunden", hier: Kühlmaschine 1.1*

Fehlerspeicher (2)

Im Fehlerspeicher werden die zuletzt aufgetretenen Meldungen des Prozess- und Anlageninformationssystems gespeichert. Sie können über dieses Dialogfenster eingesehen werden. Der Fehlerspeicher umfasst die letzten 32 Meldungen; bei Überschreitung der Anzahl wird die älteste Meldung gelöscht.

Die einzelnen Meldungen werden durch Betätigen der Pfeiltasten aufgerufen.

Hinter dem Text jeder Fehlermeldung wird ein Fehlercode angezeigt.

**HINWEIS**

Bei Rückfragen oder Serviceanforderungen stets den Fehlercode angeben!

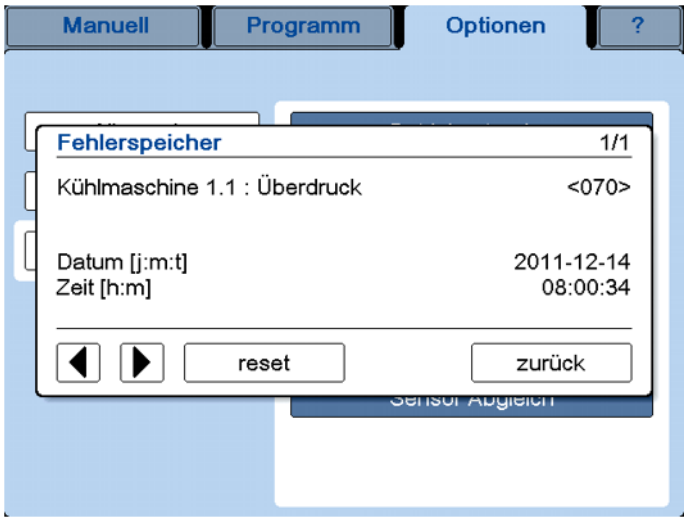



*Abb. 49: Dialogfenster "Fehlerspeicher"*

Ölwechsel Vakuumpumpe (3)

**HINWEIS**

Diese Option betrifft nur ölgedichtete Vakuumpumpen!

Das System überwacht das Ölwechselintervall der Vakuumpumpe. Je nach Fabrikat und Nutzung kann das Intervall angepasst werden.

Wenn das Ende eines Ölwechselintervalls erreicht ist, wird eine entsprechende Meldung angezeigt.

- Meldung quittieren.
- Ölwechsel an der Vakuumpumpe vornehmen.
- Betriebsstundenzähler im Dialogfenster "Ölwechsel Vakuumpumpe" durch Drücken der Schaltfläche "reset" zurücksetzen.

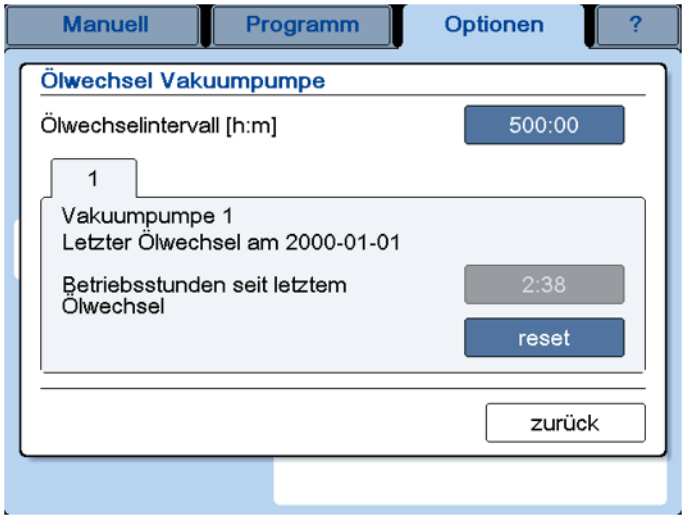



*Abb. 50: Dialogfenster "Ölwechsel Vakuumpumpe"*

Wartung (4)

Das Wartungsintervall für die Anlage ist mit 3000 Betriebsstunden, mindestens 1x jährlich, festgelegt.

Wenn das Ende eines Wartungsintervalls erreicht ist, wird eine entsprechende Meldung angezeigt.

- Meldung quittieren.
- Einen Termin zur Wartung Ihrer Gefriertrocknungsanlage vereinbaren.
- Der Betriebsstundenzähler im Dialogfenster "Wartung" wird durch unsere Servicetechniker nach erfolgter Wartung zurückgesetzt.

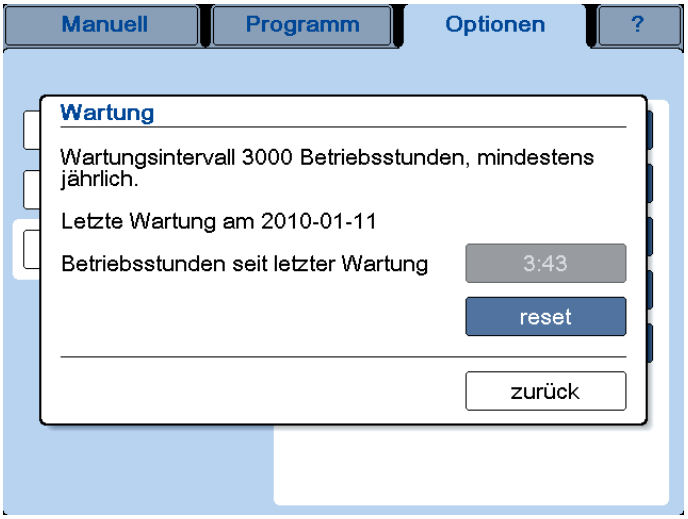



*Abb. 51: Dialogfenster "Wartung"*

Sensor Abgleich (5)

In diesem Dialogfenster werden die einzelnen Sensoren mit einem vorgegebenen Referenzwert abgeglichen.

| | |
|---|---|
| **VORSICHT** | Falsch abgeglichene Sensoren führen zu falschen Messwerten, die keine einwandfreie Prozesssteuerung ermöglichen. |
| **HINWEIS** | Der Sensorabgleich muss von autorisiertem Fachpersonal durchgeführt werden. |

#### 6.7.1.4 Hauptfenster "?"

In diesem Hauptfenster sind die wichtigsten Informationen zu Ihrer Gefriertrocknungsanlage hinterlegt:

1 Typ der Gefriertrocknungsanlage
2 Typ der Anlagensteuerung
3 Fabriknummer (Seriennummer)
4 Kontakt zum Hersteller
5 Detailinformationen zu Software-Versionen

*Abb. 52: Anlageninformationen (Beispiel)*

**HINWEIS**

Bitte geben Sie bei Rückfragen im Werk die hier aufgeführten Nummern an.

### 6.7.2 Gefriertrocknung manuell

Im manuellen Modus geschieht das Weiterschalten von einer zur nächsten Gefriertrocknungsphase manuell durch den Benutzer. Der manuelle Modus wird durch Aufrufen des Hauptfensters "Manuell" aktiviert.

Für die einzelnen Prozessphasen ("Gefrieren", "Warm Up", "Haupttrocknen", "Nachtrocknen") werden vor Prozessbeginn die Sollwerte festgelegt. Anschließend wird der Gefriertrocknungsprozess über das Dialogfenster "Betriebsart wählen/starten" gestartet.

**HINWEIS**

Soll der Gefriertrocknungsprozess direkt mit der Phase "Haupttrocknen" gestartet werden, muss die Vakuumpumpe ca. 15 Minuten vor Prozessbeginn warmlaufen. Geschieht dies nicht, erscheint eine entsprechende Warnung beim Starten des Prozesses.

**HINWEIS**

Ist für eine Phase als Abschnittszeit "∞" (unendlich) vorgewählt, muss manuell über die Schaltfläche "Betriebsart wählen/starten" die nächste Phase angewählt werden.

Im manuellen Modus ist es möglich, während des Betriebs die Sollwerte der aktiven Phase zu ändern. Die Steuerung regelt die Anlage in diesem Fall auf schnellstem Wege auf die neuen Sollwerte.

Nach Ablauf einer Phase wird zur nächsten gewechselt, ohne dabei die Anlage in Standby zu versetzen. Der Übergang von "Gefrieren" zu "Warm Up" erfolgt automatisch. Nach Ablauf der "Warm Up"-Phase erscheint ein Dialogfenster:

*Abb. 53: Dialogfenster nach Ablauf der Warm Up-Phase*

Bis zur Bestätigung bleibt die Anlage in der "Warm Up"-Phase.

Der Übergang von "Haupttrocknen" zu "Nachtrocknen" erfolgt normalerweise automatisch.

Nach Ablauf der Phase "Nachtrocknen" erfolgt eine weitere Abfrage, mit der der Gefriertrocknungsprozess beendet wird. Bis zur Bestätigung der Abfrage bleibt die Anlage im "Run"-Modus.

Der Prozess kann jederzeit durch Drücken der Schaltfläche "Stopp" beendet werden. In diesem Fall geht die Anlage in den Standby-Modus über.

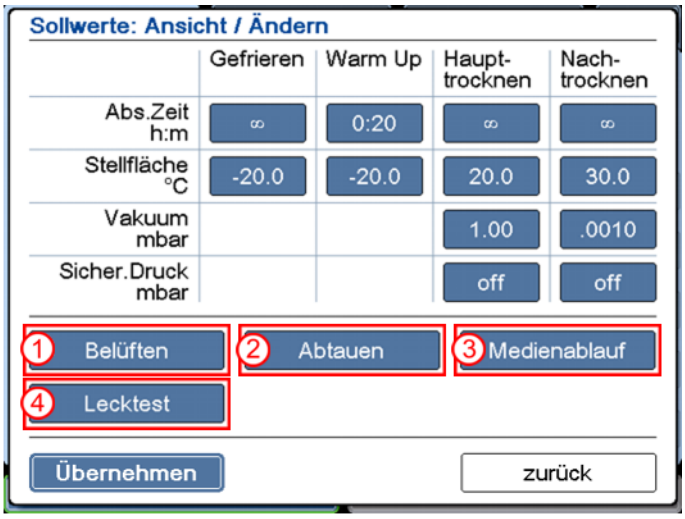
### 6.7.2.1 Sollwerteingaben im manuellen Modus

Für jede Phase sind Sollwerte hinterlegt. Für jeden Wert gibt es definierte Wertebereiche, die im jeweiligen Dialogfenster durch Drücken auf die Schaltflächen "min" oder "max." ermittelt werden können.

Zum Schutz des Produktes kann in jedem Trocknungsabschnitt ein → *Sicherheitsdruck* eingegeben werden.

Anzeigen oder Ändern der Sollwerte:

- Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern" auswählen (s. Kap. 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell""). Es erscheint folgendes Dialogfenster:



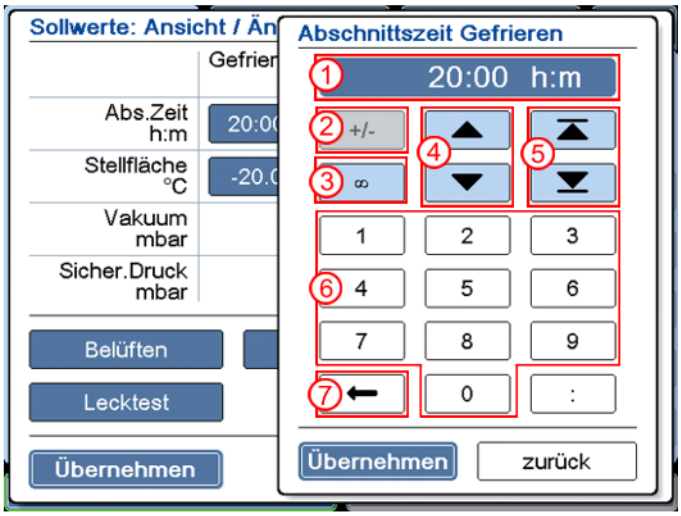

1 Schaltfläche "Belüften"
2 Schaltfläche "Abtauen"
3 Schaltfläche "Medien-ablauf" (Sonder-ausstattung)
4 Schaltfläche "Lecktest"

*Abb. 54: Dialogfenster "Sollwerte Ansicht / Ändern"*

Alle Felder, die als Schaltflächen gekennzeichnet sind, können geändert werden.

- Belüften (1)
  Ist die Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Belüftungs-ventil ausgestattet, wird über dieses Fenster der Druck vorgewählt, bis zu dem belüftet werden soll.
- Abtauen (2)
  Mit Hilfe dieser Schaltfläche werden Abtauzeit und Abtautemperatur (nicht bei Warmwasser-Abtauung) vorgewählt. Außerdem wird hier festgelegt, ob nach dem Abtauvorgang die Betriebsart Medienablauf (Sonderausstattung, siehe unten) automatisch gestartet wird.
- Medienablauf (3)
  Ist die Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Medienablauf für Kondensat oder ein anderes Medium ausgestattet, wird über diese Schaltfläche die Öffnungsdauer für den Medienablauf vorgewählt.
- → *Lecktest* (4)
  Bei Betätigen der Schaltfläche werden die Parameter angezeigt, mit denen der Lecktest durchgeführt wird. Zusätzlich müssen Testzeit und Kammervolumen angegeben werden (abhängig vom verwendeten Zubehör).

Alle numerischen Werte können über eine Zahlentastatur bearbeitet werden:




1 Sollwertanzeige
2 Vorzeichen ändern (z.B. bei der Eingabe von Temperaturwerten)
3 "∞" (unendlich)
4 Verändern des Wertes in definierten Schritten
5 Auswahl des maximal bzw. minimal möglichen Wertes
6 Eingabe eines Wertes über die Zahlentastatur
7 Löschen des angezeigten Wertes

*Abb. 55: Sollwerte ändern*

- Mit der Schaltfläche "Übernehmen" den neuen Wert bestätigen und die Zahlentastatur verlassen.
- Dialogfenster mit "Übernehmen" verlassen. Die Daten werden übernommen.
- Wird das Dialogfenster über die Schaltfläche "zurück" verlassen, werden die Änderungen verworfen.

### 6.7.3 Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus

Im Gegensatz zum manuellen Modus kann mit dem Programmgeber PGMplus ein kompletter Gefriertrocknungsprozess vollständig automatisch und unter reproduzierbaren Bedingungen ablaufen.

Ein Gefriertrocknungsprogramm ist in Abschnitte (1) gegliedert. Jedem Abschnitt im Programm werden bestimmte Sollwerte (2) zugewiesen. Ein Programm muss mindestens zwei Abschnitte und kann höchstens 64 Abschnitte haben. Insgesamt stehen 32 Programmplätze zur Verfügung.

In jedem Programm werden immer vier aufeinanderfolgende Abschnitte angezeigt, um den Zusammenhang darzustellen.

*Abb. 56: Darstellung eines Gefriertrocknungsprogramms*

### Programmabschnitte

Der Programmgeber führt bei der Abarbeitung eines Gefriertrocknungsprogramms die erstellten Abschnitte der Reihe nach aus, bis der letzte Abschnitt beendet ist.

In den einzelnen Abschnitten werden dabei für Temperatur und Vakuum lineare Rampen berechnet, die mit dem Sollwert des vorhergehenden Abschnitts beginnen und mit dem Sollwert des aktuellen Abschnitts enden.

Von Abschnitt zu Abschnitt findet also kein Sprung des Sollwertes statt, sondern eine ständige Anpassung, so dass am Ende der eingestellten Zeit die vorgewählte Stellflächentemperatur erreicht ist.

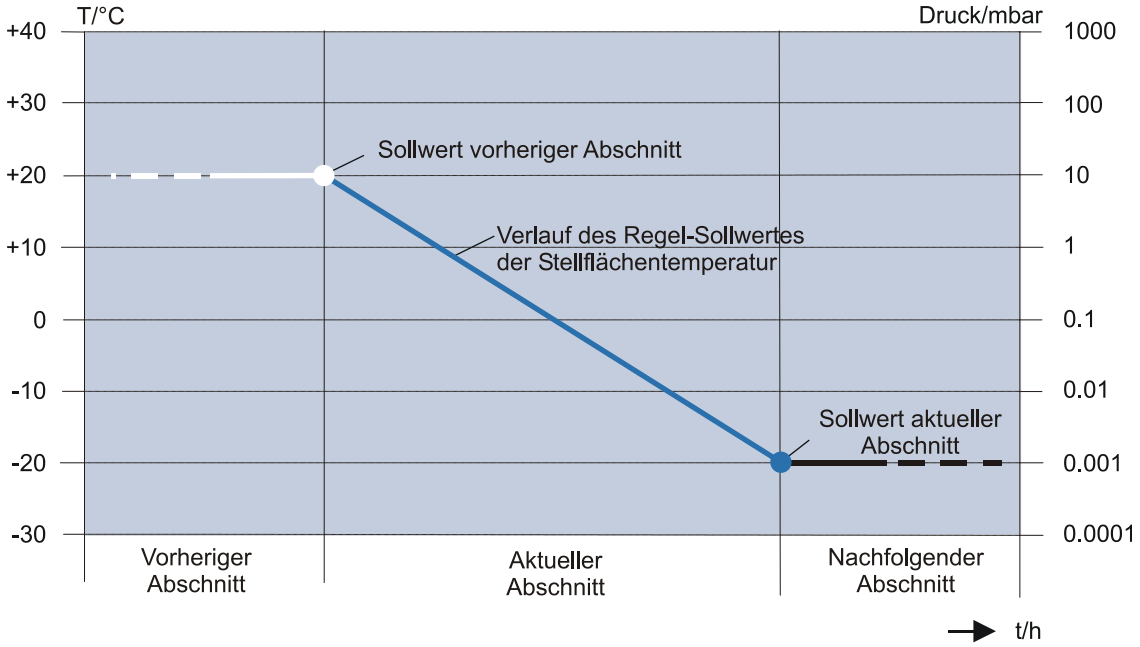



*Abb. 57: Grafische Darstellung der Veränderung des Regelsollwertes*

Zum Schutz des Produktes kann in jedem Trocknungsabschnitt ein → *Sicherheitsdruck* eingegeben werden.

**Weiterschaltbedingungen**

Damit alle Programmabschnitte automatisch abgearbeitet werden können, müssen am Ende jeden Abschnitts bestimmte Weiterschaltbedingungen erfüllt werden. Ist dies nicht der Fall – z.B. durch fehlerhafte Sollwert-vorgaben – erscheint eine entsprechende Prozessmeldung, und der Abschnitt wird verlängert.

Eiskondensatortemperatur: Dieser Wert wird nur beim Übergang von Gefrieren (Beladen) zum Trocknen überprüft. Die Eiskondensator-temperatur muss ≤ -40°C betragen.

Vakuum: Dieser Wert wird nur während der Trocknungsphase überprüft. Das tatsächliche Vakuum darf max. 20% vom Sollwert abweichen. Bei einem Sollwert von 0,001 mbar (Endvakuum) erfolgt keine Überprüfung. Um das Vakuum schnellstmöglich zu erreichen, kann eine Abschnittszeit von 1 min vorgewählt werden. Da dies in der Praxis nicht realisierbar ist, wird eine Prozessmeldung in diesem Fall erstmals nach 15 Minuten ausgegeben.

ΔT Stellfläche: Dieser Wert definiert die zulässige Abweichung der Stellflächentemperatur von der Sollwertvorgabe. Am Abschnittsende wird die tatsächliche Temperatur der Stellflächen (bei WST Stellfläche 1) mit dem Sollwert verglichen. Liegt die Stellflächentemperatur außerhalb des gültigen Bereichs, wird der Abschnitt verlängert, bis die Abweichung in einem zulässigen Bereich ist.

ΔT Produkt: Dieser Wert gibt die zulässige Abweichung der Produkt-temperatur von der Sollwertvorgabe an. Standardmäßig wird der kabelgebundene Produkttemperatursensor 1 verwendet. Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über das drahtlose Temperaturmesssystem WTMplus, kann auch ein anderer kabelgebundener Produkttemperatursensor oder ein WTMplus-Sensor ausgewählt werden (siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Abschnitt "Verwaltung"/"Sensorkonfiguration").
In der Phase "Gefrieren" darf die Produkttemperatur um den definierten Wert nach oben abweichen; in der Trocknungsphase wird die Überschreitung der zulässigen Abweichung nach unten gemeldet.

LyoControl-Rx (optional bei Lyo Control LCplus): Der Wert LyoRx definiert den minimal zulässigen Wert des LyoControl-Sensors (gemessen an LyoControl-Sensor 1) während der Trocknung. Wird dieser Grenzwert unterschritten, wird die Stellflächenheizung abgeschaltet, um so ein Auftauen des Produktes durch zuviel Energiezufuhr durch die Stellflächentemperierung zu verhindern. Die Überprüfung des LyoControl-Wertes erfolgt nur während der Trocknungsphasen Haupttrocknen und Nachtrocknen.

Druckanstiegstest (optional): Je nach gewähltem Modus kann der Druckanstiegstest ebenfalls als Weiterschaltbedingung herangezogen werden (siehe Kapitel 6.7.3.1 - "Programm erstellen", Option: Druckanstiegstest). Im letzten Trocknungsabschnitt werden zwei Druckanstiegstests durchgeführt und ausgewertet. Sind beide Werte nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", ist die Weiterschaltbedingung erfüllt. Ist dies nicht der Fall, wird der Abschnitt verlängert. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.

ΔT Komparativ (optional): Dieser Wert gibt die Differenz zwischen Pirani- und kapazitiver Vakuummesssonde prozentual auf den Istwert der kapazitiven Vakuummesssonde bezogen an. Mit abnehmender Sublimationsrate verringert sich die Differenz; der Wert dient somit als Indikator zur Bestimmung des Trocknungsendes der Haupttrocknung. Ist der Sollwert zum Ende der Haupttrocknung nicht erreicht, wird der Abschnitt verlängert.

**HINWEIS**

Dürfen ausschließlich kapazitive Messsonden eingesetzt werden (z.B. bei der Trocknung von lösungsmittelhaltigen Produkten), ist die Durchführung einer komparativen Druckmessung nicht möglich.

**Warm-up Phase der Vakuumpumpe**

Neben der Abarbeitung der einzelnen Abschnitte steuert der Programmgeber PGMplus noch weitere Aufgaben, die während des Prozesslaufs durchgeführt werden sollen. Dazu gehört zum Beispiel das automatische Zuschalten der Vakuumpumpe.

Die WarmUp-Phase für die Vakuumpumpe wird vom Programmgeber PGMplus bei geschlossenem Drucksteuerventil direkt **vor** den ersten Trocknungsabschnitt in die Phase "Gefrieren" verlagert. Während des Warmlaufens der Vakuumpumpe bleibt das Drucksteuerventil geschlossen, so dass weder die Phase "Gefrieren" noch der Druck in der Trocknungskammer beeinflusst wird.

Die Dauer der WarmUp-Phase kann für jedes Programm separat festgelegt werden (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").

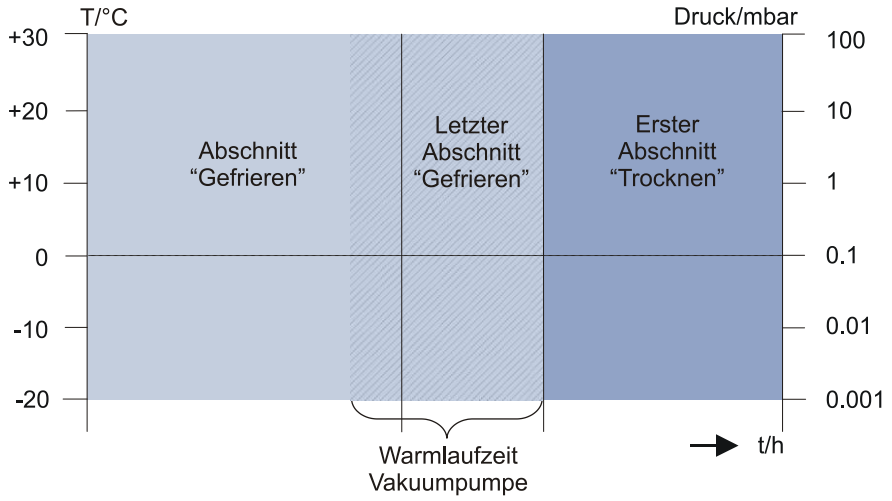
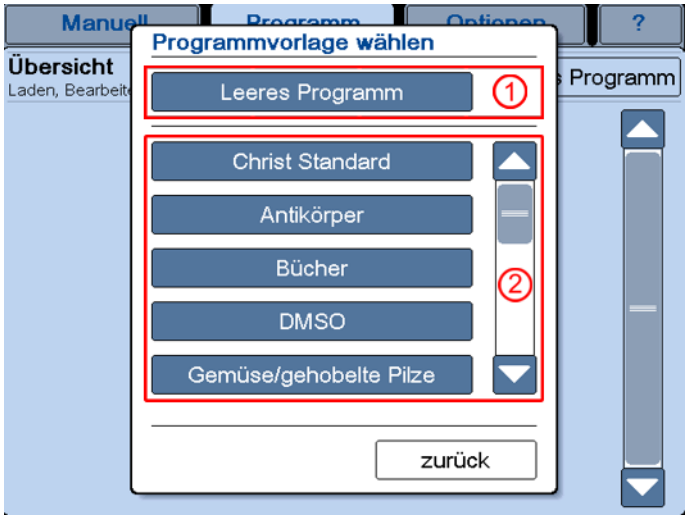



*Abb. 58: Die WarmUp-Phase der Vakuumpumpe wird direkt vor den ersten Trocknungsabschnitt in die Phase "Gefrieren" vorgelagert*

### 6.7.3.1 Programm erstellen

Um ein neues Programm zu erstellen:

- Im Hauptfenster "Programm" die Schaltfläche "Neues Programm" drücken. Es erscheint ein Dialogfenster, das verschiedene Programmvorlagen zur Auswahl anbietet. Die Bildlaufleiste am rechten Rand ermöglicht das Blättern in der Liste.




1 Leeres Programm erstellen

2 Programmvorlage auswählen

*Abb. 59: Dialogfenster Programmvorlage*

**Leeres Programm erstellen (1)**

Mit dieser Schaltfläche wird eine leere Programmvorlage aufgerufen. Lediglich Abschnitt 1 ist fest definiert als "Beladen". In dieser Phase werden die Startbedingungen des Programms festgelegt. Standardmäßig ist hier Raumtemperatur (20°C) vorgegeben.

**HINWEIS**

Wird das Produkt außerhalb der Gefriertrocknungsanlage eingefroren, muss in Abschnitt 1 die Stellflächentemperatur angepasst werden.

Für alle weiteren Abschnitte müssen die Sollwerte definiert werden (siehe folgende Abbildung):

- Schaltfläche "Abschnitt einfügen" (4) drücken und die Position des Abschnitts und die Gefriertrocknungsphase auswählen. Der Abschnitt wird an der definierten Stelle eingefügt.
- Parameter des eingefügten Abschnitts anpassen. Nicht alle Werte sind in allen Gefriertrocknungsphasen verfügbar.
- Nächsten Abschnitt einfügen und bearbeiten.

**HINWEIS**

Beim Erstellen eines Programms muss die Reihenfolge der einzelnen Gefriertrocknungsphasen beibehalten werden. So ist es z.B. nicht möglich, einen Abschnitt "Gefrieren" nach einem Abschnitt "Haupttrocknen" einzufügen.

**Schaltflächen "Programm":**

1 "Programm"
2 "Programmname"
3 "Diagramm zeigen"
4 "Abschnitt einfügen"
5 "Abschnitt löschen"
6 weitere Funktionen und Sollwerte aufrufen
7 "Speichern"

*Abb. 60: Leere Programmvorlage bearbeiten*

- Mit der Schaltfläche "Abschnitt löschen" (5) können Abschnitte wieder entfernt werden.
- Über die Schaltfläche ">>mehr" (6) können abhängig vom Anlagentyp weitere Funktionen und Sollwerte programmbezogen eingegeben werden (siehe nachfolgende Abschnitte unten).
- Auf diese Weise ein komplettes Programm nach individuellen Vorgaben erstellen.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Diagramm" (3) wird das Programm grafisch dargestellt.
- Durch Drücken auf die Schaltfläche "Programmname" (2) erscheint ein Fenster, mit dem der Name verändert werden kann.
- Mit der Schaltfläche "Speichern" (7) kann das Programm jederzeit zwischendurch und nach beendeter Eingabe gesichert werden.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm" (1) wird zurück in das Hauptfenster gewechselt. Falls noch nicht geschehen, erfolgt noch eine Abfrage, ob das Programm gespeichert werden soll.

Dem Programm wird automatisch der erste freie Programmplatz zugewiesen. Es ist nun erstellt und kann geladen werden.

Schaltfläche ">>mehr"

Über die Schaltfläche ">>mehr" eines Programms können verschiedene Funktionen und Sollwerte programmbezogen eingegeben werden.

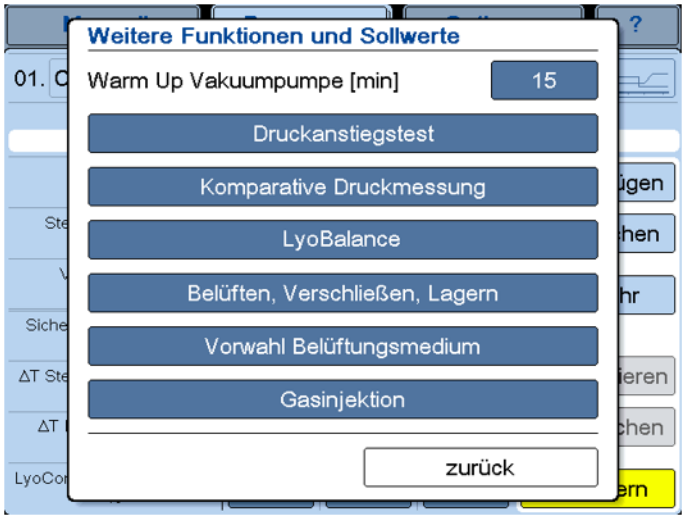



*Abb. 61: Auswahl programmbezogener Funktionen und Sollwerte*

*WarmUp Vakuumpumpe*

siehe Kapitel 6.7.3 - "Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus"

*Option: Druckanstiegstest (nur beim Zweikammer-Verfahren)*

Der → *Druckanstiegstest* kann nur dann ausgeführt werden, wenn die Gefriertrocknungsanlage mit einem Zwischenventil ausgerüstet ist.

**HINWEIS**

Die Anzeige des Messwertes "dp Test" kann im Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"" unter "Istwerte aktueller Prozess" im Dialogfenster "Auswahl Istwert" konfiguriert werden.

Im Gegensatz zum Druckanstiegstest im manuellen Modus kann im Programmmodus durch mehrmaliges Drücken der Schaltfläche zwischen verschiedenen Ausführungsvarianten gewählt werden.

- Periodischer Druckanstiegstest:
  Der Test wird periodisch während der gesamten Haupt- bzw. Nachtrocknung ausgeführt. Es gelten die Parameter "Testzeit" und "Zeit zwischen den Tests". Der maximale Druckanstieg wird auf 100 %, bezogen auf den Istwert zu Beginn der Messung, begrenzt. Wird der Wert überschritten, erfolgt ein Abbruch des Druckanstiegstests, um ein Antauen des Produkts zu verhindern.
- Weiterschaltbedingung:
  Im letzten Haupttrocknungs- bzw. Nachtrocknungsabschnitt werden zwei Druckanstiegstests durchgeführt und ausgewertet. Der Startzeitpunkt wird von der Anlagensteuerung automatisch berechnet, es gelten die Parameter "Testzeit" und "Zeit zwischen den Tests".
  Sind die Werte des Druckanstiegs bei beiden Tests nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschalt-

bedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.

- Periodisch & Weiterschaltbedingung:
  Diese Variante ist eine Kombination der vorher beschriebenen Möglichkeiten. Der Test wird periodisch während der gesamten Haupt- bzw. Nachtrocknung ausgeführt. Der maximale Druckanstieg wird auf 100 %, bezogen auf den Istwert zu Beginn der Messung, begrenzt. Überschreitet der Istwert vor Ablauf der vorgewählten Zeit den Sollwert, wird der Test abgebrochen, um ein Antauen des Produktes zu verhindern.
  Sind die Werte des Druckanstiegs bei beiden Tests nicht größer als der vorgegebene Parameter "Druckanstieg", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschalt-bedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
  Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist.
- Deaktiviert:
  Es wird kein Druckanstiegstest während der Haupt- bzw. Nachtrocknung durchgeführt. Eine Auswertung findet nicht statt.

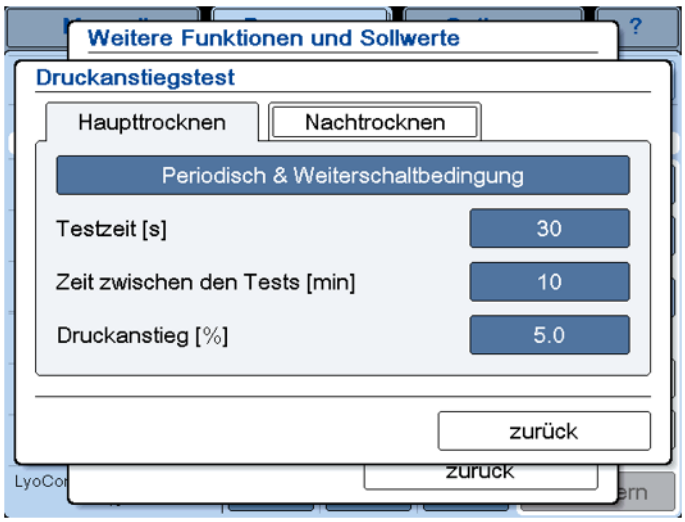



*Abb. 62: Dialogfenster "Druckanstiegstest" im Programmmodus*

*Option: Komparative Druckmessung*
*(s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen")*

**HINWEIS**

Die Anzeige des Messwertes "dp Komp" kann im Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"" unter "Istwerte aktueller Prozess" im Dialogfenster "Auswahl Istwert" konfiguriert werden.

**HINWEIS**

Dürfen ausschließlich kapazitive Messsonden eingesetzt werden (z.B. bei der Trocknung von lösungsmittelhaltigen Produkten), ist die Durchführung einer komparativen Druckmessung nicht möglich.

Durch Drücken der Schaltfläche im Dialogfenster kann die komparative Druckmessung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

- Weiterschaltbedingung:
  Liegt der Differenzwert zwischen Pirani- und kapazitiver Vakuummess-sonde am Ende des letzten Haupttrocknungsabschnitts unter dem Sollwert "△p Komparativ", gilt der Trocknungsprozess unter den aktuell eingestellten Werten für Stellflächentemperatur und Kammervakuum als abgeschlossen. Somit ist die Weiterschaltbedingung erfüllt, und der nächste Abschnitt wird eingeleitet.
  Ist die Weiterschaltbedingung nicht erfüllt, wird eine Prozessmeldung ausgegeben, der aktuelle Abschnitt wird verlängert und weitere Druckanstiegstests periodisch ausgeführt, bis die Weiterschaltbedingung erfüllt ist.
- Deaktiviert:
  Es wird keine komparative Druckmessung während der Haupttrocknung durchgeführt. Eine Auswertung findet nicht statt.

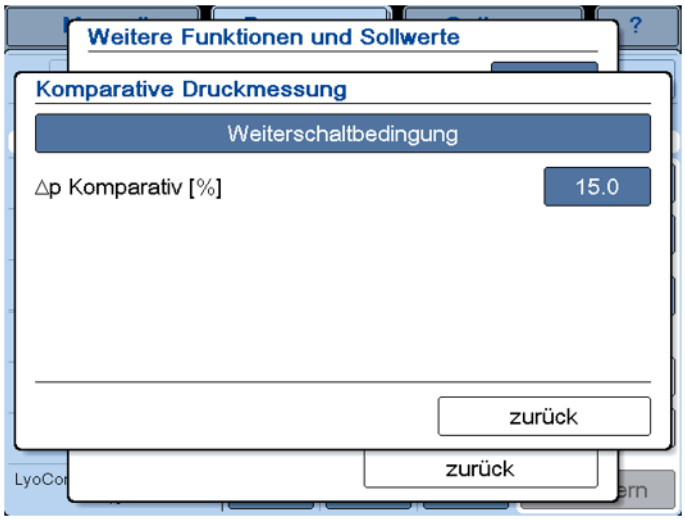



*Abb. 63: Dialogfenster "Komparative Druckmessung"*

*Option: Wägesystem "LyoBalance"*

Ist die Gefriertrocknungsanlage mit dem Wägesystem "LyoBalance" ausgerüstet (s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen"), werden die Parameter in diesem Dialogfenster konfiguriert.

**HINWEIS**

Separate Bedienungsanleitung des Wägesystems beachten!

*Sonderausstattung: → Belüften, Verschließen, Lagern*

(s. Kap. 6.8 - "Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen")

1 Schaltfläche zur Auswahl der Variante
2 Sollwert "Belüften"
3 Sollwert "Belüften nach Verschließen"
4 Sollwert Verschluss-dauer
5 Sollwert Lager-temperatur

*Abb. 64: Dialogfenster "Belüften, Verschließen, Lagern"*

Durch mehrmaliges Betätigen der Schaltfläche kann zwischen folgenden Varianten gewählt werden:

- deaktiviert
- Belüften (auf den Wert "Belüften") mit anschließendem Lagern
- Verschließen (bei Trocknungsvakuum gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck) mit anschließendem Lagern
- Belüften (auf den Wert "Belüften "), Verschließen (gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck) mit anschließendem Lagern

Die Sollwerte der einzelnen Parameter können durch Betätigen der jeweiligen Schaltfläche angepasst werden, wenn die Schaltfläche blau hinterlegt ist.

**HINWEIS**

Ein Sollwert für Belüften ≤ 10 mbar kann nur dann erreicht werden, wenn die Gefriertrocknungsanlage mit einem Feinregel-Nadelventil zur Gas-injektion ausgestattet ist.

Ablauf der Belüften-(Verschließen)-Lagern-Prozedur:

1. Belüften auf das gewünschte Partialvakuum (Wert "Belüften):
   Nachdem der eigentliche Gefriertrocknungsprozess beendet ist, wird der Eiskondensator weiterhin gekühlt, und die Stellflächen werden auf der Temperatur des letzten Trocknungsabschnittes gehalten. Die Anlage wird bis zum Erreichen des gewünschten Partialvakuums (Wert "Belüften", siehe Abbildung oben, Pos. 2) belüftet.

**HINWEIS**

Das Verschließen ist bei einem Kammerdruck unterhalb 900 mbar durchzuführen, um zu verhindern, dass später bei niedrigem Umgebungs-Luftdruck die Stopfen aus den Fläschchen gedrückt werden.

**HINWEIS**

Liegt der Sollwert für Belüften unter dem aktuellen Kammerdruck, wird die Belüftungsphase übersprungen. Der aktuelle Kammerdruck wird beibehalten.

2. Verschließen gefolgt von Belüften auf Atmosphärendruck
   Während der Eiskondensator weiterhin gekühlt und die Stellflächentemperatur beibehalten wird, fahren die Stellflächen zusammen, um die Lyo-Stopfen in die Produktfläschchen zu drücken. Der Einpressdruck wird über die spezifische Dauer "Verschließen" (Abbildung oben, Pos.4) aufrechterhalten. Die anschließende Endbelüftung geschieht in zwei Stufen. Zunächst wird bis auf das unter "Belüften nach Verschließen" (Abbildung oben, Pos. 3) angegebene Partialvakuum belüftet. Danach werden die Stellflächen wieder in die Trocknungsposition aus einander gefahren. Erst dann wird bis auf Atmosphärendruck belüftet. Dieses Verfahren verhindert einerseits ein Herausspringen der Stopfen (wenn die Stellflächen ohne vorherige Belüftung aus einander gefahren werden), und andererseits ein Anhaften der Stopfen an den Stellflächen (wenn die Stellflächen erst nach vollständiger Belüftung bis auf Atmosphärendruck aus einander gefahren werden).

3. Lagern unter definierten Bedingungen
   Die Stellflächen werden auf die eingestellte Lagerungstemperatur "Lagern" (siehe Abbildung oben, Pos. 5) geregelt, um das Produkt unter optimalen Bedingungen zu lagern. Diese Bedingungen werden konstant gehalten, bis die Anlage zum Entladen manuell in den Standby-Modus geschaltet wird.

**HINWEIS**

Wurde die Variante "Belüften, Lagern" gewählt, erfolgt das Lagern unter dem Druck "Belüften". In diesem Fall muss die Anlage vor dem Öffnen der Beladetür manuell auf Atmosphärendruck belüftet werden.

| Parameter | Nr. | Wertebereich | Standardeinstellung |
|---|---|---|---|
| Belüften | 2 | 0,001 mbar…900 mbar | 500 mbar |
| Belüften nach Verschließen | 3 | 0,001 mbar…900 mbar | 500 mbar |
| Verschließen | 4 | 1 Sek….999 Sek | 10 |
| Lagern | 5 | -99,9°C…60,0°C | 20°C |

*Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium*

Bei der Ausstattung der Anlage mit einem automatischen Belüftungsventil und automatischen Ventilen zur Medienvorwahl wird über dieses Dialogfenster das Belüftungsmedium vorgewählt, das dann während der Ausführung eines Programms für alle Belüftungsmedium-Anforderungen verwendet wird.

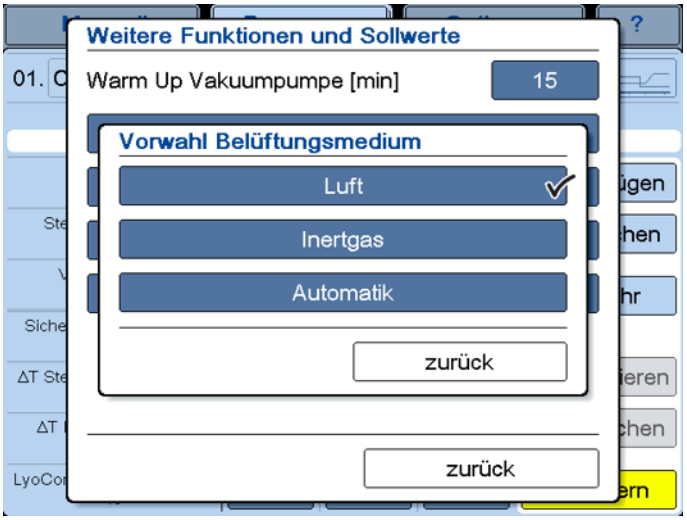



*Abb. 65: Dialogfenster "Vorwahl Belüftungsmedium"*

Falls die Vakuumregelung mit kontrolliertem Gaseinlass (Injektion) arbeitet, erfolgt diese mit dem vorgewählten Medium. Falls die Anlage mit der Option "Belüften, Verschließen, Lagern" ausgestattet ist, wird auch hierbei das vorgewählte Medium sowohl für das Belüften bis zum Verschließen (Rückbefüllung) als auch für das abschließende Belüften auf Atmosphärendruck verwendet.

Die folgenden Medienvorwahl-Einstellungen sind möglich:

- Luft: wählt den Medienanschluss "Luft" vor.
- Inertgas: wählt den Medienanschluss "Inertgas" vor.
- Automatik: automatische Medienanschlussvorwahl, abhängig vom Kammerdruck und Verschlussstatus der Produktfläschchen:
  - Kammerdruck ≥ 950 mbar oder Produktfläschchen bereits mittels BVL verschlossen: Vorwahl des Medienanschlusses "Luft".
  - Kammerdruck < 950 mbar und Produktfläschchen noch nicht mittels BVL verschlossen: Vorwahl des Medienanschlusses "Inertgas".

Damit können beim automatischen "Belüften, Verschließen, Lagern" (BVL) die Rückbefüllung mit Inertgas und das anschließende Belüften der Kammer auf Atmosphärendruck automatisch mit Luft ausgeführt werden.

*Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil*

siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"" / Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil

**Programmvorlagen (2)**

Der Programmgeber PGMplus bietet außerdem verschiedene Programmvorlagen, die Rezepte für die unterschiedlichsten Anwendungen der Gefriertrocknung beinhalten. Sie dienen als Orientierungsvorschlag und müssen dem individuellen Einsatzbereich angepasst werden.

**HINWEIS**

Einige der in Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"", "Betriebsart wählen / starten" beschriebenen Systemtests sind auch als Programmvorlage verfügbar.

Nach Auswahl einer Programmvorlage erscheint ein Fenster mit Informationen zum Trocknungsverfahren.

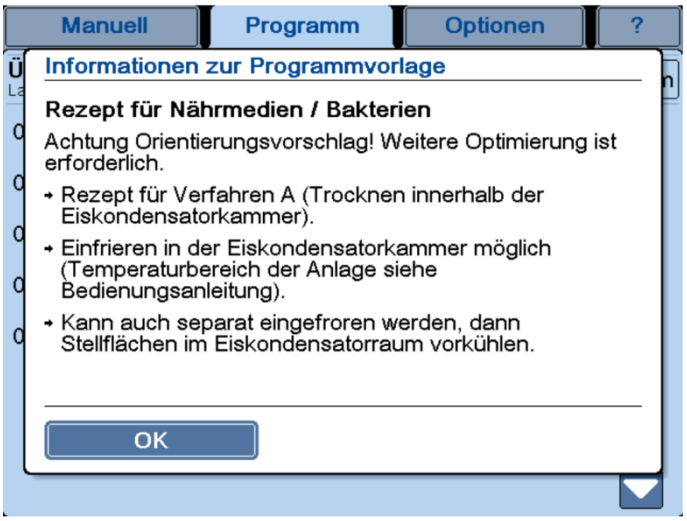



*Abb. 66: Informationen zur Programmvorlage, hier: Rezept für Nährmedien / Bakterien*

Nach Bestätigen der Information wird die Programmvorlage angezeigt.

- Wie bei einem leeren Programm können Abschnitte hinzugefügt oder gelöscht und die Sollwerte entsprechend angepasst werden.

### 6.7.3.2 Programm bearbeiten

Ein bestehendes Programm kann modifiziert werden, solange es nicht geladen ist.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das bearbeitet werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten zur Bearbeitung.
- Änderungen durchführen und speichern (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").
- Dialogfenster durch Drücken der Schaltfläche "Programm" verlassen.

Das Programm ist jetzt auf dem bestehenden Programmplatz geändert.

**HINWEIS**

Es ist möglich, während eines Programmlaufs in den manuellen Modus zu wechseln, z.B. um ein Programm während der Laufzeit zu ändern. Durch Anwählen des gewünschten Startabschnitts und einer Startzeit kann der Zeitpunkt des Programms bestimmt werden, an dem der Lauf fortgesetzt wird.

### 6.7.3.3 Programm kopieren

Soll ein neues Programm auf der Basis eines bereits bestehenden Programms erstellt werden, kann das bereits vorhandene Programm kopiert werden. Voraussetzung ist ein freier Programmplatz.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das kopiert werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm kopieren" wird eine Kopie des Programms erstellt.
- Kopie bearbeiten und speichern (s. Kap. 6.7.3.1 - "Programm erstellen").
- Dialogfenster durch Drücken der Schaltfläche "Programm" verlassen.

Dem Programm wird automatisch der erste freie Programmplatz zugewiesen.

### 6.7.3.4 Programm laden

Soll ein Gefriertrocknungsprozess programmgesteuert ausgeführt werden, muss dazu ein Programm geladen werden.

- Das Hauptfenster "Programm" aufrufen. Dort wird die Liste mit allen gespeicherten Programmen angezeigt.
- Schaltfläche "Laden" hinter dem Programmnamen drücken. Es erscheint ein Dialogfenster, in dem Startabschnitt, Startzeit oder Starttemperatur individuell angepasst werden können. Über die Schaltfläche "Info" kann eine Programminformation zu dem aktiven Programm aufgerufen werden, die Angaben zu Restlaufzeit und Programmende beinhaltet und eine grafische Darstellung des Prozessablaufs ermöglicht.

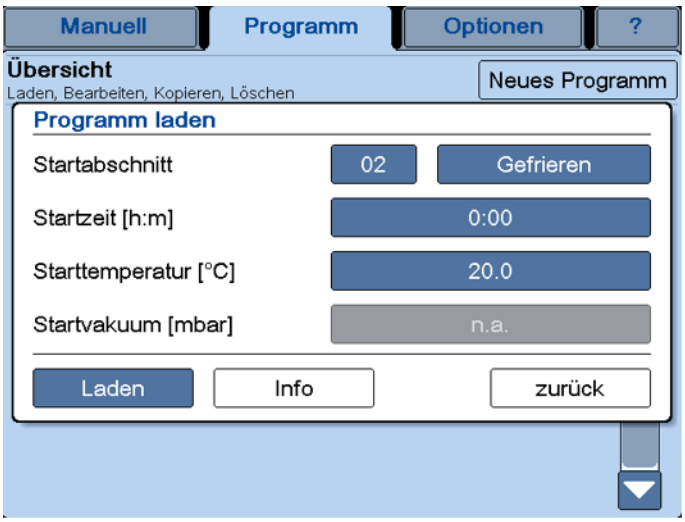



*Abb. 67: Dialogfenster "Programm laden"*

- Durch Drücken der Schaltfläche "Laden" werden die Programmdaten übernommen. Das Display wechselt in die Standard-Bedienoberfläche.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Programm starten" wird der Gefriertrocknungsprozess in Gang gesetzt.

*Abb. 68: Mit "Programm starten" wird der Gefriertrocknungsprozess in Gang gesetzt.*

- Während des Gefriertrocknungsprozesses kann über das Hauptfenster "Programm" und die Schaltfläche "Info" die Programminformation zu dem aktiven Programm ebenfalls aufgerufen werden.
- Durch Drücken der Schaltfläche "Stopp" wechselt die Anlage in den Betriebszustand Standby – Manuell Gefrieren.

**HINWEIS**

Standardmäßig wird das Programm mit dem Abschnitt 02 "Gefrieren" begonnen. Soll das Programm mit Abschnitt 01 "Beladen" gestartet werden, muss dieser Abschnitt manuell ausgewählt werden. In diesem Fall erscheint nach dem Starten des Programms die Schaltfläche "Programm weiterschalten". Ist der Beladevorgang abgeschlossen, wird das Programm durch Betätigen dieser Schaltfläche fortgesetzt.

### 6.7.3.5 Programm löschen

Im Programmgeber PGMplus stehen 32 Programmplätze zur Verfügung. Sind alle belegt, muss ein Programm gelöscht werden, bevor ein neues erstellt werden kann.

- Im Hauptfenster "Programm" aus der Liste das Programm auswählen, das gelöscht werden soll.
- Durch Drücken der Schaltfläche mit dem Programmnamen öffnet sich das Fenster mit den Programmdaten.
- Schaltfläche "Programm löschen" drücken. Es erscheint ein Dialogfenster mit einer Rückfrage.
- Nach Bestätigen der Rückfrage wird das Programm gelöscht.

Der Programmplatz in der Liste ist jetzt frei. Die Nummer wird nicht mehr aufgeführt.

## 6.8 Optionale Erweiterungen und Sonderausstattungen

Die Gefriertrocknungsanlage kann mit den nachstehend genannten Optionen erweitert werden. Sonderausstattungen können nicht nachgerüstet werden.

**Option: Controlled Nucleation LyoCoN**

Das LyoCoN-Verfahren ermöglicht das zeitgleiche Einfrieren aller Vials in der Trocknungskammer. Dazu werden auf dem kalten Eiskondensator Eiskristalle akkumuliert. Gleichzeitig wird das flüssige Produkt nahe am Gefrierpunkt abgekühlt. Dann wird in der Gefriertrocknungsanlage ein leichtes Vakuum erzeugt. Ein extern installierter Behälter bleibt dabei unter Atmosphärendruck. Durch Öffnen eines Ventils wird zwischen dem externen Behälter und der Eiskondensatorkammer ein Druckausgleich herbeigeführt. Das am Eiskondensator vorbeigeführte Gas erzeugt einen sehr feinen Eisnebel in der Trocknungskammer, der in alle Vials eindringt und sofort das homogene Einfrieren auslöst.

**Option: Drahtlose Produkttemperaturmessung WTMplus**

Die drahtlose Produkttemperaturmessung WTMplus wurde in erster Linie für Gefriertrocknungsanlagen im Produktionsbereich entwickelt. Die Sensoren werden direkt im Produkt platziert und übermitteln die Messwerte an eine in der Trocknungskammer integrierte Antenne. So ist eine kontinuierliche Überwachung in allen Phasen der Gefriertrocknung möglich.

**Option: Druckanstiegstest**

siehe auch Kapitel 6.7.3.1 - "Programm erstellen", Schaltfläche ">>mehr"

Der Druckanstiegstest kann nur beim → *Zweikammer-Verfahren* durchgeführt werden. Während des Druckanstiegstests verhindert das Zwischenventil den Dampffluss von der Trocknungskammer zum Eiskondensator, so dass der Wasserdampf der → *Sublimation* nicht abströmen kann. Die Folge ist ein mehr oder weniger starker Druckanstieg, der in der Produktkammer gemessen wird. Der Druckanstiegstest wird als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

**Option: Improved cooling rate (Schnelles Einfrieren)**

Das Kälteaggregat 1 wird für die Kühlung des Eiskondensators genutzt, das Kälteaggregat 2 kühlt die zur Temperierung der Stellflächen genutzte Wärmeträgerflüssigkeit. Ist die Geräteoption "Improved cooling rate" aktiviert (siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen""/Verwaltung/Geräteoptionen), wird das Kälteaggregat des Eiskondensators während der Prozessphase "Gefrieren" zur unterstützenden Kühlung der Wärmeträgerflüssigkeit eingesetzt. Dadurch ist eine Steigerung der Einfriergeschwindigkeit möglich.

Diese Option ist für nur Gefriertrocknungsanlagen des Typs Epsilon 2-6D LSCplus und Epsilon 2-10D LSCplus verfügbar.

**Option: Kameraüberwachung LyoCam**

Die Kameraüberwachung LyoCam ermöglicht die Überwachung und Analyse von Gefriertrocknungsprozessen. Eine hochwertige Kamera fotografiert das Produkt je nach Prozessabschnitt in variablen Abständen von Sekunden bis zu Minuten. Dabei werden die Bilder mit dem LPCplus SCADA System zur Prozessvisualisierung verknüpft und mit einem identischen Zeitstempel zu anderen aufgezeichneten Prozessparametern versehen.

**Option: Komparative Druckmessung**

siehe auch Kapitel 6.7.3.1 - "Programm erstellen", Schaltfläche ">>mehr"

Die gasartabhängige Vakuummesssonde der Trocknungskammer nach "Pirani" (z.B. Thyracont VCP 63) zeigt während der Sublimation, also bei höher Konzentration bei Wasserdampfmolekülen in der Atmosphäre, eine Abweichnung gegenüber einer kapazitiven Vakuummesssonde (z.B. MKS 722B). Nimmt der Anteil an Wasserdampfmolekülen zum Ende der Haupt-trocknung ab, gleichen sich die Sensoren einander an. Diese Differenz wird ausgewertet und als Indikator zur Erkennung des Trocknungsendes der Haupttrocknung genutzt.

**Option: LAN-Prozessaufzeichnung (RJ45)**

Diese Funktion ermöglicht die Aufzeichnung des laufenden Prozesses direkt auf den PC/Laptop. Prozessdaten können schon während der Prozessaufzeichnung auf dem PC mit LyoLogplus betrachtet und aus-gedruckt werden. Es ist ebenfalls möglich, die Daten nach Beenden der Prozessaufzeichnung direkt in eine Excel-Datei zu importieren.

**Option: LyoControl Messsystem**

Mit Hilfe des Lyo Control Messsystems ist es möglich, den Kristallisations-zustand des Produktes zu bestimmen. Im flüssigen Zustand ist der elektrische Widerstand sehr gering. Während des Gefrierens steigt der Widerstand an. Der LyoRx Control Sensor misst diesen elektrischen Widerstand.

**Option: LyoLogplus Messdatenerfassung**

LyoLogplus ist eine von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH entwickelte Software zur Messdatenaufzeichnung, die speziell auf die Anforderungen der Gefriertrocknung zugeschnitten ist. Neben der graphischen Darstellung der Messwerte des aktuellen wie auch bereits abgeschlossener Prozesse ist auch der Datenexport für weitere Auswertungen möglich.

**Option: LPCplus SCADA System**

Das LPCplus System besteht aus der von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH entwickelten SCADA-Software (Supervisory Control And Data Acquisition) LPCplus und einem dazu-gehörigen PC. Dieses Prozessleitsystem ist mit der LSCplus-Steuerungs-einheit der Gefriertrocknungsanlage via Ethernet verbunden und erlaubt sowohl die Bedienung aller Gefriertrocknungsfunktionen wie auch die Prozessaufzeichnung (Messdaten und Ereignisse), Prozessdokumentation und Datensicherung. Weiterhin ermöglicht das System die komfortable Verwaltung von Gefriertrocknungsprogrammen /-rezepten sowie die Benutzerverwaltung.

**Option: USB-Prozessaufzeichnung**

siehe auch Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"", Absatz "Dialogfenster "Tools""

Diese Funktion ermöglicht die Aufzeichnung des laufenden Prozesses auf ein USB-Speichermedium. Prozessdaten können nach beenden der Prozessaufzeichnung auf dem PC mit LyoLogplus betrachtet und ausgedruckt werden. Es ist ebenfalls möglich, die Daten direkt in eine Excel-Datei zu importieren.

**Option: Wägesystem LyoBalance**

siehe auch Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"", Dialogfenster "Tools"

Das Wägesystem "LyoBalance" bietet die Möglichkeit, den Gewichtsverlust eines Produktes während einer Gefriertrocknung zu ermitteln. Die aus dem Gewichtsverlust resultierende Trocknungsrate gibt Auskunft über den Fortschritt der Trocknung und unterstützt den Anwender bei der Trocknungsendebestimmung bzw. der Optimierung der Prozessparamater

**Sonderausstattung: Belüften, Verschließen, Lagern**

siehe auch Kapitel 6.7.3.1 - "Programm erstellen", Schaltfläche ">>mehr"

Diese Option ist nur in Verbindung mit dem Programmgeber PGMplus und für Anlagen mit automatischem Belüftungsventil und hydraulisch verfahrbaren Stellflächen einsetzbar. Sie ermöglicht das automatische Verschließen der Produktfläschchen mit vorher eingesetzten Gummistopfen unter Partialvakuum sowie das anschließende Lagern auf den Stellflächen unter definierten Bedingungen als integraler Bestandsteil eines Trocknungsprogramms.

**Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil**

siehe auch Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Absatz "Allgemein"

Verfügt die Gefriertrocknungsanlage über ein Proportional-Gasinjektionsventil, kann das zu verwendende Verfahren zur Vakuumregelung vorgewählt werden. Das Verfahren kann rezeptbezogen abgelegt werden.

**Sonderausstattung: Inertisierung**

siehe auch Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Absatz "Allgemein"

Das Trocknen von lösungsmittelhaltigen Ausgangsprodukten mit hoher Lösungsmittelkonzentration kann in sauerstoffhaltiger Atmosphäre zur Bildung zündfähiger Gemische führen. Für die Trocknung solcher Produkte muss die Gefriertrocknungsanlage mit einer türgesteuerten Inertisierung durch Stickstoff oder ein anderes Inertgas ausgestattet sein.

**Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium**

siehe auch Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen"", Absatz "Allgemein"

Bei Ausstattung der Gefriertrocknungsanlage mit einem automatischen Belüftungsventil sowie automatischen Ventilen zur Medienvorwahl kann ein spezielles, für alle Belüftungsmedium-Anforderungen zu verwendendes Medium vorgewählt werden, das vom Beginn der Haupttrocknung an eingesetzt wird.

## 6.9 Ausschalten

Die Gefriertrocknungsanlage muss sich im Standby-Status befinden.

- Anlagensteuerung am Steuerungsschalter ausschalten.
- Hauptschalter betätigen, um die Gefriertrocknungsanlage vom Stromnetz zu trennen.

# 7 Störungen und Fehlersuche

Störungen werden im Dialogfenster "Prozess & Anlagenmeldungen" angezeigt (s. Kap. 7.2 - "Prozess- und Anlagenmeldungen"). Ein akustisches Signal ertönt mit Erscheinen der Fehlermeldung.

- Fehlerquelle beheben (siehe folgende Kapitel).
- Fehlermeldungen quittieren.

## 7.1 Allgemeine Störungen

| Fehlerart | mögliche Ursache | Behebung |
|---|---|---|
| **Keine Anzeige auf dem Display** | • Netzausfall (s. Kap. 7.1.1 - "Netzausfall")<br>• Netzstecker steckt nicht·<br>• Sicherungen haben ausgelöst<br>• Steuerungsschalter aus<br>• Hauptschalter aus | • Netzsicherung überprüfen<br>• Netzstecker fest einstecken<br>• Überprüfen der bauseitigen Sicherungen·<br>• Steuerungsschalter einschalten<br>• Hauptschalter einschalten |
| **Touch panel reagiert nicht oder nicht korrekt** | • Sensibilität des Panels ist verstellt | • Service verständigen (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall") |
| **Passworteingabe schlägt fehl** | • Falsches Passwort eingegeben | • Administrator verständigen·<br>• Bei Verlust des Administrator-kennworts: Service verständigen (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall") |
| **Kein ausreichendes Vakuum** | • Kleinflanschverbindung(en) nicht korrekt verbunden | • Verbindung lösen, Zentrierring mit innenliegendem Dichtring zentrisch zwischen die Flanschanschlüsse setzen und mit dem Spannring verbinden. Der Zentrierring darf nicht verrutschen oder verkanten |
| | • Verunreinigungen oder Beschä-digungen an der Türdichtung | • Türdichtung reinigen und ggf. austauschen |
| **Undichtigkeit im Medienablaufventil** | • Das Medienablaufventil ist mit Trocknungsrückständen oder Wollteilchen von Putztüchern verunreinigt·<br>• Die O-Ringe sind verschlissen | • Medienablaufventil reinigen (s. Kap. 8.1.4 - "Belüftungsventil, Medienablaufventil"), ggf. austauschen.<br>• O-Ringe austauschen. |
| **Angezeigter Vakuumwert nicht korrekt** | • Abgleich fehlerhaft<br>• Vakuummesssonde verun-reinigt (z.B. durch Wasserrückstände)<br>• Vakuummesssonde defekt | • Vakuummesssonde abgleichen (siehe separate Betriebsan-leitung der Vakuummesssonde)·<br>• Vakuummesssonde reinigen<br>• Vakuumanzeige mit einem Vergleichsgerät kontrollieren (wenn vorhanden)<br>• siehe Kapitel 7.1.2.4 - "Vakuummesssonde" |
| **Vakuumpumpe schaltet nicht zu** | • siehe separate Betriebs-anleitung der Vakuumpumpe | • siehe separate Betriebs-anleitung der Vakuumpumpe |

| Fehlerart | mögliche Ursache | Behebung |
|---|---|---|
| **Keine ausreichende Eiskondensator- oder Stellflächentemperatur** | • Überdruckschalter des Kälteaggregats hat ausgelöst<br>• Thermischer Motorschutz hat ausgelöst | • Anlage abkühlen lassen<br>• Für ausreichende Luftzirkulation sorgen (s. Kap. 7.1.3 - "Eiskondensator- und Stellflächentemperatur") |
| **Meldung "Kühlmaschine x.x Überdruck" erscheint während eines Prozesses** | • Leck auf der Niederdruckseite (Saugseite) des Kältesystems führt zu einem Druckanstieg | • Meldung quittieren. Falls die Meldung wiederholt erscheint, Service verständigen (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall") |

**HINWEIS**

Sollten sich die Fehler nicht beheben lassen: Christ Service verständigen!

### 7.1.1 Netzausfall

Die Anlagensteuerung setzt den Prozess nach einem Netzausfall fort. Die vorgewählten Bedingungen bleiben auch beim Prozessablauf gespeichert.

Durch einen Netzausfall während der Trocknung kann die eingesetzte Charge unbrauchbar werden. Ob dies der Fall ist, hängt davon ab, in welcher Trocknungsphase sich das Produkt zum Zeitpunkt des Netzausfalls befindet.

- Befindet sich das Gut in der Nachtrocknung, hat der Restwassergehalt einen Wert von 5% erreicht. Unterhalb dieses Wertes wird das Produkt auch bei längerem Stromausfall im Allgemeinen nicht mehr geschädigt.
- Befindet sich das Gut in der Haupttrocknung, sollte die Anlage belüftet und das Gut entnommen und in eine Kühltruhe umgesetzt werden. Vor der weiteren Inbetriebnahme muss das angetaute Kondensat abgelassen werden.

### 7.1.2 Kein ausreichendes Vakuum

**HINWEIS**

Vakuumkontrollen sind bei tiefgekühltem Eiskondensator durchzuführen.

#### 7.1.2.1 Kleinflanschverbindungen

Ursachen für Undichtigkeiten sind häufig unkorrekt sitzende Kleinflanschverbindungen zwischen Aggregaten und Schlauchverbindungen oder Undichtigkeiten in den Ventilen.

- Verbindungen lösen und den Zentrierring (mit innenliegendem Dichtring) erneut zentrisch zwischen die zu verbindenden Flanschanschlüsse setzen.
- Verbindung mit dem Spannring durch Festziehen der Flügelmutter schließen.
- Der Zentrierring darf dabei nicht verrutschen oder verkanten!

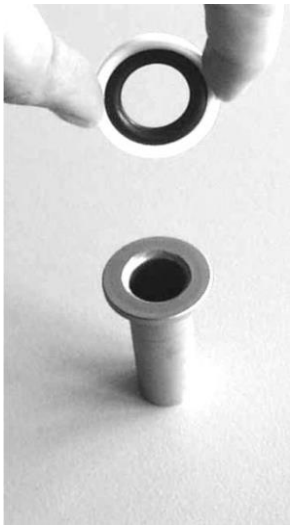


*Abb. 69: Kleinflansch und Zentrierring*

*Abb. 70: Kleinflansch und Zentrierring mit Kleinflansch*

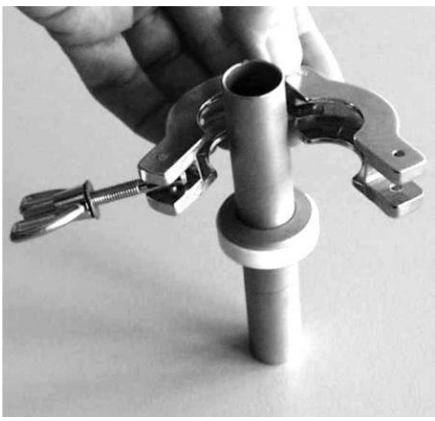


*Abb. 71: Ansetzen des Spannrings*

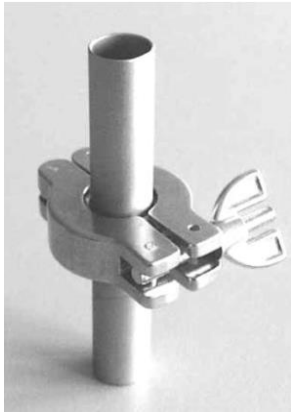


*Abb. 72: Festziehen des Spannrings*

#### 7.1.2.2 Belüftungsventil, Medienablaufventil

WARNUNG

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Kondensat (Abtauwasser)**

Das Kondensat kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit dem Kondensat kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Bei Wartungsarbeiten am Medienablaufsystem (insbesondere bei der Reinigung der Ventile und beim Dichtungswechsel) geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

Eine Fehlfunktion des Belüftungs- oder Medienablaufventils kann diverse Ursachen haben. Eine mögliche Ursache sind Verunreinigungen durch Produktrückstände o.ä.

- Gefriertrocknungsanlage ausschalten und Netzstecker ziehen.
- Ventil reinigen (s. Kap. 8.1.4 - "Belüftungsventil, Medienablaufventil").
- Anlage wieder in Betrieb nehmen.

Liegt weiterhin eine Undichtigkeit vor, muss die Gefriertrocknungsanlage von autorisiertem Fachpersonal überprüft werden (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").

#### 7.1.2.3 Drucksteuerventil

Eine Fehlfunktion des Drucksteuerventils kann diverse Ursachen haben.

HINWEIS

Die Überprüfung des Ventils muss durch autorisiertes Fachpersonal erfolgen (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").

#### 7.1.2.4 Vakuummesssonde

Vakuummesssonden besitzen nur eine begrenzte Lebensdauer und sind als Ersatzteil erhältlich.

**Kapazitive Vakuummesssonde**

Durch Langzeitbetrieb, Verschmutzung oder schlagartiges Belüften kann es bei kapazitiven Vakuummesssonden zu Messwertverschiebungen kommen. In diesem Fall muss die Vakuummesssonde justiert werden (s. Kap. 8.1.12 - "Vakuummesssonde").

### 7.1.3 Eiskondensator- und Stellflächentemperatur

| | |
|---|---|
| **VORSICHT** | Auf ausreichende Belüftung achten. Keine Papiere, Tücher oder ähnliches hinter oder unter das Gerät schieben, da sonst die Luftzirkulation nicht gewährleistet ist. |
| **HINWEIS** | Die Kältemaschinen werden zeitversetzt eingeschaltet. Kältemaschine 2 wirkt ausschließlich auf den Wärmetauscher und regelt die Stellflächentemperatur über das Wärmeträgermedium. Kältemaschine 1 dient primär der Kühlung des Eiskondensators, wird jedoch bei höherer Kälteanforderung auf den Stellflächen (insbesondere während des Einfrierens) temporär auf den Wärmetauscher umgeschaltet. Dadurch steigt die Eiskondensatortemperatur an.<br>Der Anstieg der Eiskondensatortemperatur während des Gefrierens ist normaler Bestandteil des Gefriertrocknungsprozesses. |

Jede Kältemaschine ist mit einer Schutzeinrichtung gegen Überdruck im Kältesystem und einem thermischen Motorschutz ausgerüstet.

Die Schutzeinrichtungen lösen aus

- bei zu hohen Umgebungstemperaturen
- bei unzureichender Luftzirkulation durch den Kälteanlagenwärmetauscher
- bei Überlastung des Kältesystems.

Die Kältemaschine wird in diesen Fällen automatisch abgeschaltet. Werden nach einigen Minuten Abkühlzeit die zulässigen Betriebsbedingungen wieder erreicht, schaltet die Kältemaschine selbständig wieder ein.

Die Störungen werden über das Prozess- und Anlagen Info-Fenster angezeigt.

Die minimale Eiskondensatortemperatur von ca. –85°C wird erreicht, wenn der Eiskondensator unbelastet und die Eiskondensatorkammer evakuiert ist.

## 7.2 Prozess- und Anlagenmeldungen

Alle angezeigten Texte der Prozess- und Anlagenmeldungen der Steuerung werden in vollem Umfang durch die Steuerung angezeigt (siehe Kapitel 6.7.1.1 - "Hauptfenster "Manuell"", Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen") und sind dieser Betriebsanleitung deshalb nicht beigefügt.

Sie können diese Unterlagen über unsere Serviceabteilung anfordern.

## 7.3 Kontakt im Servicefall

Bei Rückfragen, bei Störungen oder Ersatzteilanfragen:

**aus Deutschland:**

Setzen Sie sich in Verbindung mit

Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode
Tel. +49 (0) 55 22 / 50 07-33 33
E-mail: support.epsilon@martinchrist.de

**außerhalb Deutschlands:**

Setzen Sie sich mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung. Die Adresse finden Sie unter www.martinchrist.de → [Vertriebspartner].

**HINWEIS**

- Bei Inanspruchnahme des Kundendienstes stets den Gerätetyp und die Fabriknummer angeben.

# 8 Wartung und Instandhaltung

Gefriertrocknungsanlage und Zubehör sind hohen mechanischen und ggf. chemischen Belastungen ausgesetzt. Eine sorgfältige Pflege durch den Benutzer verlängert die Lebensdauer und verhindert den vorzeitigen Ausfall.

**VORSICHT**

Kommt es wegen mangelnder Pflege zu Korrosionsbildung oder Folgeschäden, kann beim Hersteller kein Garantieanspruch und keine Haftung geltend gemacht werden.

- Gefriertrocknungsanlage sofort nach Verwendung gründlich reinigen, um eine Schädigung der Konstruktionswerkstoffe zu verhindern oder zumindest deutlich zu reduzieren (siehe auch Kapitel 1.3.1 - "Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte (nicht wässrige Medien)").
- Zur Reinigung der Gefriertrocknungsanlage und des Zubehörs Seifenwasser oder andere wasserlösliche, milde Reinigungsmittel verwenden.
- Keine ätzenden und aggressiven Stoffe verwenden.
- Keine Lösungsmittel verwenden.
- Keine Mittel mit Scheuer- oder Schürfbestandteilen verwenden.
- Gefriertrocknungsanlage und Zubehör dürfen keiner intensiven UV-Strahlung (z.B. Sonneneinstrahlung) sowie thermischen Belastungen (z.B. durch Wärmeerzeuger) ausgesetzt werden.

## 8.1 Wartungsarbeiten

### 8.1.1 Allgemeines

Der allgemeine Zustand der Gefriertrocknungsanlage ist in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren. Mängel umgehend beheben! Insbesondere ist auf folgende Punkte zu achten:

- Verschmutzung,
- Lecks,
- Korrosion,
- verbogene Anlagenteile,
- lose Schraub- und Flanschverbindungen,
- erhöhte Geräuschentwicklung,
- lose Kabel,
- offene Kabelkanäle,
- fehlende oder schlecht lesbare Sicherheits- und Gefahrenhinweise,
- fehlende oder schlecht lesbare Beschriftung an Komponenten, Schlauch- oder Rohrleitungen (z.B. Fließrichtung) und Kabeln,
- usw.

## Reinigung der Gefriertrocknungsanlage

| | |
|---|---|
| WARNUNG | **Verbrennungsgefahr an heißen Oberflächen**<br>Anlagengehäuse<br>Während des Betriebs der Anlage und eine halbe Stunde danach können die äußeren Oberflächen der Anlage (insbesondere Aggregate und Leitungen) heiß sein.<br>Innerhalb der Kammer:<br>Nach einem Trocknungsprozess können die Oberflächen im Inneren der Kammer (Kammerwände, Stellflächen, Zwischenventil usw.) heiß sein.<br>Bei Berührung der Oberflächen kann es zu Verbrennungen kommen.<br>• Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!<br>• Die Oberflächen nicht vorsätzlich berühren! |
| GEFAHR | **Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch die Ausgangsprodukte**<br>Bei Wartungsarbeiten an produktberührten Teilen (z.B. alle Teile im Inneren der Kammern, Vakuumpumpe) kann das Personal Produktrückständen ausgesetzt sein.<br>Durch Kontakt mit der Haut oder Einatmen von Partikeln kann es produktabhängig zu schweren Gesundheitsschäden kommen.<br>• Vor Beginn von Wartungsarbeiten geeignete Maßnahmen zur Dekontamination durchführen!<br>• Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und ggf. Atemschutzmaske tragen! |

- Vor der Reinigung der Gefriertrocknungsanlage Gerät ausschalten und den Netzstecker ziehen.
- Innenraum der Gefriertrocknungsanlage bei einer Kontamination durch toxische, radioaktive oder pathogene Substanzen sofort mit einem geeigneten Dekontaminationsmittel reinigen (abhängig von der Art der Verunreinigung, siehe auch Kapitel 8.2 - "Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör").
- Produktrückstände sorgfältig mit einem Tuch entfernen.
- Beladetür bei Nichtgebrauch des Gerätes öffnen, damit eventuell vorhandene Feuchtigkeit entweichen kann.

### 8.1.2 Eiskondensatorkammer

WARNUNG

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Kondensat (Abtauwasser)**

Das Kondensat kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit dem Kondensat kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Bei Wartungsarbeiten am Medienablaufsystem (insbesondere bei der Reinigung der Ventile und beim Dichtungswechsel) geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

Vor jeder Inbetriebnahme muss dafür gesorgt werden, dass sich kein Wasser in der Eiskondensatorkammer befindet.

- Medienablaufventil öffnen, um eventuell angesammelte Flüssigkeit abzulassen, und wieder verschließen.
- Falls erforderlich, Eiskondensatorkammer mit einem Tuch auswischen.

### 8.1.3 Trocknungskammer

Um Korrosion (insbesondere an den Buchsen der Produkttemperatursensoren und des LyoControl-Sensors) zu vermeiden und einen nachfolgenden Trocknungsprozess nicht negativ zu beeinflussen, muss vor jeder Inbetriebnahme dafür gesorgt werden, dass sich kein Wasser mehr in der Kammer befindet.

- Falls erforderlich, Trocknungskammer mit einem Tuch auswischen.

#### 8.1.3.1 Folienbeschichtung der Beladetür

Gefriertrocknungsanlagen mit Acrylglastür sind mit der speziellen Folienbeschichtung Radiation Shield auf der Außenseite der Acrylglastür ausgestattet (s. Kap. 6.5 - "Beladetür").

HINWEIS

Technisch bedingt sind Einschlüsse möglich, die die Funktion der Folierung jedoch nicht beeinflussen.

HINWEIS

Bei Acrylglastüren mit einer Radiation Shield-Folienbeschichtung sind sichtbare Lichtreflexionen möglich. Dies ist kein Defekt, sondern die natürliche Folge der verwendeten Hochleistungsbeschichtung.

Damit die Folienbeschichtung nicht beschädigt wird, müssen bei der Reinigung folgende Punkte beachtet werden:

- Bei einer Kontamination durch toxische, radioaktive oder pathogene Substanzen sofort mit einem geeigneten Dekontaminationsmittel reinigen (s. Kap. 8.2 - "Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör").
- Unmittelbar nach Gebrauch mit reichlich Wasser reinigen, damit Verunreinigungen weggespült und nicht weggerieben werden.

**VORSICHT**

Die Folienbeschichtung darf niemals trocken gereinigt werden.

- Zur Reinigung ein weiches Tuch, einen weichen synthetischen Schwamm oder einen Gummiwischer und ein handelsübliches Reinigungsmittel (Glasreiniger) ohne Scheuer- oder Schürfbestandteile verwenden.
- Niemals mit harten Schwämmen, Tüchern oder Bürsten reinigen.
- Starke mechanische Belastungen bei der Reinigung vermeiden.

### 8.1.3.2 Türverschlussriegel

Am Türverschlussriegel befindet sich eine Gleitauflage. Sie ist als Ersatzteil (Best.-Nr. 18189991) im Lieferumfang enthalten. Die Gleitauflage muss regelmäßig auf Verschleiß überprüft und ggf. ausgetauscht werden.

1 Türverschlussriegel
2 Gleitauflage (Best.-Nr. 177270)
3 Torx-Schrauben

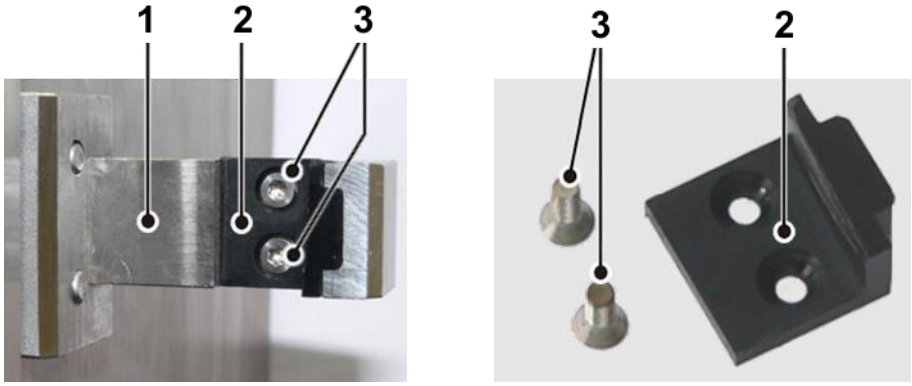



*Abb. 73: Türverschlussriegel und Gleitauflage*

**Austausch der Gleitauflage:**

Die beiden Schrauben der Gleitauflage mit einem Schrauben¬dreher Torx® TX10 lösen, die alte Gleitauflage abnehmen und die neue Gleitauflage befestigen.

### 8.1.4 Belüftungsventil, Medienablaufventil

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Kondensat (Abtauwasser)**

Das Kondensat kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit dem Kondensat kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Bei Wartungsarbeiten am Medienablaufsystem (insbesondere bei der Reinigung der Ventile und beim Dichtungswechsel) geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

Verunreinigungen wie festgesetzte Produktrückstände o.ä. können Ursache für ein unzureichendes Vakuum sein. In diesem Fall müssen das Belüftungsventil und/oder das Medienablaufventil gereinigt werden.

- Gefriertrocknungsanlage ausschalten und Netzstecker ziehen.
- Ventileinsatz herausschrauben.
- Verunreinigungen am Ventileinsatz und in der Ventilöffnung mit einem Papiertuch entfernen.
- O-Ringe reinigen und auf Beschädigungen untersuchen. Beschädigte O-Ringe müssen ausgetauscht werden.

1 Ventilöffnung
2 Ventileinsatz
3 O-Ringe

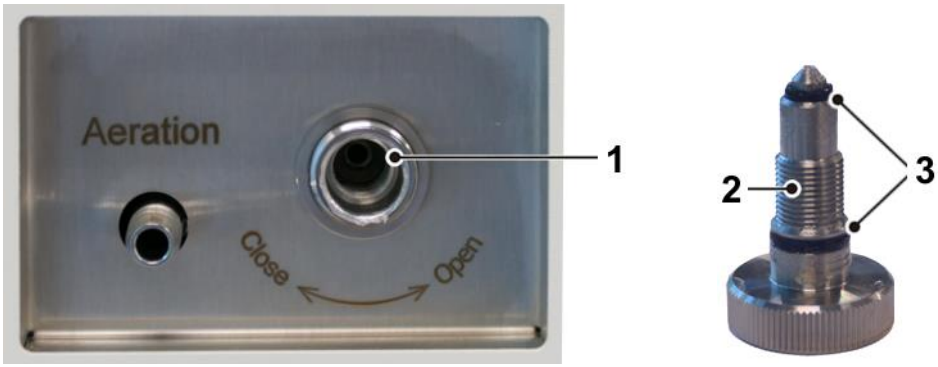



*Abb. 74: Ventilöffnung und Ventileinsatz mit O-Ringen, hier: Belüftungsventil (Bespielabb.)*

- Ventileinsatz ggf. dünn einfetten mit Hochvakuumfett (Best.-Nr. 126210) und wieder einsetzen.
- Gefriertrocknungsanlage wieder in Betrieb nehmen.

Wird weiterhin nur ein unzureichendes Vakuum erreicht, muss die Gefriertrocknungsanlage von authorisiertem Fachpersonal überprüft werden (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").

### 8.1.5 Wärmetauscher

Um das von der Kälteanlage komprimierte Kältemittel abzukühlen, wird ein lamellierter Wärmetauscher (Verflüssiger) eingesetzt. Er befindet sich auf der Geräterückseite (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall") und wird mit Luft gekühlt.

Staub und Schmutz behindern die Kühlung durch den Luftstrom. Staubbelag auf den Lamellen verhindert den Wärmeaustausch und damit die Leistungsfähigkeit der Kälteanlage. Größere Verunreinigungen können einen Ausfall der Anlage verursachen.

Der gewählte Aufstellungsort sollte deshalb möglichst sauber sein.

- Wärmetauscher mindestens einmal monatlich auf Verschmutzungen überprüfen und gegebenenfalls reinigen.
- Setzen Sie sich bei Fragen mit dem Christ Service in Verbindung (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").

### 8.1.6 Elektrisches System

**GEFAHR**

**Lebensgefahr durch elektrischen Schlag**

Bei Berührung stromführender Bauteile besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags.

Es kann zu Herzkammerflimmern, Herzstillstand oder Atemlähmung kommen.

- Arbeiten am elektrischen System der Anlage nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen!

Die elektrische Ausrüstung der Anlage ist in regelmäßigen Abständen durch eine Elektrofachkraft zu überprüfen. Mängel wie lose Verbindungen bzw. angeschmorte Kabel sofort beseitigen.

### 8.1.7 Vakuumsystem mit ölgedichteter Vakuumpumpe

| | |
|---|---|
| **HINWEIS** | Wartungshinweise des Herstellers in der separaten Betriebsanleitung der Vakuumpumpe und ggf. des Abgasfilters beachten! |
| **WARNUNG** | **Verbrennungsgefahr an heißen Oberflächen**<br>Während des Betriebs der Anlage und eine halbe Stunde danach können die äußeren Oberflächen der Vakuumpumpe heiß sein.<br>Bei Berührung der Oberflächen kann es zu Verbrennungen kommen.<br>• Vor Arbeiten an der Vakuumpumpe und am Abgasfilter die Pumpe abkühlen lassen!<br>• Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen! |
| **WARNUNG** | **Verbrühungsgefahr durch Vakuumpumpenöl**<br>Bei Arbeiten an der Vakuumpumpe und am Abgasfilter (insbesondere beim Öl- und Filterwechsel) ist das Personal dem heißen Vakuumpumpenöl ausgesetzt.<br>Bei Kontakt mit der Haut kann es zu Verbrühungen kommen.<br>• Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!<br>• Geeignetes Auffanggefäß verwenden! |
| **WARNUNG** | **Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch Vakuumpumpenöl**<br>Bei Arbeiten an der Vakuumpumpe und am Abgasfilter (insbesondere beim Öl- und Filterwechsel) ist das Personal dem Vakuumpumpenöl ausgesetzt, das gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeiteten Produkt enthalten kann. Synthetische Öle können zudem beim Erhitzen über 300°C und beim Anzünden giftige Gase freisetzen.<br>Durch das Einatmen von Dämpfen, die aus dem Öl austreten, oder durch Kontakt mit der Haut kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.<br>• Geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!<br>• Öl unter Beachtung der örtlichen Bestimmungen umweltgerecht entsorgen!<br>• Öl nicht mit Tabakwaren in Berührung bringen! |

Die Belastung der Vakuumpumpe in Verbindung mit einer Gefriertrocknungsanlage ist in der Regel nicht besonders hoch. Deshalb können die Empfehlungen in dieser Betriebsanleitung von den Angaben der Pumpenhersteller abweichen.

Unter normalen Betriebsbedingungen müssen an der Vakuumpumpe regelmäßig folgende Wartungsarbeiten durchgeführt werden:

- Während des Betriebs der Pumpe auf Laufgeräusche achten.
- Ölstand der Vakuumpumpe einmal wöchentlich kontrollieren, gegebenenfalls fehlendes Öl nachfüllen. Bei Trübheit, Verschmutzung oder Farbveränderungen einen Ölwechsel vornehmen.
- Ölwechsel sind grundsätzlich bei betriebswarmer Pumpe durchzuführen.
- Der erste Ölwechsel ist nach ca. 100 Betriebsstunden vorzunehmen.

- Die weiteren Ölwechsel richten sich nach den Betriebsbedingungen. Im Allgemeinen ist ein Intervall von 500 bis 1.000 Betriebsstunden ausreichend.
- Setzen Sie sich bei Fragen mit dem Christ Service in Verbindung (s. Kap. 7.3 - "Kontakt im Servicefall").

### 8.1.8 Vakuumsystem mit trockenlaufender Vakuumpumpe

Die trockenlaufende Vakuumpumpe ist wartungsarm.

**HINWEIS**

Wartungshinweise des Herstellers in der separaten Betriebsanleitung der Vakuumpumpe und des Schalldämpfers beachten!

Ergänzend hierzu sind folgende Punkte besonders zu beachten:

**WARNUNG**

**Verbrennungsgefahr an heißen Oberflächen**

Während des Betriebs der Anlage und eine halbe Stunde danach können die äußeren Oberflächen der Vakuumpumpe heiß sein.

Bei Berührung der Oberflächen kann es zu Verbrennungen kommen.

- Vor Arbeiten an der Vakuumpumpe die Pumpe abkühlen lassen!
- Geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe tragen!

**WARNUNG**

**Vergiftungsgefahr/Infektionsgefahr durch kontaminierte Abluft**

Die Abluft kann gesundheitsschädliche Stoffe aus dem verarbeitetem Produkt enthalten.

Durch Kontakt mit Partikeln aus der Abluft (insbesondere durch Einatmen) kann es zu schweren Gesundheitsschäden kommen.

- Einen Schalldämpfer mit integrierten Filterelementen verwenden oder – abhängig vom Produkt – die Abgase vom Ausgang der Vakuumpumpe einer geeigneten Aufbereitungsanlage zuführen, um den Austritt von gesundheitsschädlichen Stoffen in die Umgebungsatmosphäre zu verhindern! Die nationalen Vorschriften zum Umweltschutz beachten!
- Bei allen Arbeiten am Vakuumsystem (insbesondere der Vakuum-pumpe) abhängig vom verarbeiteten Produkt gegebenenfalls geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Atemschutzmaske tragen!

Die Anzahl der Betriebsstunden der Vakuumpumpe kann sowohl über die LSCplus-Anlagensteuerung als auch über die Christ SCADA-Software LPCplus überwacht werden (siehe Kapitel 6.7.1.3 - "Hauptfenster "Optionen""/"Betriebsstunden" und "Ölwechsel Vakuumpumpe" oder separate Bedienungsanleitung der Christ SCADA Software, Indexeinträge "Betriebsstunden" und "Ölwechselintervall (Vakuumpumpe)").

### 8.1.9 Kältesystem

| | |
|---|---|
| WARNUNG | **Erstickungsgefahr durch Kältemittel**<br>Bei Arbeiten am Kältesystem der Anlage kann Kältemittel in flüssigem oder gasförmigem Zustand und unter hohem Druck austreten. Gasförmiges Kältemittel ist schwerer als Luft und kann sich am Boden und in Gruben in höheren Konzentrationen sammeln.<br>Hohe Konzentrationen können Ersticken verursachen. Symptome können Verlust der Bewegungsfähigkeit und des Bewusstseins sein. Betroffene bemerken das Ersticken nicht.<br>• Arbeiten am Kältesystem nur von qualifiziertem Fachpersonal ausführen lassen!<br>• Bei Arbeiten am Kältesystem für gute Belüftung/Absaugung sorgen! |
| WARNUNG | **Gefahr von Kaltverbrennungen bzw. Erfrierungen durch Kältemittel**<br>Bei Arbeiten am Kältesystem der Anlage kann Kältemittel ind flüssigem oder gasförmigem Zustand und unter hohem Druck austreten.<br>Bei Kontakt von flüssigem Kältemittel mit der Haut kann es zu Kalt-verbrennungen bzw. Erfrierungen kommen.<br>• Arbeiten am Kältesystem nur von qualifiziertem Fachpersonal ausführen lassen! |
| WARNUNG | **Explosionsgefahr durch Kältemittel**<br>Die verwendeten natürlichen Kältemittel sind hochentzündlich und können bei entsprechender Konzentration in der Raumluft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.<br>Es besteht Explosionsgefahr.<br>• Arbeiten an den Kältesystem der Anlage nur von qualifiziertem Fach-personal durchführen lassen, das für den Umgang mit brennbaren Kältemitteln ausgebildet ist!<br>• Für gute Belüftung sorgen und sicherstellen, dass keinerlei Zünd-quellen (z.B. Lötkolben, Schweißgerät) vorhanden sind! |

Der Kältemittel-Kreislauf ist ein geschlossenes System. Alle Arbeiten an den Kältesystemen dürfen nur durch zertifiziertes Fachpersonal durch-geführt werden.

### 8.1.10 Wärmeträgersystem

Der Füllstand des Wärmeträgermediums zur Temperierung der Stellflächen kann am Schauglas kontrolliert werden (Position siehe Kapitel 2.1.1 - "Funktions- und Bedienelemente"). Diese Kontrolle ist nur einmal im Monat erforderlich. Auch bei mehrjährigem Betrieb ist ein Nachfüllen des Wärme-trägermediums allgemein nicht notwendig.

Die Umwälzpumpe für das Wärmeträgermedium ist wartungsfrei.

### 8.1.11 Hydrauliksystem

GEFAHR

**Gefahr einer Hochdruckinjektion durch Hydrauliköl**

Bei Arbeiten am Hydrauliksystem der Anlage oder durch Alterung der Schlauchleitungen kann Hydrauliköl unter hohem Druck austreten.

Aufgrund des hohen Drucks kann das Öl die Haut durchdringen. Es kann zu schweren Verletzungen kommen; dabei besteht die Gefahr einer Embolie.

- Arbeiten am Hydrauliksystem der Anlage nur von qualifiziertem Fachpersonal durchführen lassen!

Schläuche und Verschraubungen sind regelmäßig durch eine Fachkraft auf Undichtigkeit zu überprüfen und bei Beschädigung umgehend zu ersetzen. Hydraulik-Schlauchleitungen in angemessenen Zeitabständen (abhängig von den Betriebsbedingungen und unter Berücksichtigung der Herstellervorgaben und -empfehlungen) auszuwechseln, auch wenn keine sicherheitsrelevanten Mängel erkennbar sind.

### 8.1.12 Vakuummesssonde

HINWEIS

Separate Betriebsanleitung des Herstellers für die Vakuummesssonde beachten!

Die Vakuummesssonde hat nur eine begrenzte Lebensdauer.

- Die Vakuummesssonde ist wartungsfrei.
- Äußere Verschmutzungen mit einem Tuch entfernen.

**Option: kapazitive Vakuummesssonden**

Durch Langzeitbetrieb, Verschmutzung oder schlagartiges Belüften kann es zu Messwertverschiebungen kommen.

- Kapazitive Vakuummesssonden mindestens einmal jährlich justieren. Abhängig von den Einsatzbedingungen können kürzere Intervalle für die Justierung erforderlich sein.

### 8.1.13 Zubehör

**VORSICHT**

Die besonderen Vorsichtsmaßnahmen bei der Pflege des Zubehörs sind unbedingt zu beachten.

Es handelt sich hierbei um Maßnahmen zur Wahrung der Betriebssicherheit!

Chemische Reaktionen sowie Druckkorrosion (Kombination von wechselndem Druck und chemischer Reaktion) können das Gefüge der Metalle und Kunststoffteile angreifen bzw. zerstören. Kaum nachweisbare Risse an der Oberfläche vergrößern sich und schwächen das Material, ohne deutlich sichtbare Anzeichen dafür zu hinterlassen.

- Das Material muss daher regelmäßig (mindestens einmal monatlich) überprüft werden auf
  - Rissbildung
  - sichtbare Gefügezerstörungen an der Oberfläche
  - Druckstellen
  - Korrosionserscheinungen
  - sonstige Veränderungen.
- Beschädigte Teile im Interesse der eigenen Sicherheit unverzüglich austauschen.
- Flüssigkeiten, die Korrosion verursachen können, müssen unverzüglich von den Zubehörteilen abgespült werden.
- Zubehör außerhalb der Gefriertrocknungsanlage reinigen; am besten nach jedem Gebrauch, mindestens aber einmal wöchentlich.

## 8.2 Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör

**GEFAHR**

Bei Verwendung von Gefahrenstoffen (z.B. infektiöse und pathogene Substanzen) besteht die Pflicht zur Desinfektion der Gefriertrocknungsanlage und des Zubehörs.

- Handelsübliche Desinfektionsmittel, wie z.B. Incidur®, Meliseptol®, Sagrotan®, Buraton® oder Terralin® (im Laborfachhandel erhältlich) verwenden.
- Die Gefriertrocknungsanlage und das Zubehör bestehen aus unterschiedlichen Materialien. Mögliche Unverträglichkeiten sind zu beachten.
- Bevor andere als die von uns empfohlenen Reinigungs- und Desinfektionsmittel angewendet werden, hat sich der Anwender beim Hersteller zu vergewissern, dass das Verfahren das Gerät nicht schädigt.
- Fragen Sie im Zweifelsfall beim Hersteller an (s. Kap. 8.5 - "Instandhaltungsarbeiten").

## 8.3 Wartungsplan (ölgedichtete Vakuumpumpe)

für Gefriertrocknungsanlagen mit ölgedichteter Vakuumpumpe

**HINWEIS**

**Prüfungen aufgrund gesetzlicher Regelungen**

Die jeweils geltenden nationalen und internationalen Gesetze, Vorschriften und Regeln zu Unfallverhütung und Arbeitsschutz sowie zum Umweltschutz sind zu beachten.

- Vorgeschriebene regelmäßige Prüfung von Anlagenteilen (z.B. elektrische Ausrüstung, Sicherheitseinrichtungen, Kältesysteme) den Vorgaben entsprechend durchführen!

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| **Sicherheits-einrichtungen** | Siehe Kapitel 3.8 - "Sicherheitseinrichtungen" | | | X | | X | | |
| **Trocknungs-kammer und Beladetür** | Trocknungskammer: trocken und sauber | X | | X | | | | |
| | Faltenbalg: sauber und unbeschädigt | X | | X | | ruckfreie Bewegung | | |
| | Durchführungen Wärmeträger-medium: dicht | | | X | | X | | |
| | Zwischenventil-dichtung | X | | X | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| | Stellflächengestell: gerade | X | | gratfrei | | gleich-mäßige Bewegung | | |
| | Stellflächenober-fläche: sauber, unbeschädigt | X | | X | | | | |
| | Türdichtung: sauber und unbeschädigt | X | | X | 50 Steril.-Zyklen | | | Wechsel der Türdichtung |
| | Türscharniere | | | X | | X | | Justierung nach Tür-dichtungswechsel |
| | Türriegel | X | | gratfrei | | X | | |
| | Edelstahltür: Türverkleidung fest | X | | X | | | | |
| | Edelstahltür: Schau-glas sauber, Beleuchtung ok | X | | X | | | | |

## 8 Wartung und Instandhaltung

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Acrylglastür: Oberfläche sauber und unbeschädigt | X | | X | | | | |
| **GT-Anlage allgemein** | Schaltschrank | | X | X | | | | |
| | Leckagen | | X | X | | | | |
| | Mechanische Geräusche | | X | X | | | | |
| | Dynamische Dichtungen: Ventilmembranen | | | | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| | Statische Dichtungen: Clamp, KF, O-Ring etc. | | | | 100 Steril.-Zyklen | | | |
| | Kabel: befestigt | | | X | | | | |
| | Kabelkanäle: geschlossen | | | X | | | | |
| | Rahmengestell: keine Korrosion | | | X | | | | Korrosion beseitigen |
| **Belüftungs-system** | Belüftungsfilter | | | | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| **Vakuum-system** | Pumpe: Ölstand | X | X | X | | | | |
| | Pumpe: Öl-Zustand (Farbe, Kontamination) | X | X | X | Ölwechsel | | | |
| | Abgasfilter: Ölnebelaustritt | | X | X | | X | | |
| | Abgasfilter: Ölstand | | X | | | X | | reinigen |
| | Ablagerungen im Gehäuse – Öl-Kreislauf | | | X | | | | |
| | Öl-Leckage unter der Pumpe | X | | X | Nach 10 Jahren | | | GLRD, Flügelzellen, Federn: 10 Jahre Lebensdauer |
| | Endvakuum | | | | | X | | |

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Vakuum-Lecktest | | | | | X | | |
| **Kältesytem** | Eisbildung | | | X | | | | |
| | Betriebsdruck unter Vollast | | | | | X | | |
| | Mechanische Geräusche | | | X | | | | |
| | Magnetventile: Funktion | | | | | X | | |
| | Eiskondensator: tiefste Temperatur | | | | | X | | |
| | Kühlwasserregler | | | X | | X | | Ventile reinigen |
| | Wärmetauscher | | | X | | X | | reinigen |
| **Ablaufsystem** | Kondensatablauf: Glasbruch | | | X | | X | | |
| | Medienablaufventil | | | X | | | | In regelmäßigen Abständen zerlegen und reinigen |
| **Wärmeträger-system** | Ausgleichsbehälter: Füllstand | | X | X | | X | | |
| | Leckagen / Isolie-rung vollgesogen | | X | X | | | | |
| | Auslöseschwelle Übertemperatur | | | | | X | | |
| | Temperatursensor: Befestigung | | | X | | | | |
| | Adsorptionsfilter (Silicagel): Zustand | | | X | bei Farb-wechsel | | | |
| | Wassergehalt des Wärmeträger-mediums | | | X | | | | Untersuchtung einer Probe (optische Prüfung, Gefrierpunkt, Siedepunkt) |
| | Wärmetauscher: Korrision | | | X | 5 Jahre | | | Austausch der Armaflex-Isolierung am Wärmetauscher |

## 8 Wartung und Instandhaltung

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | | | | | | | | und Beseitigen der Korrosion darunter |
| **Hydraulik-system** | Mechanische Komponenten: Funktion | | | X | | | | |
| | Leckagen | | X | X | | | | |
| | Maximaldruck-Einstellung | | | | | X | | |
| | Öl im Vorlage-behälter | | | X | | | | |
| | Hydraulikschläuche: Zustand | | | X | nach 5 Jahren | | | Schläuche auch dann tauschen, wenn keine Schäden erkennbar sind |
| | Verschlusszylinder: Verfahrgeschwindig-keit | | | | | X | | |
| **Mess- und Regelorgane** | Vakuumsensor(en) | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Temperatursenso-ren an GT-Anlage | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Drucksensoren Kammer | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Produkttemperatur-sensoren | | | | | X | X | Kalibrierung, Aus-tausch der Stecker-verbindungen |
| | Füllstandsschalter | | | | | X | | |
| | Vorsteuerventile (Magnetventile) | | | X | | X | | |
| **Elektrische Einrichtungen** | Schaltschrank: Wärmeentwicklung | | | X | | X | | Wärmebildmessung wenn möglich |
| | Schaltschrank: Zustand Bauteile | | | X | | | | |
| | Schaltschrank: Kühlung | | | X | 1 Jahr | X | | Wechsel des Filters |
| | Feldverkabelung | | | X | | | | |

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Leistungsaufnahme Komponenten | | | | | X | | |
| | LSCplus Anlagen-steuerung | | | X | 6 Jahre | X | | Wechsel der Pufferbatterie |

## 8.4 Wartungsplan (trockenlaufende Vakuumpumpe)

für Gefriertrocknungsanlagen mit trockenlaufender Vakuumpumpe

**HINWEIS**

**Prüfungen aufgrund gesetzlicher Regelungen**

Die jeweils geltenden nationalen und internationalen Gesetze, Vorschriften und Regeln zu Unfallverhütung und Arbeitsschutz sowie zum Umweltschutz sind zu beachten.

- Vorgeschriebene regelmäßige Prüfung von Anlagenteilen (z.B. elektrische Ausrüstung, Sicherheitseinrichtungen, Kältesysteme) den Vorgaben entsprechend durchführen!

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| **Sicherheits-einrichtungen** | Siehe Kapitel 3.8 - "Sicherheitseinrichtungen" | | | X | | X | | |
| **Trocknungs-kammer und Beladetür** | Trocknungskammer: trocken und sauber | X | | X | | | | |
| | Faltenbalg: sauber und unbeschädigt | X | | X | | ruckfreie Bewegung | | |
| | Durchführungen Wärmeträger-medium: dicht | | | X | | X | | |
| | Zwischenventil-dichtung | X | | X | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| | Stellflächengestell: gerade | X | | gratfrei | | gleich-mäßige Bewegung | | |
| | Stellflächenober-fläche: sauber, unbeschädigt | X | | X | | | | |
| | Türdichtung: sauber und unbeschädigt | X | | X | 50 Steril.-Zyklen | | | Wechsel der Türdichtung |
| | Türscharniere | | | X | | X | | Justierung nach Tür-dichtungswechsel |
| | Türriegel | X | | gratfrei | | X | | |
| | Edelstahltür: Türverkleidung fest | X | | X | | | | |
| | Edelstahltür: Schau-glas sauber, Beleuchtung ok | X | | X | | | | |

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Acrylglastür: Oberfläche sauber und unbeschädigt | X | | X | | | | |
| **GT-Anlage allgemein** | Schaltschrank | | X | X | | | | |
| | Leckagen | | X | X | | | | |
| | Mechanische Geräusche | | X | X | | | | |
| | Dynamische Dichtungen: Ventilmembranen | | | | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| | Statische Dichtungen: Clamp, KF, O-Ring etc. | | | | 100 Steril.-Zyklen | | | |
| | Kabel: befestigt | | | X | | | | |
| | Kabelkanäle: geschlossen | | | X | | | | |
| | Rahmengestell: keine Korrosion | | | X | | | | Korrosion beseitigen |
| **Belüftungs-system** | Belüftungsfilter | | | | 50 Steril.-Zyklen | | | |
| **Vakuum-system** | Pumpe: Einlassfilter | | | X | | | | Kontrolle und Reinigung jährlich |
| | Pumpe: Gasballastregler | | | X | | | | Kontrolle und Reinigung jährlich |
| | Pumpe: Außen-gebläseabdeckung | | | X | | | | Reinigung jährlich |
| | Pumpe: Tip Seals | | | | 9.000 Betriebs-std. | | | |
| | Pumpe: Motor- / Antriebszustand | | | X | | X | | Prüfung alle 15.000 Betriebsstunden |
| | Pumpe: Lager | | | | 35.000 Betriebs-std. | | | |
| | Schalldämpfer: Filterelement | | | | 9.000 Betriebs-std. | | | Wechsel des Filterelements |

## 8 Wartung und Instandhaltung

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Endvakuum | | | | | X | | |
| | Vakuum-Lecktest | | | | | X | | |
| **Kältesytem** | Eisbildung | | | X | | | | |
| | Betriebsdruck unter Vollast | | | | | X | | |
| | Mechanische Geräusche | | | X | | | | |
| | Magnetventile: Funktion | | | | | X | | |
| | Eiskondensator: tiefste Temperatur | | | | | X | | |
| | Kühlwasserregler | | | X | | X | | Reinigen des Ventils |
| | Wärmetauscher | | | X | | X | | Reinigen |
| **Ablaufsystem** | Kondensatablauf: Glasbruch | | | X | | X | | |
| | Medienablaufventil | | | X | | | | In regelmäßigen Abständen zerlegen und reinigen |
| **Wärmeträger-system** | Ausgleichsbehälter: Füllstand | | X | X | | X | | |
| | Leckagen / Isolie-rung vollgesogen | | X | X | | | | |
| | Auslöseschwelle Übertemperatur | | | | | X | | |
| | Temperatursensor: Befestigung | | | X | | | | |
| | Adsorptionsfilter (Silicagel): Zustand | | | X | bei Farb-wechsel | | | |
| | Wassergehalt des Wärmeträger-mediums | | | X | | | | Untersuchtung einer Probe (optische Prüfung, Gefrierpunkt, Siedepunkt) |

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Wärmetauscher: Korrision | | | X | 5 Jahre | | | Austausch der Armaflex-Isolierung am Wärmetauscher und Beseitigen der Korrosion darunter |
| **Hydraulik-system** | Mechanische Komponenten: Funktion | | | X | | | | |
| | Leckagen | | X | X | | | | |
| | Maximaldruck-Einstellung | | | | | X | | |
| | Öl im Vorlage-behälter | | | X | | | | |
| | Hydraulikschläuche: Zustand | | | X | nach 5 Jahren | | | Schläuche auch dann tauschen, wenn keine Schäden erkennbar sind |
| | Verschlusszylinder: Verfahrgeschwindig-keit | | | | | X | | |
| **Mess- und Regelorgane** | Vakuumsensor(en) | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Temperatursenso-ren an GT-Anlage | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Drucksensoren Kammer | | | | | | X | Kalibrierung |
| | Produkttemperatur-sensoren | | | | | X | X | Kalibrierung, Aus-tausch der Stecker-verbindungen |
| | Füllstandsschalter | | | | | X | | |
| | Vorsteuerventile (Magnetventile) | | | X | | X | | |
| **Elektrische Einrichtungen** | Schaltschrank: Wärmeentwicklung | | | X | | X | | Wärmebildmessung wenn möglich |
| | Schaltschrank: Zustand Bauteile | | | X | | | | |
| | Schaltschrank: Kühlung | | | X | 1 Jahr | X | | Wechsel des Filters |

## 8 Wartung und Instandhaltung

| System/ Baugruppe | Position / Bauteil | Inspektion | | Wartung | | | | Instandsetzung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | vor Prozessstart | arbeitstäglich | Inspektion | Austausch | Funktionstest | Kalibrierung | |
| | Feldverkabelung | | | X | | | | |
| | Leistungsaufnahme Komponenten | | | | | X | | |
| | LSCplus Anlagen-steuerung | | | X | 6 Jahre | X | | Wechsel der Pufferbatterie |

## 8.5 Instandhaltungsarbeiten

**GEFAHR**

Bei Instandhaltungsarbeiten, die die Entfernung der Verkleidung erfordern, besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags oder mechanischer Verletzungen. Solche Arbeiten sind ausschließlich qualifiziertem Fachpersonal vorbehalten.

Die Gefriertrocknungsanlage ist hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Um der starken Beanspruchung standzuhalten, werden bei der Fertigung hochwertige Bauteile eingesetzt. Trotzdem kann es zu Verschleißerscheinungen kommen, die von außen nicht sichtbar sind.

Wir empfehlen daher, die Gefriertrocknungsanlage im Rahmen einer Inspektion durch den Hersteller einmal jährlich im Betriebszustand und im Dreijahresrhythmus im zerlegten Zustand prüfen zu lassen.

Diese Dienstleistung kann auch im Rahmen eines Wartungsvertrages vereinbart werden (siehe unten).

**Informationen und Terminabsprachen**

**in Deutschland:**

Setzen Sie sich in Verbindung mit

Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode
Tel. +49 (0) 55 22 / 50 07-33 33
E-mail: support.epsilon@martinchrist.de

**außerhalb Deutschlands:**

Setzen Sie sich mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung. Die Adresse finden Sie unter www.martinchrist.de → [Vertriebspartner]

**HINWEIS**

- Bei Inanspruchnahme des Kundendienstes stets den Gerätetyp und die Fabriknummer angeben.

**Wartungsvertrag für Christ Gefriertrocknungsanlagen**

Mit dem Wartungsvertrag bietet die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH eine Dienstleistung an, die über die normale Pflege und Wartung des Anwenders hinaus einen zuverlässigen Betrieb der Gefriertrocknungsanlage gewährleistet.

Eine vertragliche Wartung durch einen unserer Servicetechniker beinhaltet die Inspektion der Christ Gefriertrocknungsanlage gemäß folgender Spezifizierung:

- Prüfung gemäß DGUV Vorschrift 3 (elektrische Anlagen und Betriebsmittel)
- Prüfung des allgemeinen Zustands
- Prüfung von mechanischen Funktionen
- Prüfung des Kältesystems
- Prüfung des Vakuumsystems inkl. Vakuummesssonde und Vakuumanzeige
- Prüfung der Kompressor- und Vakuumpumpenaufhängung
- Prüfung der Betriebsmittel-Füllstände
- Prüfung des Zubehörs
- Durchführung eines Probelaufs
- Ausfertigung eines Serviceberichts

Die Terminverfolgung wird durch die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH organisiert.

Weitere Informationen zu diesem Thema erhalten Sie bei der Christ Serviceleitung (Kontakt siehe oben).

Dieses Angebot gilt nur für Deutschland. Aus dem Ausland setzen Sie sich bitte mit unserer Vertretung Ihres Landes in Verbindung (siehe oben).

## 8.6 Rücksendung defekter Teile

Trotz aller Sorgfalt bei der Fertigung unserer Produkte ist es hin und wieder notwendig, das Gerät oder ein Zubehörteil an den Hersteller zurückzusenden.

Um eine Rücksendung von Gefriertrocknungsanlagen, Rotations-Vakuum-Konzentratoren, Ersatzteilen oder Zubehör zügig und wirtschaftlich bearbeiten zu können, benötigen wir vollständige und umfassende Angaben zum Vorgang. Füllen Sie deshalb die nachfolgend aufgeführten Formulare komplett und sorgfältig aus und senden Sie sie zusammen mit dem Produkt zurück an:

Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode (Deutschland)

1. **Unbedenklichkeitsbescheinigung des Betreibers (Dekontaminationserklärung)**
   Als zertifiziertes Unternehmen und aufgrund gesetzlicher Vorschriften zum Schutz unserer Mitarbeiter und der Umwelt sind wir verpflichtet, für alle Wareneingänge die Unbedenklichkeit zu dokumentieren. Zu diesem Zweck benötigen wir eine Dekontaminationserklärung.
   - Das Formular muss von autorisiertem Fachpersonal vollständig ausgefüllt und abgezeichnet werden.
   - Bringen Sie das Original gut sichtbar außen an der Verpackung an.

**HINWEIS**

Bei Nichtvorlage einer Dekontaminationserklärung senden wir das Teil/Gerät zu unserer Entlastung zurück!

2. **Formular zur Rücksendung defekter Teile**
   Auf diesem Formular werden die produktbezogenen Daten eingetragen. Sie erleichtern die Zuordnung und ermöglichen eine zügige Abwicklung der Rücksendung. Werden mehrere Teile in einem Paket zurückgeschickt, sollte zu jedem defekten Teil eine separate Fehlerbeschreibung beigefügt werden.
   - Eine ausführliche Fehlerbeschreibung ist notwendig, um die Reparatur zügig und wirtschaftlich durchzuführen.
   - Auf Wunsch erstellen wir einen Kostenvoranschlag vor Durchführung der Reparatur. Wir bitten diesen spätestens nach 14 Tagen zu bestätigen. Falls nach 4 Wochen keine Bestätigung des Kostenvoranschlags erfolgt, senden wir das defekte Teil/Gerät zu unserer Entlastung zurück. Die entstandenen Kosten müssen wir in Rechnung stellen.

3. **Abholauftrag (nur innerhalb Deutschlands)**
   Auf Ihren Wunsch beauftragen wir eine Spedition mit der Abholung des Gerätes. In diesem Fall füllen Sie den Abholauftrag aus und senden das Formular per E-Mail oder Fax an uns zurück.

**HINWEIS**

Das defekte Teil/Gerät muss transportsicher verpackt werden, das Gerät am besten in der Originalverpackung.

Wird das Produkt in einer ungeeigneten Verpackung an uns gesendet, erfolgt die Neuverpackung für den Rücktransport zu Ihren Lasten.

Die Formulare stehen online als Formular-Download zur Verfügung: www.martinchrist.de → [Service] → [Instandsetzung und Reparatur].

# 9 Entsorgung

## 9.1 Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage

Die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH ist als Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten registriert, die ausschließlich für den gewerblichen Gebrauch bestimmt sind.

- Die nationalen Vorschriften sind zu beachten.

## 9.2 Entsorgung der Verpackung

- Die Verpackung muss nach Werkstoffen getrennt entsorgt werden.
- Die nationalen Vorschriften sind zu beachten.

# 10 Technische Daten

| | |
|---|---|
| Hersteller: | Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH<br>An der Unteren Söse 50<br>37520 Osterode (Deutschland) |
| Gerätetyp: | **Epsilon 2-10D LSCplus** |
| Bestellnummer: | 111122 |
| **Physikalische Daten** | |
| Abmessungen der Anlage<br>- Höhe:<br>- Breite:<br>- Tiefe:<br>Gewicht:<br>Geräuschpegelnach DIN 45635:<br>Funkentstört gemäß EN 55011: | <br>1 303 mm<br>1 190 mm<br>966 mm inkl. Vakuumanschluss<br>ca. 665 kg<br>64 dB (A)<br>Klasse B |
| Wärmeabgabe: | min. 3,0 kW<br>max. 5,6 kW |
| **Kältesystem** | |
| Eiskondensator: | Kaskadensystem,<br>bestehend aus 2 Kompressoren mit je 1,2 kW |
| Regelung der Stellflächentemperatur: | 1 Kompressor mit 0,9 kW |
| **Betriebsmitteldaten** | |
| Kältemitteldaten Kältekreislauf 1<br>Kältemittel:<br>- Treibhausgaspotential (GWP):<br>- Füllmenge:<br>- Max. zulässiger Druck:<br>- $CO_2$-Äquivalent:<br>Kältemittel:<br>- Treibhausgaspotential (GWP):<br>- Füllmenge:<br>- Max. zulässiger Druck:<br>- $CO_2$-Äquivalent: | <br>R1270<br>3<br>140 g<br>25 bar<br>< 0,01 t<br>R170<br>3<br>110 g<br>25 bar<br>< 0,01 t |
| Kältemitteldaten Kältekreislauf 2<br>Kältemittel:<br>- Treibhausgaspotential (GWP):<br>- Füllmenge:<br>- Max. zulässiger Druck:<br>- $CO_2$-Äquivalent: | <br>R1270<br>3<br>100 g<br>25 bar<br>< 0,01 t |
| Wärmeträgersystem<br>Wärmeträgermedium:<br>- Füllmenge: | <br>Fragoltherm_X-T15<br>ca. 15 l |
| Hydrauliksystem<br>Hydrauliköl:<br>- Füllmenge: | <br>Shell Tellus MX22<br>ca. 2,4 l |

## 10 Technische Daten

| **Leistungsdaten** | |
|---|---|
| Eiskondensatorkammer | |
| - Abmessungen (B x H x T): | 460 mm x 470 mm x 231 mm |
| - Volumen: | ca. 50 l |
| Eiskondensator | |
| - Kapazität: | max. 10 kg |
| - Leistung: | max. 8 kg / 24 h |
| - Temperatur: | ca. –85°C |
| Trocknungskammer | |
| - Abmessungen (B x H x T): | 460 mm x 470 mm x 470 mm |
| - Volumen: | ca. 100 l |
| Stellflächen | |
| - Abmessungen (B x T): | 350 mm x 400 mm |
| - Nutzbare Stellfläche: | siehe unten |
| - Freier Stellflächenabstand: | siehe unten |
| - Stellflächentemperatur: | ca. -55°C bis +60°C |
| - Stellflächentemperaturgenauigkeit: | max. ±1°C auf einer Stellfläche und von Stellfläche zu Stellfläche |
| Vakuum | |
| - Endvakuum 2stufig: | 5 x $10^{-3}$ mbar |
| - Leckrate (Testzeit 12-15 h): | 5 x $10^{-3}$ mbar / sec |

| **Anschlussdaten** | |
|---|---|
| Elektrischer Anschluss: | 3 x 400 V / 50 Hz<br>(andere Anschlusswerte auf Anfrage) |
| Schutzklasse: | I |
| IP-Schutzart gemäß DIN 60529: | 20 |
| Scheinleistung (abhängig von der Vakuumpumpe): | siehe technische Dokumentation |
| Nennstrom: | 12,0 A |

| **Betriebsmittelanschlüsse** | |
|---|---|
| Belüftung (B1-MC215): | Schlauchtülle DN6 (Außendurchmesser 10 mm)<br>max. +0,2 bar |
| Ablauf (B1-MC206.1): | Schlauchtülle DN10 (Außendurchmesser 12 mm)<br>max. +40°C |
| Vakuumanschluss (V1-MC15): | Kleinflanschverbindung DN25KF (ISO 28403, DIN 2861)<br>max. +80°C |
| Netzeingang: | Cekon CEE (16 A 3ph) |
| Datenschnittstelle (LAN): | RJ45 |

**Stellflächen**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stellflächenbreite: | | | 350 | | R-Flaschen | 2R | 4R | 6R | 8R | 10R | 15R | 20R | 25R | 30R | |
| Stellflächenlänge: | | | 400 | | ↕ mm | 35 | 45 | 40 | 45 | 45 | 60 | 55 | 65 | 75 | |
| Stellfläche ↕ | | | 15 | | Ø mm | 16 | 16 | 22 | 22 | 24 | 24 | 30 | 30 | 30 | |
| Anz. Stellflächen | | | Area | Abstand | | Die Zahlen geben die Maximalbeladung an. Beim Einsatz von Rahmen 10% abziehen! | | | | | | | | | |
| 1 | + | 1 | 0,14 | 354 | | 613 | 613 | 326 | 326 | 266 | 266 | 165 | 165 | 165 | |
| 2 | + | 1 | 0,28 | 169 | | 1226 | 1226 | 652 | 652 | 532 | 532 | 330 | 330 | 330 | |
| 3 | + | 1 | 0,42 | 108 | | 1839 | 1839 | 978 | 978 | 798 | 798 | 495 | 495 | 495 | |
| 4 | + | 1 | 0,56 | 77 | | 2452 | 2452 | 1304 | 1304 | 1064 | | 660 | | | |
| **5** | **+** | **1** | **0,70** | **59** | **Standard** | **3065** | | | | | | | | | |
| 6 | + | 1 | 0,84 | 47 | nur Schale | | | | | | | | | | |
| 7 | + | 1 | 0,98 | 38 | nur Schale | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | H-Flaschen | 5H | 7H | 8H | 10H | 15H | 20H | 25H | 30H | 50H | 100H |
| | | | | | ↕ mm | 41 | 41 | 47 | 54 | 59 | 58 | 58 | 63 | 73 | 95 |
| | | | | | Ø mm | 21 | 22 | 23 | 25,5 | 27 | 32 | 36 | 36 | 43 | 52 |
| Anz. Stellflächen | | | Area | Abstand | | Die Zahlen geben die Maximalbeladung an. Beim Einsatz von Rahmen 10% abziehen! | | | | | | | | | |
| 1 | + | 1 | 0,14 | 354 | | 363 | 326 | 290 | 243 | 218 | 147 | 117 | 117 | 83 | 54 |
| 2 | + | 1 | 0,28 | 169 | | 726 | 652 | 580 | 486 | 436 | 294 | 234 | 234 | 166 | 108 |
| 3 | + | 1 | 0,42 | 108 | | 1089 | 978 | 870 | 729 | 654 | 441 | 351 | 351 | 249 | |
| 4 | + | 1 | 0,56 | 77 | | 1452 | 1304 | 1160 | 972 | 872 | 588 | 468 | | | |
| **5** | **+** | **1** | **0,70** | **59** | **Standard** | **3065** | | | | | | | | | |
| 6 | + | 1 | 0,84 | 47 | nur Schale | | | | | | | | | | |
| 7 | + | 1 | 0,98 | 38 | nur Schale | | | | | | | | | | |

## 10.1 Umgebungsbedingungen

- Verwendung in Innenräumen;
- Höhenlage bis 2.000 m;
- Umgebungstemperatur von +5°C bis +25°C;
- Maximale relative Luftfeuchte 80%;
- Schwankungen in der Netzversorgungsspannung bis zu ± 10% der Nennspannung.

## 10.2 Technische Dokumentation

Die technische Dokumentation dieser Gefriertrocknungsanlage (z.B. Stromlaufpläne, Kälteschema) sowie die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller (z.B. für Kältemittel) sind dieser Betriebsanleitung nicht beigefügt.

Die Unterlagen können über unsere Serviceabteilung anfordert werden.

# 11 Anhang

## 11.1 Mathematische Zusammenhänge

Den unter dem Menüpunkt "Programmgeber " (s. Kap. 6.7.3 - "Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus") ablaufenden automatischen Vorgängen liegen folgende Überlegungen zugrunde:

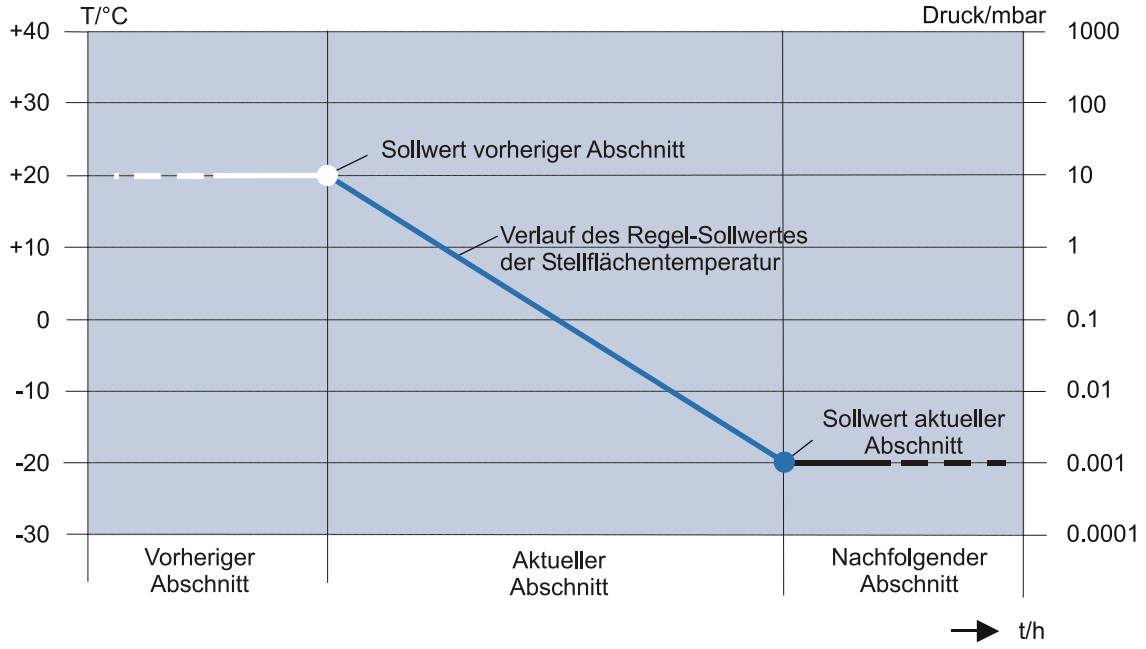



*Abb. 75 Grafische Darstellung der Veränderung des Regelsollwertes*

**Berechnung des Regelsollwerts und der Steigung für Temperatur**:

$$Steigung = \frac{Sollwert\ aktueller\ Abschnitt - Sollwert\ vorheriger\ Abschnitt}{Abschnittszeit\ des\ aktuellen\ Abschnitt} \quad [°C/min]$$

$$Regelsollwert = Soll.vorherigerAbs + verstrichene Abschnittszeit.Steigerung [°C]$$

Beispiel:

| Abschnitt | Sollwerte | |
|---|---|---|
| | Abschnittzeit [h:min] | Temperatur [°C] |
| vorheriger | ... | 30 |
| aktueller | 1:00 | 60 |

$$Steigerung = \frac{60°C - 30°C}{60\ min} = \frac{30°C}{60\ min} = 0{,}5°C / min$$

Somit ergibt sich z.B. nach 30 Minuten verstrichener Abschnittszeit ein Regelsollwert für die Temperatur von:

$$Regelsoll_{(t=30\,min)} = 30°C + 30\ min \cdot 0.5°C / min = 45°C$$

**Berechnung des Regelsollwertes für Vakuum**:

$$Regelsoll = 10^{LOG10(Soll.vorh.Abs.) + \left(\frac{LOG10(Soll.akt.Abs. - LOG10(Soll.vorh.Abs.)}{Abschnittszeit\ des\ aktuellen\ Abschnitt}\right) \cdot verstrichene\ Abschnittszeit} \quad [mbar]$$

## 11.2 EG-Konformitätserklärung gemäß Maschinenrichtlinie

# *EG – KONFORMITÄTSERKLÄRUNG*

**im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, Anhang II, Teil 1, Abschnitt A**

Das nachfolgend bezeichnete Produkt wurde entwickelt, konstruiert und gefertigt in Übereinstimmung mit den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der aufgeführten EG-Richtlinien und Normen.

Bei einer nicht mit uns abgestimmten Änderung oder einer nicht bestimmungsgemäßen Anwendung verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.

| | |
|---|---|
| *Produktbezeichnung:* | Gefriertrocknungsanlage |
| *Produkttyp:* | Epsilon 2-10D LSCplus |
| *Bestellnummer:* | 111122 |
| *Richtlinien:* | 2006/42/EG Maschinenrichtlinie<br>2014/35/EU Niederspannungsrichtlinie<br>2014/30/EU EMV-Richtlinie<br>2014/68/EU Druckgeräterichtlinie<br>2011/65/EU RoHS-Richtlinie |
| *- bei Ausstattung mit WTMplus:* | 2014/53/EU Funkanlagenrichtlinie |
| *Zu Grunde gelegte Normen:* | DIN EN 378-1:2021-06<br>DIN EN 378-2:2018-04<br>DIN EN 378-3:2020-12<br>DIN EN 378-4:2019-12<br>DIN EN 61010-1:2020-03<br>DIN EN 60204-1:2019-06<br>DIN EN 61000-6-2:2019-11<br>DIN EN 61000-6-4:2020-09 |
| *- bei Ausstattung mit WTMplus:* | EN 301489-1:2012-04<br>EN 301489-3:2013-12<br>EN 300330-1:2015-08<br>EN 300330-2:2015-08 |

**Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH**
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode

CE-Dokumentationsbeauftragter:
S. Krippendorff

Osterode, 13.07.2022

F. Harms, Geschäftsführer

CE_MaschRL_Epsilon_2-10D_LSCplus_Standard_2-0_2022-07-13_de.docx

Page 1 / 1

## 11.3 EG-Konformitätserklärung gemäß Druckgeräterichtlinie

# *EG – KONFORMITÄTSERKLÄRUNG*

**im Sinne der EG-Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU**

Die nachfolgend bezeichneten Kälteanlagen wurden entwickelt, konstruiert und gefertigt in Übereinstimmung mit den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der aufgeführten EG-Richtlinien und Normen.

Bei einer nicht mit uns abgestimmten Änderung oder einer nicht bestimmungsgemäßen Anwendung verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.

| | |
|---|---|
| *Produktbezeichnung:* | Kälteanlage in Gefriertrocknungsanlage |
| *Relevante Gerätetypen:* | Alle Laborgeräte der Typen:<br>Alpha, Beta Gamma, Delta<br>Pilotanlagen der Typen:<br>Epsilon 1-4, Epsilon 2-4<br>Epsilon 2-6D, Epsilon 2-10D |
| *max. zulässiger Druck:*<br>*max. zulässige Temperatur:* | 25 bar<br>120°C |
| *Richtlinien:* | 2014/68/EU Druckgeräterichtlinie |
| *Zu Grunde gelegte Normen:* | AD 2000<br>EN 378 |
| *Angewandte Konformitätsverfahren:* | Modul A<br>Kategorie I |

**Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH**
An der Unteren Söse 50
37520 Osterode

CE-Dokumentationsbeauftragter:
S. Krippendorff

Osterode, 08.03.2022

F. Harms, Geschäftsführer

CE_DruckGRL_Labor+Pilot_2022-03-08_de.doc

Page 1 / 1

## 11.4 Tabelle der Sublimationsdruckkurve

| °C | = mbar | °C | = mbar | °C | = mbar | °C | = mbar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6,110 | -20 | 1,030 | -40 | 0,120 | -60 | 0,011 |
| -1 | 5,620 | -21 | 0,940 | -41 | 0,110 | -61 | 0,009 |
| -2 | 5,1770 | -22 | 0,850 | -42 | 0,100 | -62 | 0,008 |
| -3 | 4,760 | -23 | 0,770 | -43 | 0,090 | -63 | 0,007 |
| -4 | 4,370 | -24 | 0,700 | -44 | 0,080 | -64 | 0,006 |
| -5 | 4,020 | -25 | 0,630 | -45 | 0,070 | -65 | 0,0054 |
| -6 | 3,690 | -26 | 0,570 | -46 | 0,060 | -66 | 0,0047 |
| -7 | 3,390 | -27 | 0,520 | -47 | 0,055 | -67 | 0,0041 |
| -8 | 3,010 | -28 | 0,470 | -48 | 0,050 | -68 | 0,0035 |
| -9 | 2,840 | -29 | 0,4202 | -49 | 0,045 | -69 | 0,0030 |
| -10 | 2,560 | -30 | 0,370 | ,50 | 0,040 | -70 | 0,0026 |
| -11 | 2,380 | -31 | 0,340 | -51 | 0,035 | -71 | 0,0023 |
| -12 | 2,170 | -32 | 0,310 | -52 | 0,030 | -72 | 0,0019 |
| -13 | 1,980 | -33 | 0,280 | -53 | 0,025 | -73 | 0,0017 |
| -14 | 1,810 | -34 | 0,250 | -54 | 0,024 | -74 | 0,0014 |
| -15 | 1,650 | -35 | 0,220 | -55 | 0,021 | -75 | 0,0012 |
| -16 | 1,510 | -36 | 0,200 | -56 | 0,018 | -76 | 0,0010 |
| -17 | 1,370 | -37 | 0,180 | -57 | 0,016 | -77 | |
| -18 | 1,250 | -38 | 0,160 | -58 | 0,014 | -78 | |
| -19 | 1,140 | -39 | 0,140 | -59 | 0,012 | -79 | |

# 12 Glossar

### Betriebsmittelkennzeichen

Innerhalb des Lebenslaufes industrieller Anlagen wird für Planung, Entwurf, Realisation, Betrieb, Instandhaltung und Demontage ein einheitliches Betriebsmittelkennzeichensystem benötigt, um alle Objekte innerhalb des Systems jederzeit eindeutig identifizieren zu können. Die Betriebsmittelkennzeichen (auch Referenzkennzeichen) werden am Betriebsmittel angebracht und in der technischen Dokumentation (z.B. Stromlaufplan) eingetragen.

### Belüften, Verschließen, Lagern

Die Option "Belüften, Verschließen, Lagern" beinhaltet das automatische Verschließen der Produktfläschchen mit vorher eingesetzten Gummistopfen unter Partialvakuum sowie die anschließende Lagerung auf den Stellflächen unter definierten Bedingungen als integraler Bestandteil eines Trocknungsprogramms. Aus diesem Grund ist die Option nur in Verbindung mit dem Programmgeber und bei Anlagen mit automatischem Belüftungsventil und Hydraulik einsetzbar.

### Desorption

Als Desorption (von lat. de-sorbere, sorbere = (auf-)saugen) bezeichnet man den Vorgang, bei dem Moleküle die Oberfläche eines Festkörpers verlassen. Um desorbieren zu können, muss das Teilchen genügend Energie zur Überwindung der Bindungsenergie besitzen oder zugeführt bekommen.

### Druckanstiegstest

Der Druckanstiegstest kann nur beim → *Zweikammer-Verfahren* durchgeführt werden. Während des Druckanstiegstests verhindert das Zwischenventil den Dampffluss von der Trocknungskammer zum Eiskondensator, so dass der Wasserdampf der → *Sublimation* nicht abströmen kann. Die Folge ist ein mehr oder weniger starker Druckanstieg, der in der Produktkammer gemessen wird. Bei vollständig getrocknetem Produkt verschlechtert sich das Vakuum nicht oder nur sehr gering.

Der Druckanstiegstest wird häufig als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

### Einkammer-Verfahren

Beim Einkammer-Verfahren wird sowohl das Gefrieren als auch die anschließende Trocknung des Produktes auf separat temperaturgeregelten Stellflächen innerhalb der Eiskondensatorkammer durchgeführt.

### Eutektischer Punkt

Der eutektische Punkt bezeichnet den Punkt, in dem eine homogene Mischphase (z.B eine eutektische Legierung) direkt vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, also kein aus verschiedenen Phasen bestehendes Kristallgemisch entsteht.

### Komparative Druckmessung

Die gasartabhängige Vakuummesssonde der Trocknungskammer nach "Pirani" (z.B. Thyracont VCP 63) zeigt während der Sublimation, also bei höherer Konzentration bei Wasserdampfmolekülen in der Atmosphäre, eine Abweichung gegenüber einer kapazitiven Vakuummesssonde (z.B. Pfeiffer CMR363). Nimmt der Anteil an Wasserdampfmolekülen zum Ende der Haupttrocknung ab, gleichen sich die Sensorren einander an. Diese Differenz wird ausgewertet.

Die komparative Druckmessung wird häufig als automatisches Umschaltkriterium zwischen Haupt- und Nachtrocknung sowie zur Erkennung des Prozessendes herangezogen.

### Lecktest

Der Lecktest ist ein Prüfverfahren, mit dem die Kammer der Gefriertrocknungsanlage auf Dichtheit gegenüber gasförmigen oder flüssigen Medien getestet wird. Da es grundsätzlich keine absolut dichten Teile gibt, wird eine Leckrate bestimmt. Die Parameter für den Lecktest wurden von der Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen speziell für die Gefriertrocknungsanlagen entwickelt. In einem ersten Schritt müssen diese Parameter (Vakuum, Eiskondensatortemperatur) erreicht werden. Erst wenn die Bedingungen erfüllt sind, schließt das Drucksteuerventil, und in einem zweiten Schritt wird die eigentliche Dichtheitsprüfung durchgeführt. Die nach Testende errechnete Leckrate gibt Aufschluss über die Dichtheit des Systems.

### Sicherheitsdruck

In Kenntnis des dominierenden Einflusses des Vakuums auf die Produkttemperatur hat die Firma Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH eine so genannte Sicherheitsdruck-Funktion als Produktschutz in ihre Anlagen integriert: Wenn der Druck in der Trocknungskammer zu stark – über die Sicherheitsgrenze hinaus – ansteigt, wird die Energieversorgung der Stellflächen unterbrochen und der Sublimationsprozess verlangsamt sich. So wird ein Schmelzen des Produktes verhindert.

Als Sicherheitsdruck sollte der Wert eingesetzt werden, der auf der Dampfdruckkurve über Eis einer Temperatur 5°C unter dem Schmelzpunkt des Produktes entspricht.

### Sublimation

Als Sublimation, seltener auch Sublimierung (von lat. "sublimis" = hoch in der Luft befindlich, erhaben), bezeichnet man in der Thermodynamik den Prozess des unmittelbaren Übergangs eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand.

### Zweikammer-Verfahren

Das Gefrieren und Trocknen des Produkts auf temperierten Stellflächen in einer separaten Trocknungskammer wird als Zweikammer-Verfahren bezeichnet. Der Vorteil gegenüber dem → *Einkammer-Verfahren* besteht in der wesentlich größeren Produktkapazität. Außerdem kann durch ein Zwischenventil die Produktkammer vom Eiskondensatorraum abgesperrt werden, um einen so genannten → *Druckanstiegstest* zur Bestimmung des Trocknungsendes durchzuführen.

# 13 Index

**A**

Abgase (Gefahren) ..... 35, 51, 125
Abgase der Vakuumpumpe..... 36, 52
Abgasfilter (Ölnebelabscheider) und Vakuumpumpe (ölgedichtet)..... 51
Abholauftrag (nur innerhalb Deutschlands) ..... 141
Ablauf (Anschluss)..... 144
Ablauf eines Gefriertrocknungsprozesses.. 21
Abluft (Gefahren) ..... 125
Abmessungen..... 43
Abtauen ..... 92
Abtauen mit Heißgas ..... 23
Abtauwasser, kontaminiert (Gefahren) 34, 50, 115, 120, 122
Adsorptionsfilter ..... 55
Akustischer Signalgeber ..... 80
Allgemeine Arbeiten (Wartung) ..... 118
Allgemeine Störungen..... 112
Allgemeinen Geschäftsbedingungen..... 12
Anbauten ..... 40
Angezeigter Vakuumwert nicht korrekt..... 112
Anlagenschema ..... 65
Anschluss ..... 41
Anschluss (Gefahren) ..... 30, 47
Anschluss Ablauf ..... 144
Anschluss Belüftung ..... 144
Anschlussart ..... 48
Anschlussdaten ..... 144
Anzeigen oder Ändern der Sollwerte..... 92
Arbeitssicherheit ..... 26
Artikelnummer..... 18
Aufbau der Gefriertrocknungsanlage..... 14
Auffüllen von Betriebsmitteln..... 40
Aufstellort..... 47
Aufstellung..... 41
Aufstellung (Gefahren)..... 30, 47
Ausgangsprodukte, azidhaltig ..... 12
Ausgangsprodukte, säurehaltig..... 12
Auspacken..... 44
Ausschalten ..... 111
Automatisches Belüften, Verschließen, Lagern..... 110
Azide..... 12
Azide (Gefahren)..... 34

**B**

Baujahr (Monat/Jahr) ..... 18
Bedienelemente..... 14
Bedienoberfläche..... 60
Bedienpersonal..... 26
Beladetür (Bedienung) ..... 57
Beladetür (Folienbeschichtung)..... 120
Beladetür (Gefahren) ..... 36, 57
Belüften ..... 92
Belüften bei Trocknungsende ..... 23
Belüften, Verschließen, Lagern 102, 110, 153
Belüftung ..... 47, 49, 116
Belüftung (Anschluss) ..... 144
Belüftungsmedium vorwählen ..... 76
Belüftungsmedium, Vorwahl ..... 110
Belüftungsventil ..... 115
Belüftungsventil (Wartung)..... 122
Berechnung des Regelsollwertes für Vakuum ..... 146
Berechnung des Regelsollwerts und der Steigung für Temperatur..... 146
Beschilderung des Geräts..... 24
Bestellnummer..... 143
Bestimmungsgemäße Verwendung ..... 9
Betreiber (Verantwortung)..... 26
Betriebsart wählen / starten ..... 68
Betriebsmittelanschlüsse ..... 144
Betriebsmittelkennzeichen ..... 67, 86, 153
Betriebssicherheit ..... 128
Betriebsspannung..... 48
Betriebsstunden..... 86
Betriebszustand ..... 62
Brandschutz..... 41

**C**

CE-Zeichen gemäß Richtlinie 2006/42/EG. 24
Chemische Reaktionen..... 128
$CO_2$-Äquivalent ..... 143

Controlled Nucleation LyoCoN ..... 108

**D**

Dampfdruckkurve für Eis und Wasser . 19, 20, 63
Datenschnittstelle (LAN) ..... 144
Datum / Zeit ..... 79
Dekontaminationserklärung ..... 141
Dekontaminationsmittel ..... 119
delta p Druckanstiegstest (optional) ..... 95
deltaT Komparativ ..... 95
deltaT Produkt ..... 95
deltaT Stellfläche ..... 95
Desinfektion von Trocknungskammer und Zubehör ..... 128
Desinfektionsmittel ..... 128
Desorption ..... 153
Detailinformationen ..... 67
Detailinformationen zu Software-Versionen 90
DGUV Vorschrift 3 ..... 140
Dialogfenster "Anlagenschema" ..... 65
Dialogfenster "Betriebsart wählen / starten" 68
Dialogfenster "Neues Programm" ..... 74
Dialogfenster "Prozess- und Anlagenmeldungen" ..... 66
Dialogfenster "Tools" ..... 63
Drahtlose Produkttemperaturmessung WTMplus ..... 108
Druckanstiegstest ..... 64, 99, 108, 153
Druckkorrosion siehe auch Korrosion ..... 128
Druckmessung, komparative ..... 109
Druckstellen ..... 128
Drucksteuerventil ..... 53
Drucksteuerventil (Fehlfunktion) ..... 115

**E**

EG-Konformitätserklärung Druckgeräterichtlinie ..... 149
EG-Konformitätserklärung Maschinenrichtlinie ..... 147
Einhaltung der EG-Richtlinien zum Arbeitsschutz ..... 26
Einkammer-Verfahren ..... 153
Einschalten ..... 56
Einweisung ..... 26
Eiskondensator ..... 144
Eiskondensatorkammer, Reinigung ..... 120
Eiskondensatortemperatur ..... 95
Elektrischer Anschluss ..... 144
Elektrisches System (Wartung) ..... 123
Elektrizität (Gefahren) ..... 31, 48, 123
Elektrofachkraft ..... 29
Energieversorgung ..... 48
Entsorgung der Gefriertrocknungsanlage . 142
Entsorgung der Verpackung ..... 142
Ersatzteilanfragen ..... 117
Eutektischer Punkt ..... 153
explosive Substanzen ..... 34
externer Datenträger ..... 62

**F**

Fabriknummer ..... 18, 90, 117, 139
Fachpersonal ..... 28, 115, 139, 141
Fehlerbeschreibung ..... 141
Fehlerspeicher ..... 87
Fehlersuche ..... 112
Fehlfunktion (Drucksteuerventil) ..... 115
Feinregel-Nadelventil ..... 49
Feuer ..... 39
Folienbeschichtung der Beladetür (Reinigung) ..... 120
Folienbeschichtung Radiation Shield . 58, 120
Folienbeschichtung Solvent Shield ..... 120
Formular zur Rücksendung defekter Teile 141
Füllmenge (Kältemittel) ..... 143
Funktions- und Bedienelemente ..... 14

**G**

Gasinjektion mit Proportionalventil ..... 77, 110
Gefahren ..... 39
Gefahren (Abluft) ..... 125
Gefahren (allgemein, Transport bis Inbetriebnahme) ..... 29
Gefahren (allgemein, Transport) ..... 44, 45
Gefahren (Anschluss) ..... 30, 47
Gefahren (Aufstellung) ..... 30, 47
Gefahren (Azide) ..... 34
Gefahren (Beladetür) ..... 36, 57
Gefahren (Elektrizität) ..... 31, 48, 123
Gefahren (Hydraulik) ..... 32, 127
Gefahren (Inbetriebnahme) ..... 30, 56
Gefahren (Kältesystem) ..... 31, 126
Gefahren (kontaminiertes Abtauwasser) ... 34, 50, 115, 120, 122

Gefahren (kontaminiertes Kondensat). 34, 50, 115, 120, 122
Gefahren (Lärm) ..... 36
Gefahren (Lösungsmittel)..... 33
Gefahren (Oberflächen, heiß) ... 37, 119, 124, 125
Gefahren (Oberflächen, kalt)..... 37
Gefahren (Produkte, gesundheitsschädlich ..... 32, 119
Gefahren (Säuren) ..... 33
Gefahren (Stellflächen) ..... 36, 58
Gefahren (Stickstoff) ..... 32
Gefahren (Transport) ..... 30, 44, 45
Gefahren (Überdruck) ..... 37, 49
Gefahren (Vakuumpumpenabgase) ..... 35, 51
Gefahren (Vakuumpumpenöl) ..... 35, 124
Gefahrenhinweise ..... 9, 12, 29
Gefahrenstoffe ..... 128
Gefahrstoffe, Umgang..... 42
Gefrieren..... 22
Gefriertrocknung allgemein ..... 19
Gefriertrocknung manuell..... 90
Gefriertrocknung mit Programmgeber PGMplus ..... 93
Gefriertrocknungsanlage (Entsorgung) .... 142
Gefriertrocknungsanlage vorbereiten ..... 56
Gefriertrocknungsanlage, Reinigung ..... 119
Gefügezerstörungen ..... 128
Geräteoptionen ..... 82
Gerätetyp .....18, 117, 139, 143
Geräuschpegel ..... 143
Gewährleistung und Haftung..... 12
Gewicht..... 43, 143

**H**

Haftung ..... 118
Hauptfenster "?"..... 90
Hauptfenster "Manuell" ..... 61
Hauptfenster "Optionen" ..... 75
Hauptfenster "Programm" ..... 74
Hauptschalter (Netztrennschalter)..... 38
Haupttrocknung ..... 22
heiße Oberflächen (Gefahren) ..... 37
Heißgasabtauung..... 23
Hersteller ..... 118, 143
Hydraulik (Gefahren)..... 32, 127
Hydrauliksystem..... 143

**I**

Improved cooling rate (Schnelles Einfrieren) ..... 108
Inbetriebnahme (Gefahren)..... 30, 56
Inertisierung ..... 78, 110
Infektionsgefahr durch Abluft ..... 36, 52
infektiöse Substanzen..... 128
Informelle Sicherheitshinweise..... 29
Innerbetrieblicher Transport ..... 45
Inspektion durch den Hersteller..... 139
Installation des Zubehörs ..... 56
Instandhaltungsarbeiten..... 139
IP-Schutzart gemäß DIN 60529 ..... 144
Istwerte aktueller Prozess ..... 62

**K**

kalte Oberflächen (Gefahren)..... 37
Kältemitteldaten ..... 18, 143
Kälteprobleme
Bedingungen am Aufstellort..... 47
Kälteschema ..... 145
Kältesystem ..... 143
Kältesystem (Gefahren) ..... 31, 126
Kältesystem (Wartung)..... 126
Kameraüberwachung LyoCam..... 109
Kapazitätstest -30°C ..... 70
Kapazitätstest -50°C ..... 71
Kein ausreichendes Vakuum ..... 112, 114
Keine Anzeige auf dem Display ..... 112
Keine ausreichende Eiskondensator- oder Stellflächentemperatur..... 113
Kleinflanschverbindungen ..... 114
Klick bei Touch ..... 81
Komparative Druckmessung .... 101, 109, 154
Kondensat, kontaminiert (Gefahren) ... 34, 50, 115, 120, 122
Konformitätserklärung..... 13
Konformitätserklärung Druckgeräterichtlinie ..... 149
Konformitätserklärung Maschinenrichtlinie147
Konstruktionswerkstoffe, Schädigung ..... 118
Kontakt im Servicefall ..... 117
Kontakt zum Hersteller..... 90
Kontamination..... 119

Kontaminiertes Abtauwasser (Gefahren) .. 34, 50, 115, 120, 122
Kontaminiertes Kondensat (Gefahren) 34, 50, 115, 120, 122
Korrosion ..... 118, 128
Kostenvoranschlag ..... 141

**L**

Lagerbedingungen ..... 43
Lagerung ..... 43
Lagerung und Transport..... 43
LAN-Prozessaufzeichnung (RJ45) ..... 109
Lärm (Gefahren) ..... 36
Lärmmessung ..... 26
Laufzeit Passworttimer..... 81
Laugen..... 40
Lebensdauer..... 118
Lecktest ..... 70, 92, 154
Leeres Programm erstellen..... 97
Leistungsdaten ..... 144
Leistungstest..... 69
Lösungsmittel..... 40, 118
Lösungsmittel (Gefahren)..... 33
Lösungsmittelhaltige Ausgangsprodukte.... 11
LPCplus SCADA System ..... 109
LSCplus Anlagensteuerung ..... 60
Luftfeuchte..... 145
Lüftungsöffnungen ..... 47
LyoBalance Wägesystem..... 110
LyoCam Kameraüberwachung..... 109
LyoCoN Controlled Nucleation..... 108
LyoControl Messsystem..... 109
LyoControl-Rx..... 95
LyoLogplus Messdatenerfassung..... 109

**M**

Maßeinheit..... 76
Maßnahmen zum sicheren Betrieb ..... 41
Mathematische Zusammenhänge ..... 146
Max. Luftfeuchte ..... 145
Medienablauf ..... 92
Medienablaufventil..... 50, 115
Medienablaufventil (Wartung) ..... 122
Messdatenerfassung LyoLogplus..... 109
Messsystem LyoControl..... 109
Mitgeltende Dokumente ..... 9
mögliche drohende Gefahr..... 25
mögliche gefährliche Situation ..... 25

**N**

Nachtrocknung..... 23
Nennspannung ..... 18
Nennstrom ..... 18, 144
Netzausfall..... 113
Netzeingang..... 144
Netzlaufwerk..... 62
Netztrennschalter..... 38
Netzwerk..... 80
Neues Programm..... 74
Nichtgebrauch..... 119
Normen und Vorschriften ..... 13
Notsituationen..... 39

**O**

Oberflächen, heiß (Gefahren) ... 37, 119, 124, 125
Oberflächen, kalt (Gefahren)..... 37
Ölnebelabscheider (Abgasfilter) und Vakuumpumpe (ölgedichtet)..... 51
Ölwechsel Vakuumpumpe ..... 87
Option: Belüften, Verschließen, Lagern.... 102
Option: Controlled Nucleation LyoCoN..... 108
Option: Drahtlose Produkttemperaturmessung WTMplus . 108
Option: Druckanstiegstest ..... 64, 99, 108
Option: Improved cooling rate (Schnelles Einfrieren)..... 108
Option: Kameraüberwachung LyoCam .... 109
Option: Komparative Druckmessung 101, 109
Option: LAN-Prozessaufzeichnung (RJ45) ..... 109
Option: LPCplus SCADA System..... 109
Option: LyoControl Messsystem ..... 109
Option: LyoLogplus Messdatenerfassung 109
Option: USB-Prozessaufzeichnung..... 110
Option: Wägesystem..... 102
Option: Wägesystem LyoBalance ..... 65, 110
Option:USB Prozessaufzeichnung ..... 64
Optionale Erweiterungen..... 108

**P**

Passwort Bediener / Service / Administrator ..... 82
Passworteingabe schlägt fehl..... 112
pathogene Substanzen ..... 119, 128

Personalanforderungen ..... 28
Pflege durch den Benutzer ..... 118
Phasen der Gefriertrocknung ..... 21
Pilot- und Produktionsanlagen, Systemtest 68
Produkte, gesundheitsschädlich (Gefahren) ..... 32, 119
Produktrückstände entfernen ..... 119
Produkttemperaturmessung WTMplus ..... 108
Programm bearbeiten ..... 105
Programm erstellen ..... 97
Programm kopieren ..... 106
Programm laden ..... 106
Programm löschen ..... 107
Programmabschnitte ..... 94
Programmliste ..... 74
Programmvorlagen ..... 105
Prozess Sollwerte ..... 62
Prozess- und Anlagenmeldungen ..... 66, 116
Prozessdaten ..... 61

**R**

Radiation Shield Folienbeschichtung . 58, 120
radioaktive Substanzen ..... 119
Referenzkennzeichen ..... 153
Reinigung ..... 40
Reinigung (Wärmetauscher) ..... 123
Reinigung der Gefriertrocknungsanlage ... 118
Reinigungsmittel ..... 118, 128
Restrisiken ..... 42
Risikobetrachtung ..... 26
Rissbildung ..... 128
Rücksendung defekter Teile ..... 140
Rücksendung von Gefriertrocknungsanlagen, Rotations-Vakuum-Konzentratoren, Ersatzteilen oder Zubehör ..... 140

**S**

Säurehaltige Ausgangsprodukte ..... 12
Säuren ..... 40
Säuren (Gefahr) ..... 33
Schädigung der Konstruktionswerkstoffe . 118
Schalldämpfer und Vakuumpumpe (trockenlaufend) ..... 52
Schaltfläche "Stopp" ..... 73
Schaltfläche "Systemtest" ..... 68
Schaltfläche "Werte Ansicht/Ändern" ..... 62
Scheinleistung ..... 18, 144
Schmelzdruckkurve ..... 19
Schnelles Einfrieren (Improved cooling rate) ..... 108
Schutzklasse ..... 144
Sensor Abgleich ..... 89
Sensor Konfiguration ..... 83
Seriennummer ..... 90
Service ..... 86
Shelf Mapping (Temperaturverteilungstest) 72
Sicherer Betrieb (Maßnahmen) ..... 41
Sicherheits- und Gefahrenhinweise . 9, 12, 29
Sicherheitsabstand ..... 47
Sicherheitsbereich ..... 41
sicherheitsbewusstes Arbeiten ..... 26
Sicherheitsdatenblätter der Hersteller für Kältemittel und Wärmeträger ..... 145
Sicherheitsdruck ..... 154
Sicherheitseinrichtungen ..... 38
Sicherheitshinweise zu Aufstellung und Anschluss ..... 29
Sicherheitshinweise zum Betrieb ..... 31
Sicherheitshinweise zum Transport ..... 29
Sicherheitshinweise zur Inbetriebnahme .... 29
Sicherungen bauseits ..... 48
Sollwerteingaben im manuellen Modus ..... 91
Solvent Shield Folienbeschichtung ..... 120
Sonderausstattung: Belüften, Verschließen, Lagern ..... 110
Sonderausstattung: Feinregel-Nadelventil . 49
Sonderausstattung: Gasinjektion mit Proportionalventil ..... 77, 110
Sonderausstattung: Inertisierung ..... 78, 110
Sonderausstattung: Vorwahl Belüftungsmedium ..... 76, 110
Sonderausstattungen ..... 108
Sprache ..... 75
Statuszeile ..... 62
Stellenwert der Betriebsanleitung ..... 9
Stellflächen ..... 58
Stellflächen (Gefahren) ..... 36, 58
Stellflächenkühlungstest ..... 72
Stellflächenverfahreinrichtung, Zwei-Hand-Bedienung ..... 38
Steuerungsschalter ..... 38
Stickstoff (Gefahren) ..... 32
Störungen ..... 42, 112

## Index

Störungen und Fehlersuche ..... 112
Stromlaufpläne ..... 145
Sublimation ..... 154
Sublimationsdruckkurve ..... 19
Symbol- und Hinweiserklärungen ..... 25
Systemeigenschaften ..... 80
Systemtest ..... 68
Systemtest Pilot- und Produktionsanlagen . 68

**T**

Tabelle der Sublimationsdruckkurve ..... 151
Technische Daten ..... 143
Technische Dokumentation ..... 145
Temperaturverteilungstest (Shelf Mapping) 72
Thermische Belastungen ..... 47, 118
Tools ..... 63
Touch panel ..... 60
Touch panel reagiert nicht oder nicht korrekt ..... 112
toxische Substanzen ..... 119
Transport ..... 43
Transport (Gefahren) ..... 30, 44, 45
Transport (Gefahren, allgemein) ..... 44, 45
Transport bis Inbetriebnahme (Gefahren, allgemein) ..... 29
Transportsicherungen ..... 46
Treibhausgaspotential (GWP) ..... 143
Tripelpunkt ..... 19
Trocknerpatrone (Adsorptionsfilter) ..... 55
Trocknung azidhaltiger Ausgangsprodukte 12
Trocknung lösungsmittelhaltiger Ausgangsprodukte ..... 11
Trocknung säurehaltiger Ausgangsprodukte ..... 12
Trocknungsende und Belüften ..... 23
Trocknungskammer, ..... 120
Türverschlussriegel ..... 121
Typ der Anlagensteuerung ..... 90
Typ der Gefriertrocknungsanlage ..... 90
Typenschild ..... 18

**U**

Überdruck (Gefahren) ..... 37, 49
Umbauten ..... 40
Umgang mit Gefahrstoffen ..... 42
Umgebungsbedingungen ..... 145
Umgebungstemperatur ..... 47, 145
Umweltschutz ..... 29
Unbedenklichkeitsbescheinigung des Betreibers ..... 141
Undichtigkeit im Medienablaufventil ..... 112
Undichtigkeiten ..... 114
Unfälle ..... 39
Unfallverhütung ..... 9, 26, 29
Unfallverhütungsvorschriften ..... 26
unmittelbare drohende Gefahr ..... 25
Unterweisung ..... 26
Urheberrecht ..... 13
USB Prozessaufzeichnung ..... 64, 110
UV-Strahlung ..... 47, 118

**V**

Vakuum ..... 95
Vakuumanschluss ..... 144
Vakuummesssonde ..... 54, 115
Vakuummesssonde (Wartung) ..... 127
Vakuumpumpe (ölgedichtet) und Abgasfilter (Ölnebelabscheider) ..... 51
Vakuumpumpe (trockenlaufend) mit Schalldämpfer ..... 52
Vakuumpumpe schaltet nicht zu ..... 112
Vakuumpumpenabgase ..... 36, 52
Vakuumpumpenabgase (Gefahren) ..... 35, 51
Vakuumpumpenöl (Gefahren) ..... 35, 124
Vakuumsystem (Wartung) ..... 124, 125
Verantwortung des Betreibers ..... 26
Verätzungen ..... 39
Verbrennungen ..... 39
Verfahren der Stellflächen ..... 58
Vergiftungsgefahr durch Abluft ..... 36, 52
Verhalten Drucksteuerventil bei unzureichender Kühlung des Eiskondensators ..... 81
Verletzungen ..... 39
Verpackung (Entsorgung) ..... 142
Verschleißerscheinungen ..... 139
Versorgungsspannung ..... 48
Verträglichkeitsprüfung ..... 26, 27
Verwaltung ..... 79
Vorbereitung ..... 21
Vorbereitung der Gefriertrocknungsanlage. 56
Vorschriften über Arbeitssicherheit und Unfallverhütung ..... 26, 28
Vorwahl Belüftungsmedium ..... 76, 110

**W**

Wägesystem LyoBalance..... 65, 102, 110
Wärmetauscher (Reinigung) ..... 123
Wärmeträgersystem..... 143
Wärmeträgersystem (Wartung) ..... 126
Warm-up Phase der Vakuumpumpe ..... 96
Wartung ..... 40, 88
Wartung (Allgemeine Arbeiten) ..... 118
Wartung (Belüftungsventil)..... 122
Wartung (Elektrisches System) ..... 123
Wartung (Kältesystem)..... 126
Wartung (Vakuummesssonde)..... 127
Wartung (Vakuumsystem)..... 124, 125
Wartung (Wärmeträgersystem) ..... 126
Wartung und Instandhaltung ..... 118
Wartungsplan (ölgedichtete Vakuumpumpe) ..... 129
Wartungsplan (trockenlaufende Vakuumpumpe ..... 134
Wartungsvertrag für Christ Gefriertrocknungsanlagen ..... 140
Wechsel von Betriebsmitteln ..... 40
Weiterschaltbedingungen..... 95
Werte Ansicht/Ändern ..... 62
wichtige Sachverhalte ..... 25
Wirkungsweise..... 19
WTMplus Drahtlose Produkttemperaturmessung ..... 108
WTMplus Konfiguration..... 85

**Z**

Zeichenerklärung ..... 13
Zubehör ..... 41, 118
Zubehör (Installation) ..... 56
Zubehör (Pflege) ..... 128
Zugriffschutz ..... 81
Zuständigkeiten ..... 26
Zwei-Hand-Bedienung, Stellflächenverfahreinrichtung ..... 38
Zweikammer-Verfahren..... 154