

# Handbuch – Benchtop-Fermentationsanlage

---

Softwareversion: 1.0  
Dokumentversion: 1.0  
Sprache: Deutsch  
Stand: aktuell

## **Dokumentinformationen**

Dokumenttyp: Bedien- und Sicherheitshandbuch

Anlage: Benchtop-Fermentationsanlage

Softwareversion: 1.0

Dokumentversion: 1.0

Sprache: Deutsch

Stand: 22.12.2025

## **Hinweis zur Verwendung**

Dieses Handbuch ist Bestandteil der Anlage. Es muss vor Inbetriebnahme vollständig gelesen und verstanden werden.

Die Anlage darf ausschließlich von geschultem Fach- und Laborpersonal betrieben werden.

# Inhaltsverzeichnis

## Inhaltsverzeichnis

<b>Dokumentinformationen</b> .....	<b>1</b>
<b>Hinweis zur Verwendung</b> .....	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Allgemeine Hinweise</b> .....	<b>5</b>
1.1 Zweck des Handbuchs.....	5
1.2 Zielgruppe.....	5
1.3 Aufbau des Handbuchs.....	6
1.4 Symbol- und Hinweisdefinitionen.....	6
<b>2 Sicherheitshinweise</b> .....	<b>7</b>
2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise.....	7
2.2 Persönliche Schutzausrüstung.....	7
2.3 Umgang mit Säuren und Laugen.....	8
2.4 Druckluft und Gase.....	8
2.5 Elektrische Sicherheit.....	8
2.6 Betriebsvoraussetzungen.....	9
<b>3 Maschinenbeschreibung</b> .....	<b>9</b>
3.1 Systemübersicht.....	9
3.2 Einsatzbereich.....	9
3.3 Alleinstehungsmerkmale.....	10
3.4 Technische Grundkonzeption.....	10
<b>4 Technische Daten</b> .....	<b>11</b>
4.1 Reaktorsystem.....	11
4.2 Prozessparameter .....	11
4.3 Werkstoffe und Medienverträglichkeit.....	11
4.4 Elektrische Daten.....	11
<b>5 Bestimmungsgemäße Verwendung</b> .....	<b>12</b>
5.1 Zulässige Anwendungen.....	12

5.2 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung.....	12
<b>6 Transport, Lagerung und Aufstellung .....</b>	<b>12</b>
6.1 Transport .....	12
6.2 Lagerung .....	13
6.3 Aufstellbedingungen .....	13
<b>7 Inbetriebnahme .....</b>	<b>13</b>
7.1 Voraussetzungen .....	13
7.2 Erstinbetriebnahme.....	14
7.3 Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll.....	14
7.4 Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll (Formular).....	15
<b>8 Reinigung, Sterilisation und Wartung.....</b>	<b>19</b>
8.1 Allgemeines.....	19
8.2 Zerlegen des Reaktors.....	19
8.3 Reinigung der Komponenten.....	19
8.4 Autoklavieren.....	19
8.5 Lagerung der Sensoren .....	19
<b>9 Störungen und Fehlerbehebung .....</b>	<b>20</b>
9.1 Störungen der pH-Regelung .....	20
9.2 Störungen der Sauerstoffmessung .....	20
9.3 Störungen der Feed- und Dosiersysteme.....	21
<b>10 Reaktorspezifische Hinweise .....</b>	<b>21</b>
10.1 Aufbau und Standfestigkeit.....	21
10.2 Grenzwerte.....	21
10.3 Sicherheitstechnische Hinweise.....	22
<b>11 Lieferumfang .....</b>	<b>22</b>
11.1 Allgemeines.....	22
11.2 Reaktoreinheit (pro Reaktor).....	22
11.3 Deckel – Anschlüsse und Ausführungen.....	23
11.4 Rührsystem .....	23
11.5 Sensorik und Zubehör .....	23
11.6 Temperierung und Peripherie.....	24

11.7 Steuerung und Elektrik .....	24
11.8 Dokumentation .....	24
<b>12 Zusammenbau und Zerlegen des Reaktors .....</b>	<b>24</b>
12.1 Zweck und Anwendungsbereich .....	24
12.2 Sicherheitshinweise vor dem Zusammenbau .....	25
12.3 Aufbauvarianten des Reaktors .....	25
12.4 Zusammenbau des Reaktors – Schritt-für-Schritt .....	25
12.5 Freigabe vor Autoklavierung / Prozessstart .....	26
12.6 Zerlegen des Reaktors (Entleeren und Reinigung) .....	27
12.7 Besonderer Sicherheitshinweis bei Glaszylinder .....	27
<b>13 Sensorik und Antrieb .....</b>	<b>28</b>
13.1 pH-Sensor .....	28
13.2 Sauerstoffsensoren .....	28
13.3 Rührwerksmotor .....	28
<b>14 Visualisierung und Bedienung (HMI) .....</b>	<b>29</b>
14.1 Hauptmenü – Systemübersicht .....	29
14.2 Reaktoransicht – Bedienung eines einzelnen Reaktors .....	29
14.3 Rezepte .....	29
14.3.1 Prozessparameter und Rezeptzuordnung (Seite 1) .....	29
14.3.2 Gespeicherte Rezepte und Übernahme in Reaktoren (Seite 2) .....	29
14.4 Trends – Prozessübersicht und Datenaufzeichnung .....	30
14.5 Service – Reaktorspezifische Einstellungen .....	30
14.6 Meldeliste (in Entwicklung) .....	30
14.7 Einstellungen (in Entwicklung) .....	30
<b>15 Softwareversion und Updates .....</b>	<b>31</b>
15.1 Aktuelle Softwareversion .....	31
15.2 Updates und Weiterentwicklung .....	31
15.3 Kundenspezifische Anpassungen .....	31

# 1 Allgemeine Hinweise

## 1.1 Zweck des Handbuchs

Dieses Handbuch beschreibt den Aufbau, die Funktion, die Bedienung, die Sicherheit, die Wartung sowie den Zusammenbau und das Zerlegen der Benchtop-Fermentationsanlage.

Ziel dieses Handbuchs ist es, einen sicheren, sachgerechten und reproduzierbaren Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Es stellt die verbindliche Grundlage für den Betrieb, die Inbetriebnahme, die Reinigung sowie für Service- und Wartungsarbeiten dar.

Das Handbuch ist Bestandteil der Anlage und muss während der gesamten Lebensdauer der Anlage verfügbar sein.

## 1.2 Zielgruppe

Dieses Handbuch richtet sich an:

- geschultes Laborpersonal
- technisches Fachpersonal
- Service- und Wartungspersonal

Die im Handbuch beschriebenen Tätigkeiten dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die:

- mit Laborprozessen vertraut sind
- im Umgang mit Chemikalien geschult sind
- die Sicherheitsvorschriften verstanden haben

### 1.3 Aufbau des Handbuchs

Das Handbuch ist in logisch aufeinander aufbauende Kapitel gegliedert.

Es enthält:

- allgemeine Sicherheitshinweise
- eine detaillierte Maschinenbeschreibung
- technische Daten
- Anweisungen zur Inbetriebnahme
- Hinweise zu Reinigung, Wartung und Störungsbehebung
- eine vollständige Beschreibung der Visualisierung und Bedienung

Die Kapitel sind so aufgebaut, dass sie sowohl für den Erstbetrieb als auch für den Routinebetrieb genutzt werden können.

### 1.4 Symbol- und Hinweisdefinitionen

Im Handbuch werden folgende Hinweise verwendet:

**Hinweis**

Gibt zusätzliche Informationen oder hilfreiche Hinweise zur Bedienung.

**Achtung**

Weist auf mögliche Sachschäden oder Fehlfunktionen hin.

**Warnung**

Weist auf mögliche Gefahren für Personen hin. Warnhinweise sind zwingend zu beachten.

## 2 Sicherheitshinweise

### 2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Die Benchtop-Fermentationsanlage darf nur betrieben werden, wenn sie sich in einem einwandfreien technischen Zustand befindet.

Vor jedem Betrieb sind folgende Punkte zu prüfen:

- Unversehrtheit der Glasbauteile
- korrekter Sitz aller Dichtungen
- ordnungsgemäßer elektrischer Anschluss
- freie Abluftführung

Eigenmächtige Umbauten oder Veränderungen an der Anlage sind nicht zulässig.

### 2.2 Persönliche Schutzausrüstung

Beim Betrieb der Anlage ist grundsätzlich folgende persönliche Schutzausrüstung zu tragen:

- Schutzbrille
- geeignete Laborkleidung

Je nach verwendetem Medium können zusätzlich erforderlich sein:

- chemikalienbeständige Handschuhe
- Gesichtsschutz

## 2.3 Umgang mit Säuren und Laugen

Beim Einsatz von Säuren und Laugen sind die geltenden Sicherheitsvorschriften einzuhalten.

Insbesondere gilt:

- Säuren und Laugen dürfen nur durch geschultes Personal gehandhabt werden
- geeignete Auffang- und Dosierbehälter verwenden
- Augenduschen und Sicherheitsausrüstung müssen vorhanden sein

Verschüttete Medien sind unverzüglich zu beseitigen.

## 2.4 Druckluft und Gase

Die Anlage wird mit Druckluft betrieben.

- maximal zulässiger Betriebsdruck: 1,2 bar
- der zulässige Druck darf nicht überschritten werden
- der Abluftanschluss des Reaktors darf nicht verschlossen werden

Bei Verwendung von Gasen wie Stickstoff ist für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsbereichs zu sorgen.

Werden Gase eingesetzt, die als Gefahrstoffe eingestuft sind, sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen und eine Fachkraft für Arbeitssicherheit hinzuzuziehen.

## 2.5 Elektrische Sicherheit

Die Anlage darf nur betrieben werden, wenn ein FI-Schutzschalter Typ B vorgeschaltet ist.

Weitere Hinweise:

- Netzzuleitung regelmäßig auf Beschädigungen prüfen

- beschädigte Kabel dürfen nicht weiterverwendet werden
- der Rührwerksmotor darf nicht gewässert oder untergetaucht werden
- Lüfteröffnungen dürfen nicht abgedeckt werden

## **2.6 Betriebsvoraussetzungen**

Der Betrieb der Anlage ist nur zulässig, wenn:

- alle gesetzlichen Bestimmungen des jeweiligen Landes eingehalten werden
- die Anlage gemäß diesem Handbuch betrieben wird
- die Aufstellung sachgerecht erfolgt ist

## **3 Maschinenbeschreibung**

### **3.1 Systemübersicht**

Die Benchtop-Fermentationsanlage ist ein modular aufgebautes Laborsystem zur Durchführung von Fermentationsprozessen.

Das System besteht aus bis zu sechs individuell betreibbaren Reaktoreinheiten, die unabhängig voneinander parametrisiert und betrieben werden können.

### **3.2 Einsatzbereich**

Die Anlage ist ausgelegt für:

- Forschung und Entwicklung
- Laborfermentation
- Prozessentwicklung im kleinen Maßstab

Ein Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen ist nicht vorgesehen.

### 3.3 Alleinstehungsmerkmale

Die Anlage zeichnet sich insbesondere durch folgende Merkmale aus:

- Betrieb von 1 bis 6 Reaktoren gleichzeitig
- individuelle Parametrierung jedes Reaktors
- autoklavierbare Reaktoren und Sensorik
- reproduzierbare Prozesse durch Datenaufzeichnung
- kundenindividuell anpassbare Konfiguration
- Fertigung und Komponenten aus Deutschland

### 3.4 Technische Grundkonzeption

Die Reaktoren werden drucklos betrieben.

Jeder Reaktor verfügt über:

- ein separates Wasserbad
- eine individuelle Temperaturführung
- eine drehzahlgeregelte Rührereinheit

Die Temperierung erfolgt entweder durch:

- Heizen über einen Heizstab
- Kühlen über eine Kühlschlange

Heizen und Kühlen erfolgen nicht gleichzeitig.

## 4 Technische Daten

### 4.1 Reaktorsystem

- Reaktorvolumen: ca. 1,3 Liter
- Reaktorbauform:
  - Glaszylinder mit Edelstahlbodenplatte
  - oder Glasbehälter mit festem Glasboden
- Betrieb: drucklos

### 4.2 Prozessparameter

- Temperaturbereich: 10–60 °C
- pH-Regelbereich: pH 2–12
- Rührwerksdrehzahl: 100–900 U/min
- Sauerstoffmessung: vorhanden
- Glukosemessung: Messung, keine Regelung

### 4.3 Werkstoffe und Medienverträglichkeit

Medienberührte Werkstoffe:

- Glas
- Edelstahl V2A
- Silikondichtungen (säure-, laugen- und hitzebeständig)

Die Medienverträglichkeit ist vor Einsatz neuer Medien zu prüfen.

### 4.4 Elektrische Daten

- Netzanschluss: 230 V AC
- Absicherung: 16 A Schuko-Steckdose
- FI-Schutzschalter Typ B erforderlich

## 5 Bestimmungsgemäße Verwendung

### 5.1 Zulässige Anwendungen

Die Anlage dient ausschließlich zur Durchführung von Fermentationsprozessen im Labormaßstab.

Sie ist vorgesehen für:

- biologische Prozesse
- mikrobiologische Versuche
- Prozessentwicklung

### 5.2 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung

Nicht bestimmungsgemäß ist insbesondere:

- der Betrieb außerhalb der spezifizierten Grenzwerte
- der Einsatz nicht zugelassener Medien
- der Betrieb ohne Sicherheitsausrüstung
- der Betrieb mit beschädigten Glasbauteilen

Für Schäden durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung wird keine Haftung übernommen.

## 6 Transport, Lagerung und Aufstellung

### 6.1 Transport

Die Anlage ist vor dem Transport vollständig außer Betrieb zu nehmen. Alle losen Komponenten, insbesondere Glasbauteile und Sensoren, sind separat und stoßgeschützt zu verpacken.

Glasbauteile dürfen nur transportiert werden, wenn:

- keine sichtbaren Beschädigungen vorhanden sind
- sie gegen Stoß und Verkanten gesichert sind

Sensoren sind entsprechend den Herstellerangaben zu transportieren.

## 6.2 Lagerung

Die Anlage ist trocken, staubgeschützt und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt zu lagern.

Sensoren sind gemäß den jeweiligen Gebrauchsanweisungen zu lagern.

pH-Sonden müssen in geeigneter Lagerlösung gelagert werden.

Sauerstoffsonden sind vor Lichteinstrahlung zu schützen.

## 6.3 Aufstellbedingungen

Die Anlage muss auf einer ebenen, stabilen und vibrationsarmen Fläche aufgestellt werden.

Reaktoren sind so zu positionieren, dass:

- ein Herunterfallen ausgeschlossen ist
- ausreichender Zugang für Bedienung und Wartung besteht

Die Lüfteröffnungen des Rührwerksgehäuses dürfen nicht abgedeckt werden.

Filter im Gehäuselüfter sind mindestens halbjährlich zu reinigen.

## 7 Inbetriebnahme

### 7.1 Voraussetzungen

Vor der Inbetriebnahme muss sichergestellt sein, dass:

- der Lieferumfang vollständig ist
- keine sichtbaren Beschädigungen vorliegen
- alle Anschlüsse korrekt montiert sind
- ein FI-Schutzschalter Typ B vorhanden ist

- die Anlage über eine 16 A Schuko-Steckdose angeschlossen werden kann
- die Netzzuleitung und alle Kabel unbeschädigt sind

## **7.2 Erstinbetriebnahme**

Die Erstinbetriebnahme erfolgt ausschließlich durch den Lieferanten gemeinsam mit dem Kunden.

Dabei werden:

- mechanische Funktionen geprüft
- elektrische Funktionen geprüft
- grundlegende Parameter eingestellt
- ein Testlauf durchgeführt

## **7.3 Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll**

Die Abnahme erfolgt anhand des Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokolls. Mit der Unterzeichnung gilt die Anlage als abgenommen und betriebsbereit.

## 7.4 Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll (Formular)

### Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll – Benchtop-Reaktor

#### 1 Allgemeine Angaben

Kunde: \_\_\_\_\_

Standort: \_\_\_\_\_

Anlage: Benchtop-Fermentationsanlage

Seriennummer: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Lieferant: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner Lieferant: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner Kunde: \_\_\_\_\_

#### 2 Umfang der Abnahme

Mechanische Abnahme

Elektrische Abnahme

Funktionale Abnahme

Inbetriebnahme

Einweisung / Schulung

#### 3 Voraussetzungen vor Inbetriebnahme

Anlage gemäß Lieferumfang-Checkliste vollständig

Keine sichtbaren Transportschäden

Aufstellung gemäß Handbuch erfolgt

Elektrischer Anschluss hergestellt

FI-Schutzschalter Typ B bauseits vorhanden

- Medienanschlüsse vorbereitet (Gas, Säure, Lauge, Feed)
- Sicherheitsausrüstung vorhanden (Schutzbrille, Augendusche etc.)

#### 4 Mechanische Abnahme

- Reaktor korrekt montiert
- Glasbauteile spannungsfrei und unbeschädigt
- Silikondichtungen korrekt eingesetzt
- Rundstangen und Rändelschrauben handfest montiert
- Deckelanschlüsse korrekt montiert
- Rührwerkskupplung korrekt befestigt

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

#### 5 Elektrische Abnahme

- Netzzuleitung fest angeschlossen
- Schutzleiter vorhanden
- FI Typ B geprüft (bauseitig)
- Steuerung startet fehlerfrei
- Keine sichtbaren Kabelbeschädigungen

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

#### 6 Funktionstest

##### 6.1 Steuerung & Anzeige

- System startet
- HMI funktionsfähig
- Keine Fehlermeldungen

## 6.2 Rührwerk

- Rührwerk startet
- Drehzahl veränderbar
- Ruhiger Lauf
- Motorlüfter frei

## 6.3 Temperierung

- Wasserbad funktionsfähig
- Heizstab funktionsfähig
- Kühlschlange funktionsfähig
- Heizen und Kühlen nicht gleichzeitig

## 6.4 Sensorik (sofern vorhanden)

- pH-Sonde erkannt
- Sauerstoffsonde erkannt
- Messwerte plausibel
- Sensoren korrekt montiert

## 6.5 Medien & Gas

- Zuluftanschluss (6 mm Festo) funktionsfähig
- Abluftkühler korrekt montiert
- Säure-, Lauge- und Feed-Anschlüsse dicht

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

## 7 Inbetriebnahme

Die Erstinbetriebnahme wurde durch den Lieferanten gemeinsam mit dem Kunden durchgeführt.

Inbetriebnahme erfolgreich

Anlage betriebsbereit

## 8 Einweisung / Training

Bedienung der Anlage erklärt

Sicherheitshinweise erläutert

Zerlegen & Zusammenbau erklärt

Reinigung & Autoklavierung erklärt

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

## 9 Abweichungen & offene Punkte

Keine Abweichungen

Abweichungen vorhanden

Beschreibung: \_\_\_\_\_

## 10 Abnahmebestätigung

Ort/Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift Lieferant / Name: \_\_\_\_\_

Unterschrift Kunde / Name: \_\_\_\_\_

## **8 Reinigung, Sterilisation und Wartung**

### **8.1 Allgemeines**

Die Anlage ist nach jedem Prozess zu reinigen. Der Reaktor muss dazu vollständig zerlegt werden. Reinigungsarbeiten dürfen nur bei außer Betrieb genommener Anlage durchgeführt werden.

### **8.2 Zerlegen des Reaktors**

Der Reaktor ist gemäß Kapitel 12 zu zerlegen. Bei Verwendung eines Glaszylinders ist der Reaktor in einem geeigneten Auffanggefäß zu öffnen.

### **8.3 Reinigung der Komponenten**

Der Reaktor ist vollständig auseinanderzubauen. Glas- und Edelstahlteile können im auseinandergebauten Zustand im Geschirrspüler gereinigt werden.

Ausgenommen sind Sensoren und sensibles Zubehör. Sensoren sind nicht spülmaschinenfest.

Vor Wiederausammenbau sind alle Teile auf Sauberkeit, Beschädigungen und korrekten Sitz der Dichtungen zu prüfen.

### **8.4 Autoklavieren**

Maximale Autoklavtemperatur: 121 °C.

Der Reaktor wird mit eingesetzten, autoklavierbaren Sensoren autoklaviert. Sensoren sind ausschließlich gemäß Herstellervorgaben zu autoklavieren, zu transportieren und zu lagern.

### **8.5 Lagerung der Sensoren**

Sensoren sind so zu lagern, wie sie zu transportieren sind. Sensoren sind nach Gebrauchsanweisung zu lagern.

pH-Sonde: in KCl-Flüssigkeit lagern.

Sauerstoffsonde: vor Lichteinstrahlung schützen.

## 9 Störungen und Fehlerbehebung

### 9.1 Störungen der pH-Regelung

Mögliche Ursachen:

- Schlauch beschädigt oder undicht
- Pumpe beschädigt oder funktionslos
- pH-Messung bzw. pH-Regelung deaktiviert
- Schlauch nicht angeschlossen
- Behälter für Säure oder Lauge leer
- Säure- und Laugepumpe vertauscht oder Behälter falsch befüllt
- Medien zu stark verdünnt

Maßnahmen:

- Schlauchwege, Anschlüsse und Dichtheit prüfen
- Pumpenfunktion prüfen
- Freigaben/Regelung im System prüfen
- Medienbehälter prüfen und korrekt befüllen
- Zuordnung Säure/Lauge prüfen

### 9.2 Störungen der Sauerstoffmessung

Mögliche Ursachen und Maßnahmen entsprechen grundsätzlich der Vorgehensweise bei der pH-Regelung:

- Sensor korrekt montiert und angeschlossen?
- Messung freigegeben?
- Sensorzustand und Kabel prüfen

- Belüftung und Durchfluss prüfen

### 9.3 Störungen der Feed- und Dosiersysteme

Mögliche Ursachen:

- Feed-Steuerung deaktiviert
- Schlauch nicht angeschlossen oder geknickt
- Pumpe funktionslos
- Sensorwerte außerhalb des gültigen Bereichs
- Medienbehälter leer

Maßnahmen:

- Betriebsart (AUS/Automatik/Manuell/Puls) prüfen
- Schlauchwege und Anschlüsse prüfen
- Pumpenfunktion prüfen
- Medienbehälter prüfen

## 10 Reaktorspezifische Hinweise

### 10.1 Aufbau und Standfestigkeit

Der Reaktor ist nicht gegen Umkippen gesichert und steht im Wasserbad. Der Reaktor ist so aufzustellen, dass ein Herunterfallen oder Umkippen ausgeschlossen ist.

### 10.2 Grenzwerte

Temperaturbereich: max. 10–60 °C.

pH-Regelung: pH 2–12.

Druckbetrieb ist nicht vorgesehen (druckloser Betrieb).

Druckluft: 1,2 bar darf nicht überschritten werden.

### 10.3 Sicherheitstechnische Hinweise

Der Rührwerksmotor ist nur seitlich gegen Spritzwasser geschützt und nicht von oben. Der Motor muss in jedem Fall vor Spritzwasser und Untertauchen geschützt werden.

Ein FI-Schutzschalter Typ B muss vorgeschaltet werden.

Der Anschluss der Abluft des Behälters darf nicht verschlossen werden.

## 11 Lieferumfang

### 11.1 Allgemeines

Diese Checkliste dient zur Überprüfung der Vollständigkeit und Ausführung des Lieferumfangs bei Wareneingang, Übergabe an den Kunden und Erstinbetriebnahme.

Abweichungen oder Beschädigungen sind vor Inbetriebnahme zu melden.

### 11.2 Reaktoreinheit (pro Reaktor)

- Glaszylinder (ca. 250 mm Länge) oder
- Glasbehälter mit festem Glasboden
  
- Edelstahlbodenplatte (bei Glaszylinder als Reaktorboden)
- Edelstahldeckel
- 4 × Rundstangen (Gewindestangen)
- 4 × Rändelschrauben
- Unterer Silikondichtring
- Oberer Silikondichtring
- Silikondichtungen säure-, laugen- und hitzebeständig

### 11.3 Deckel – Anschlüsse und Ausführungen

- Bohrung für Heizstab
- Zuluftanschluss: 6 mm Festo-Steckanschluss
- Abluftkühler (integriert)
  
- Schlauchanschluss Säure
- Schlauchanschluss Lauge
- Schlauchanschluss Feed
  
- Bohrung für Rührwerk
- 2 × Befestigungsklemmen für Rührwerksaufnahme
  
- Sondenadapter pH (PG 13.5)
- Sondenadapter Sauerstoff (PG 13.5)
- Weitere Sondenadapter (falls spezifiziert)

### 11.4 Rührsystem

- Rührwerksmotor im Schutzgehäuse
- Abtrennbares Kupplungsteil
- Rührwelle fest im Kupplungsteil verbaut
- Rührpropeller (optional / gemäß Bestellung)

### 11.5 Sensorik und Zubehör

- pH-Sonde (optional / gemäß Bestellung)
- Sauerstoffsonde (optional / gemäß Bestellung)
- Sensorzubehör (Anschluss-/Signalkabel)

Hinweis: KCl-Lösung ist nicht im Lieferumfang enthalten.

### 11.6 Temperierung und Peripherie

- Wasserbad (pro Reaktor)
- Heizstab
- Kühlschlange

Hinweis: Wasserbad, Heizstab und Kühlschlange sind fest im System integriert.

### 11.7 Steuerung und Elektrik

- Prozesssteuerung
- Bedienoberfläche (HMI)
- Netzzuleitung fest an der Maschine angeschlossen

Hinweis: FI-Schutzschalter Typ B bauseits erforderlich.

### 11.8 Dokumentation

- Bedien- und Sicherheitshandbuch
- Technische Dokumentation
- Sensor-Herstellerdokumentation
- Elektrodokumentation (Schaltplan)

## 12 Zusammenbau und Zerlegen des Reaktors

### 12.1 Zweck und Anwendungsbereich

Der Reaktor ist so ausgelegt, dass er für die Reinigung vollständig zerlegt werden muss und vor jedem Produktions- bzw. Prozessstart vollständig zusammengebaut wird.

Der korrekte Zusammenbau ist Voraussetzung für Dichtheit des Systems, sicheren Betrieb, erfolgreiche Autoklavierung und reproduzierbare Prozesse.

## 12.2 Sicherheitshinweise vor dem Zusammenbau

- Schutzbrille ist immer zu tragen.
- Es darf nur Glas verwendet werden, bei dem kein Sprung oder eine andere sichtbare Beschädigung zu erkennen ist.
- Alle Bauteile müssen sauber, unbeschädigt und trocken sein.
- Silikondichtungen müssen säure-, laugen- und hitzebeständig sein.

## 12.3 Aufbauvarianten des Reaktors

Der Reaktor ist in folgenden Varianten verfügbar:

- Glasbehälter mit Glasboden (Glasboden bildet den Reaktorboden)
- Glaszylinder (ca. 250 mm Länge) (Reaktorboden wird durch die untere Edelstahlbodenplatte gebildet)

Der Zusammenbau erfolgt bei beiden Varianten nach dem gleichen Grundprinzip.

## 12.4 Zusammenbau des Reaktors – Schritt-für-Schritt

1. Untere Edelstahlbodenplatte auf eine ebene, stabile Fläche legen.
2. Unteren Silikondichtring auf die Bodenplatte aufsetzen (Dichtung spannungsfrei, sauber).
3. Vier Rundstangen handfest in die Bodenplatte einschrauben (keine Werkzeuge).
4. Glaszylinder oder Glasbehälter zwischen die Rundstangen stellen (Glas nicht verkanten, nicht verspannen).
5. Oberen Silikondichtring auf den Glaszylinder/Glasbehälter aufsetzen.
6. Deckel vorbereiten und Anschlüsse montieren. Der Deckel verfügt über Anschlüsse/Ports für:
  - Heizstab (Bohrung)

- Zuluft (6 mm Festo)
- Abluftkühler
- Säure (Schlauchanschluss)
- Lauge (Schlauchanschluss)
- Feed (Schlauchanschluss)
- Rührwerk (Bohrung mit 2 Befestigungsklemmen)
- Sondenadapter (PG 13.5)

7. Deckel vorsichtig aufsetzen.

8. Rändelschrauben gleichmäßig und handfest, kreuzweise anziehen (keine Werkzeuge).

9. Kupplungsteil auf den Reaktor setzen und mittels Klemmung befestigen.

10. Reaktor mit Prozessmedium befüllen.

11. Dichtheitsprüfung durchführen (insbesondere Glas/Silikondichtung).

12. Sondenadapter einschrauben, kalibrierte Prozesssonden einsetzen.

Hinweis: Der Reaktor wird mit eingesetzten Sonden autoklaviert.

### **12.5 Freigabe vor Autoklavierung / Prozessstart**

- Alle Rändelschrauben handfest angezogen
- Keine sichtbaren Undichtigkeiten
- Glas spannungsfrei montiert
- Alle Anschlüsse korrekt montiert

## 12.6 Zerlegen des Reaktors (Entleeren und Reinigung)

Der Reaktor muss nach jedem Prozess zum Entleeren und zur Reinigung vollständig zerlegt werden.

WICHTIG: Der Reaktor besitzt keinen separaten Ablass. Zum Entleeren muss der Deckel abgenommen werden.

Zerlegen – Schritt-für-Schritt:

1. Prozess ordnungsgemäß beenden (Regelungen deaktivieren, Gaszufuhr stoppen).
2. Rührwerksmotor abschalten und spannungsfrei schalten.
3. Kupplung lösen und Motor abnehmen. Motor vor Flüssigkeit und Spritzwasser schützen.
4. Prozesssonden vorsichtig ausbauen (pH, O<sub>2</sub> etc.). Sensoren gemäß Herstellerangaben lagern.
5. Schläuche/Medienleitungen trennen (Säure, Lauge, Feed, Zu- und Abluft).
6. Rändelschrauben gleichmäßig, kreuzweise lösen (keine Werkzeuge).
7. Deckel vorsichtig abnehmen.
8. Reaktor entleeren (Medium fachgerecht entsorgen/weiterverarbeiten). Spritzer vermeiden.
9. Silikondichtungen entfernen.
10. Glaszylinder oder Glasbehälter vorsichtig entnehmen.
11. Rundstangen aus der Bodenplatte ausschrauben.
12. Alle Reaktorteile für Reinigung und ggf. Autoklavierung vorbereiten.

## 12.7 Besonderer Sicherheitshinweis bei Glaszylinder

ACHTUNG: Bei Verwendung eines Glaszylinders (ohne festen Glasboden) ist besondere Vorsicht geboten.

- Der Reaktor darf nur innerhalb eines geeigneten Auffanggefäßes geöffnet werden.

- Beim Lösen der Rändelschrauben kann Prozessmedium unkontrolliert austreten.

Vorgehen:

- Reaktor vor dem Lösen der Schrauben in ein ausreichend großes, chemikalienbeständiges Gefäß stellen.
- Persönliche Schutzausrüstung tragen (Schutzbrille, ggf. Handschuhe).
- Schrauben langsam und gleichmäßig lösen.

## **13 Sensorik und Antrieb**

### **13.1 pH-Sensor**

Der pH-Sensor dient der kontinuierlichen Messung des pH-Wertes im Reaktor. Der pH-Wert kann im Bereich pH 2–12 geregelt werden.

Die Lagerung und Handhabung erfolgt gemäß Herstellerangaben. pH-Sonden sind in KCl-Flüssigkeit zu lagern. Sensoren sind nicht spülmaschinenfest.

### **13.2 Sauerstoffsensor**

Der Sauerstoffsensor dient der Messung des gelösten Sauerstoffs im Reaktor. Die Lagerung und Handhabung erfolgt gemäß Herstellerangaben. Sauerstoffsonden sind vor Lichteinstrahlung zu schützen. Sensoren sind nicht spülmaschinenfest.

### **13.3 Rührwerkmotor**

Das Rührsystem besteht aus einem Rührwerkmotor im Schutzgehäuse mit abtrennbarem Kupplungsteil. Die Rührwelle ist fest im Kupplungsteil verbaut. Rührpropeller sind optional in verschiedenen Varianten verfügbar.

Der Motor ist nur seitlich gegen Spritzwasser geschützt und muss in jedem Fall vor Spritzwasser oder Untertauchen geschützt werden. Lüfteröffnungen dürfen nicht abgedeckt werden.

## 14 Visualisierung und Bedienung (HMI)

### 14.1 Hauptmenü – Systemübersicht

Das Hauptmenü dient als zentrale Übersichts- und Navigationsseite der Anlage. Es zeigt einen Schnellüberblick über alle Reaktoren (1–6), die wichtigsten aktuellen Prozesswerte und den Zugriff auf weitere Bedien- und Servicefunktionen.

Für jeden Reaktor werden u. a. Reaktortemperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt angezeigt. Wenn ein Reaktor nicht aktiv ist oder Sensoren nicht angeschlossen sind, können Werte 0,0 anzeigen.

### 14.2 Reaktoransicht – Bedienung eines einzelnen Reaktors

Die Reaktoransicht dient der direkten Bedienung und Überwachung eines einzelnen Reaktors. Hier werden Dosier- und Mediensysteme (Säure, Lauge, Feed), Belüftung und Rührwerk dargestellt sowie die Prozessparameter Temperatur, pH und O<sub>2</sub> angezeigt. Über START/STOP wird der Prozess gestartet bzw. beendet.

Ein Prozess kann nur gestartet werden, wenn ein Rezept aktiv ist, notwendige Regelkreise freigegeben sind und keine sicherheitsrelevanten Störungen anliegen.

### 14.3 Rezepte

#### 14.3.1 Prozessparameter und Rezeptzuordnung (Seite 1)

Die erste Rezeptseite dient dazu, Prozessparameter festzulegen, unter einem Rezeptnamen zu speichern und einzelnen Reaktoren (1–6) zuzuordnen.

Im oberen Bereich werden grundlegende Prozessparameter (z. B. pH-Regelung, Temperatur-Regelung, Belüftung) aktiviert und Sollwerte eingegeben. Die Parameter können in eines der sechs Rezepte übernommen werden. Im unteren Bereich wird eine Übersicht angezeigt, welches Rezept in welchem Reaktor gespeichert ist.

#### 14.3.2 Gespeicherte Rezepte und Übernahme in Reaktoren (Seite 2)

Die zweite Rezeptseite dient der Übersicht und Kontrolle bereits gespeicherter Rezepte. Unter „Voreinstellungen“ sind die gespeicherten Parameter und der Rezeptname sichtbar. Rechts kann das jeweilige Rezept in den gewünschten Reaktor übernommen werden. Die

Übernahme überschreibt die bisherigen Rezeptparameter des Zielreaktors, verändert jedoch nicht die gespeicherten Rezeptwerte.

#### **14.4 Trends – Prozessübersicht und Datenaufzeichnung**

Die Trendansichten dienen ausschließlich dazu, einen schnellen Überblick über den aktuellen Prozessverlauf zu erhalten. Es können bis zu drei Trends angezeigt und nach Reaktoren gefiltert werden. Verfügbare Trends umfassen Reaktortemperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt.

Die vollständige Prozessdatenaufzeichnung findet im Hintergrund statt und wird reaktorbezogen als CSV-Batch-Dateien gespeichert. Die Trendanzeige hat keinen Einfluss auf die Datenerfassung.

#### **14.5 Service – Reaktorspezifische Einstellungen**

Das Service-Menü dient der erweiterten Parametrierung der Regelkreise eines einzelnen Reaktors. Aktuell stehen Serviceeinstellungen für pH, Temperatur und Feed-Steuerung zur Verfügung. In dieses Menü gelangt man auch über den Button „Prozessparameter“ in der Reaktoransicht.

Die Kalibrierung der Messsonden über das System befindet sich derzeit in Entwicklung. Bis zur Implementierung erfolgt die Kalibrierung gemäß Herstellerangaben außerhalb des Systems.

#### **14.6 Meldeliste (in Entwicklung)**

Die Melde- und Alarmliste befindet sich derzeit in Entwicklung und ist in der aktuellen Version noch nicht aktiv. Geplant ist eine zentrale Anzeige von Systemmeldungen, Warnungen und Alarmen mit Zeitstempel und Reaktorzuordnung.

#### **14.7 Einstellungen (in Entwicklung)**

Das Menü Einstellungen ist für allgemeine Systemeinstellungen vorgesehen und befindet sich derzeit in Entwicklung. Zukünftige Funktionen können z. B. Sprache, Datum und Uhrzeit sowie allgemeine Systemparameter umfassen.

## **15 Softwareversion und Updates**

### **15.1 Aktuelle Softwareversion**

Die Anlage wird mit der Softwareversion 1.0 betrieben. Diese Version umfasst die Bedienung der Reaktoren, Rezeptverwaltung, Trendanzeige, Service-Parameter für pH-, Temperatur- und Feed-Steuerung sowie die Hintergrund-Datenaufzeichnung (CSV-Batch-Dateien).

### **15.2 Updates und Weiterentwicklung**

Die Software wird regelmäßig weiterentwickelt. Updates erfolgen zur Erweiterung des Funktionsumfangs, zur Optimierung bestehender Funktionen und zur Anpassung an neue Anforderungen. Updates können im Rahmen von Wartung oder projektbezogen eingespielt werden.

### **15.3 Kundenspezifische Anpassungen**

Anpassungen der Software erfolgen auf Kundenwunsch und werden projektbezogen abgestimmt. Mögliche Anpassungen umfassen Erweiterungen der Regelstrategien, zusätzliche Prozessparameter, Anpassungen der Visualisierung sowie kundenspezifische Abläufe und Logiken.