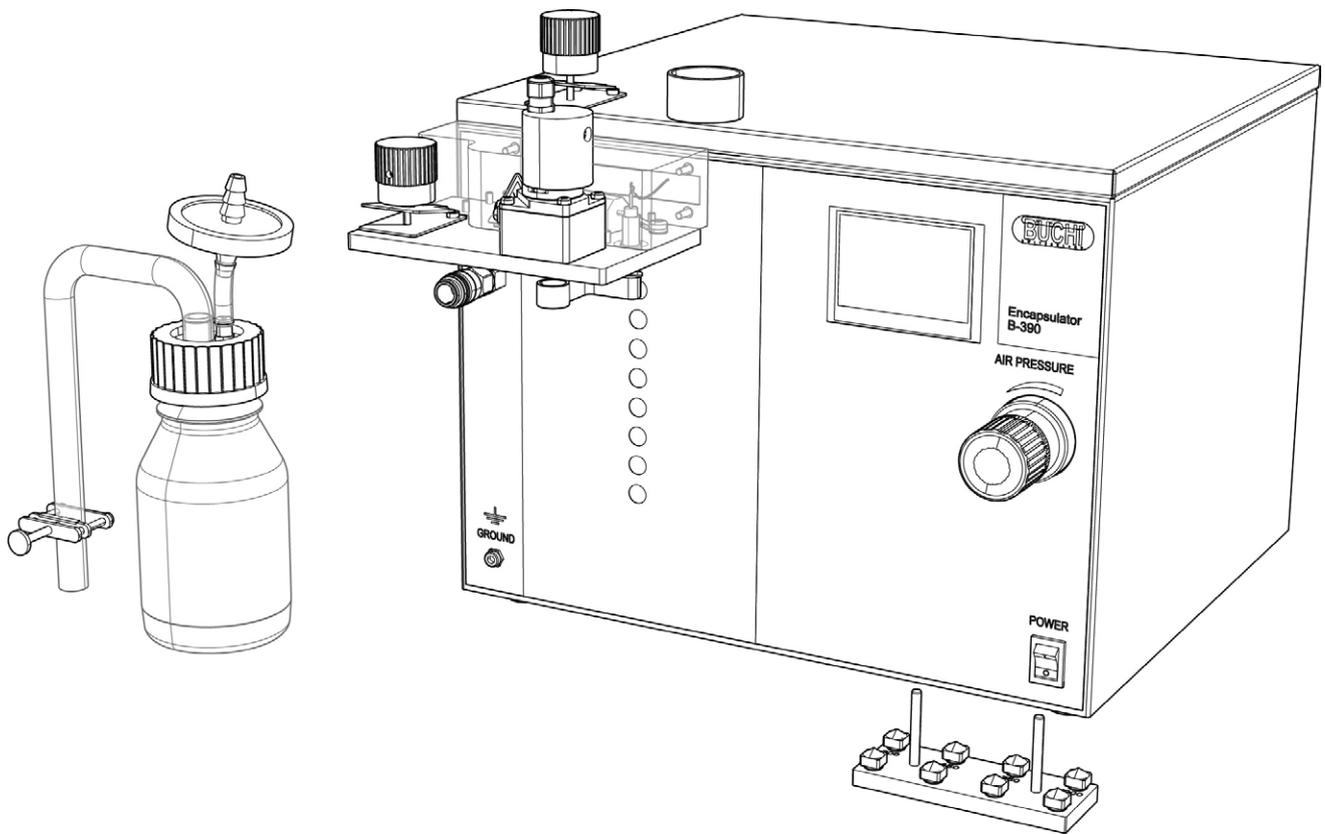




# Encapsulator B-390

## Bedienungsanleitung



11593478E de

## **Impressum**

Produktidentifikation:  
Bedienungsanleitung (Original), Encapsulator B-390

11593478E de

Publikatumsdatum: 07.2016

BÜCHI Labortechnik AG  
Meierseggstrasse 40  
Postfach  
CH-9230 Flawil 1

E-Mail: [quality@buchi.com](mailto:quality@buchi.com)

BÜCHI behält sich das Recht vor, diese Anleitung auf Grund künftiger Erfahrungen nach Bedarf zu ändern. Dies gilt insbesondere für Aufbau, Abbildungen und technische Details.

Diese Bedienungsanleitung ist urheberrechtlich geschützt. Darin enthaltene Informationen dürfen nicht reproduziert, vertrieben oder für Wettbewerbszwecke verwendet oder Drittparteien zur Verfügung gestellt werden. Es ist ebenfalls untersagt, mit Hilfe dieser Anleitung irgendeine Komponente ohne vorherige schriftliche Zustimmung herzustellen.

## Table of contents

<b>1</b>	<b>Info zu dieser Bedienungsanleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>6</b>
2.1	Qualifikation der Benutzer	6
2.2	Ordnungsgemäße Verwendung	6
2.3	Nicht ordnungsgemäße Verwendung	6
2.4	In dieser Bedienungsanleitung verwendete Sicherheitswarnungen und Sicherheitssignale	7
2.5	Produktsicherheit	9
2.5.1	Allgemeine Gefahren	9
2.5.2	Sicherheitsmaßnahmen	10
2.5.3	Integrierte Sicherheitselemente und -vorkehrungen	10
2.6	Allgemeine Sicherheitsregeln	11
2.7	Haftungsausschluss	11
<b>3</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>12</b>
3.1	Anwendungsbereich und Lieferumfang	12
3.1.1	Standardgerät	12
3.1.2	Standard-Zubehör	13
3.1.3	Optionales Zubehör	13
3.1.4	Empfohlene Ersatzteile	14
3.2	Technische Daten	15
3.3	Verwendete Materialien	15
<b>4</b>	<b>Funktionsbeschreibung</b>	<b>16</b>
4.1	Funktionsprinzip	16
4.2	Anschlüsse am Encapsulator B-390	18
<b>5</b>	<b>Installation und Inbetriebnahme</b>	<b>19</b>
5.1	Installationsort	19
5.2	Installation des Encapsulator B-390	20
5.3	Elektrische Anschlüsse	21
5.4	Zusammenbauen der Kugelerzeugungseinheit	22
5.5	Einzeldüsen (innere)	22
5.6	Elektrode	23
5.7	Druckflasche	25
5.7.1	Installation der Druckflasche	26

Lesen Sie dieses Handbuch vor der Installation und Inbetriebnahme Ihres Systems sorgfältig durch und beachten Sie insbesondere die Sicherheitshinweise in Kapitel 2. Bewahren Sie das Handbuch in unmittelbarer Nähe des Gerätes auf, damit Sie jederzeit nachschlagen können.

An dem Gerät dürfen ohne vorheriges schriftliches Einverständnis durch BÜCHI keine technischen Veränderungen vorgenommen werden. Nicht genehmigte Änderungen können die Systemsicherheit beeinflussen, die Einhaltung von EU-Bestimmungen beeinträchtigen oder zu Unfällen führen.

Dieses Handbuch ist urheberrechtlich geschützt. Darin enthaltene Informationen dürfen nicht reproduziert, vertrieben oder für Wettbewerbszwecke verwendet oder Drittparteien zur Verfügung gestellt werden. Es ist ebenfalls untersagt, mit Hilfe dieses Handbuchs irgendeine Komponente ohne vorherige schriftliche Zustimmung herzustellen.

**Die englische Version ist die Ausgangssprachliche Version und dient als Basis für alle Übersetzungen in andere Sprachen.**

5.8	Option: Konzentrisches Düsensystem (CN)	27
5.8.1	Installieren von CN-Düsen	29
5.9	Abschließende Installationsprüfung	30
<b>6</b>	<b>Betrieb und Bedienung</b>	<b>31</b>
6.1	Inbetriebnahme des Gerätes	31
6.2	Bildschirme und Menüfunktionen	31
6.3	Menüstruktur der Steuerungseinheit	33
6.4	Manuelle Steuerung des Luftdrucks	34
6.5	Üben mit dem Encapsulator unter Verwendung von Wasser	35
6.6	Üben mit dem Encapsulator unter Verwendung von Alginatlösung	38
6.6.1	Herstellen einer 1,5 % Na-Alginatlösung	38
6.6.2	Arbeiten mit Alginatlösung	39
6.7	Theorie	42
6.7.1	Kugelproduktivität und Zelldichte	44
<b>7</b>	<b>Wartung und Reparaturen</b>	<b>47</b>
7.1	Kundendienst	47
7.2	Gehäusezustand	47
7.3	Zustand der Dichtungen	47
7.4	Reinigen	48
7.4.1	Reinigen der Düse nach jedem Verkapselungsexperiment	48
7.4.2	Reinigen einer verstopften Düse	49
7.4.3	Reinigen der Kugelerzeugungseinheit	49
<b>8</b>	<b>Fehlerbehebung</b>	<b>50</b>
8.1	Fehler und deren Behebung	50
<b>9</b>	<b>Abschalten, Lagerung, Transport und Entsorgung</b>	<b>51</b>
9.1	Lagerung und Transport	51
9.2	Entsorgung	52
<b>10</b>	<b>Erklärungen und Normen</b>	<b>53</b>
10.1	FCC-Bestimmungen (für USA und Kanada)	53
10.2	Gesundheits- und Sicherheitserklärungsformular	54

# 1 Info zu dieser Bedienungsanleitung

Diese Bedienungsanleitung beschreibt den Encapsulator B-390. Es liefert alle erforderlichen Informationen, um das Gerät sicher betreiben und in einem guten Arbeitszustand halten zu können. Zielgruppe ist insbesondere das Laborpersonal.

Wenn das Gerät auf eine andere Art als in diesem Handbuch aufgeführt verwendet wird, können die Schutzfunktionen des Gerätes beeinträchtigt werden.

## **Abkürzungen**

<i>EPDM</i>	Ethylenpropylen-Dimonomer
<i>FEP</i>	Fluorelastomer
<i>PTFE</i>	Polytetrafluoroethylen

## 2 Sicherheit

In diesem Kapitel wird das Sicherheitskonzept des Gerätes erläutert. Es enthält allgemeine Verhaltensregeln und Warnungen vor direkten und indirekten Gefahren hinsichtlich der Verwendung des Produkts.

Um die Sicherheit der Benutzer zu gewährleisten, müssen alle Sicherheitsanweisungen und Sicherheitsmeldungen in den einzelnen Kapiteln genau beachtet und befolgt werden. Daher muss das Handbuch jederzeit allen Personen zur Verfügung stehen, welche die hier beschriebenen Aufgaben durchführen.

### 2.1 Qualifikation der Benutzer

Das Gerät darf nur von Laborpersonal und anderen Personen benutzt werden, die auf Grund ihrer Ausbildung und fachlichen Erfahrung die Gefahren kennen, die beim Betrieb des Gerätes entstehen können.

Ungeschultes Personal oder Personen, die sich in der entsprechenden Schulung befinden, müssen von einer qualifizierten Person aufmerksam beaufsichtigt werden. Die aktuelle Bedienungsanleitung dient als Grundlage für die Schulung.

### 2.2 Ordnungsgemäße Verwendung

Der Encapsulator B-390 wurde als Laborgerät konstruiert und gebaut.

Der Encapsulator B-390 ist ein halb-automatisiertes Gerät für die Polymer-Einkapselung von chemischen Substanzen, Bio-Molekülen, Arzneistoffen, Aroma- & Duftstoffen, Pigmenten, Extrakten, Zellen und Mikroorganismen unter offenen Bedingungen. Aseptische Arbeitsbedingungen sind möglich, da alle mit dem Einkapselungsgemisch in Kontakt tretenden Teile autoklaviert werden können.

Die Bildung von Kugeln basiert auf der Tatsache, dass ein kontrollierter, laminarer Flüssigkeitsstrom durch Vibration mit optimaler Frequenz in gleich große Tropfen aufgespalten wird.

Der Encapsulator B-390 bietet genau die kontrollierten Bedingungen, um Kugeln zwischen 0,15 bis 2 mm erzeugen zu können. Das Gerät eignet sich ideal für die Einkapselung von Partikeln < 50 µm.

Wenn bei dem Gerät potenziell toxische oder gefährlichen Substanzen verwendet werden, muss es in einem geschlossenen Luftabzug oder einer Glove-Box installiert werden. In diesem Fall muss der gesamte Prozess und die gesamte Handhabung des Systems innerhalb des Luftabzugsraums erfolgen, um Vergiftungen und andere Gefahrensituationen für den Benutzer und die Umwelt auszuschließen.

### 2.3 Nicht ordnungsgemäße Verwendung

Anwendungen, die im Abschnitt 2.2 nicht aufgeführt sind, werden als nicht ordnungsgemäß betrachtet. Anwendungen, die mit den technischen Daten (siehe Abschnitt 3 in diesem Handbuch) nicht kompatibel sind, werden ebenfalls als nicht ordnungsgemäß betrachtet.

Das Bedienungspersonal trägt die alleinige Verantwortung für Schäden oder Gefahren, die durch nicht ordnungsgemäße Benutzung verursacht werden!

Folgende Verwendungen sind ausdrücklich untersagt:

- Installation oder Verwendung des Gerätes in Räumen, für die explosionsgeschützte Geräte erforderlich sind.

## 2.4 In dieser Bedienungsanleitung verwendete Sicherheitswarnungen und Sicherheitssignale

GEFAHR, WARNUNG, VORSICHT und MELDUNG sind standardisierte Signalwörter, die Risikostufen für Verletzungen oder Sachschäden bezeichnen. Alle Signalwörter, die sich auf Verletzung von Personen beziehen, werden zusammen mit dem allgemeinen Sicherheitssymbol angezeigt.

Es ist für Ihre Sicherheit wichtig, dass Sie die unten aufgeführte Tabelle mit den verschiedenen Signalwörtern und ihren Definitionen lesen und vollständig verstehen!

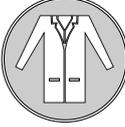
Sym-bol	Signalwort	Definition	Risikostufe
	<b>GEFAHR</b>	Weist auf eine gefährliche Situation hin, die – ohne entsprechende Reaktion – tödliche oder schwere Verletzungen zur Folge hat.	★★★★
	<b>WARNUNG</b>	Weist auf eine gefährliche Situation hin, die – ohne entsprechende Reaktion – tödliche oder schwere Verletzungen zur Folge haben kann.	★★★★☆
	<b>VORSICHT</b>	Weist auf eine gefährliche Situation hin, die – ohne entsprechende Reaktion – leichte oder moderate Verletzungen zur Folge haben kann.	★★★☆☆
kein Sym-bol	<b>MELDUNG</b>	Weist auf mögliche Sachschäden hin, jedoch nicht auf Körperverletzungen.	★☆☆☆☆ (nur Sachschäden)

Zusätzliche Sicherheitsinformations-Symbole können auf einer rechteckigen Fläche links neben dem Signalwort angegeben werden sowie zusätzlicher Text (siehe Beispiel unten).

	 <b>SIGNALWORT</b>
Raum für zusätzliche Sicherheitsinformations-symbole.	<p>Zusätzlicher Text, beschreibt die Art und den Umfang der Gefahr/des Risikos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste der Maßnahmen zur Vermeidung der hier beschriebenen Gefahr oder gefährlichen Situation.</li> <li>• ...</li> <li>• ...</li> </ul>

Tabelle der zusätzlichen Sicherheitsinformationssymbole

Die folgende Referenzliste enthält alle in dieser Bedienungsanleitung verwendeten Sicherheitsinformationssymbole und ihre Bedeutung.

Symbol	Bedeutung
	Allgemeine Warnung
	Gefahr durch Elektrizität
	Explosive Gase, explosive Umgebung
	Schädlich für Lebensformen
	Geräteschaden
	Unter Druck stehendes Gas/Druckluft
	Heiße Oberfläche
	Labormantel tragen
	Schutzbrille tragen
	Schutzhandschuhe tragen

### Zusätzliche Information für den Benutzer

Absätze, die mit HINWEIS beginnen, enthalten nützliche Informationen für das Arbeiten mit dem Gerät/der Software oder den Zusatzkomponenten. HINWEISE beziehen sich nicht auf Gefahren oder Schäden (siehe Beispiel unten).

#### **HINWEIS**

*Nützliche Tipps für eine einfache Bedienung/Benutzung des Gerätes/der Software.*

## 2.5 Produktsicherheit

Die Sicherheitswarnungen in dieser Bedienungsanleitung (wie in *Abschnitt 2.4* beschrieben) sollen den Benutzer aufmerksam machen und sie sollen durch Angabe geeigneter Gegenmaßnahmen gefährliche Situationen vermeiden helfen, die von Restrisiken ausgehen. Allerdings können Risiken für Benutzer, Sachwerte und die Umwelt entstehen, wenn das Gerät beschädigt wird, oder nachlässig oder nicht ordnungsgemäß verwendet wird.

### 2.5.1 Allgemeine Gefahren

Die folgenden Sicherheitsmeldungen zeigen Gefahren allgemeiner Art an, die bei der Handhabung des Gerätes auftreten können. Der Benutzer muss alle aufgeführten Gegenmaßnahmen befolgen, um den niedrigst möglichen Gefahrenlevel zu erreichen und aufrecht zu erhalten.

Zusätzliche Warnmeldungen können immer dann ausgegeben werden, wenn in diesem Handbuch beschriebene Aktionen und Situationen mit situativen Gefahren verbunden sind.

	<b>! Warnung</b>
	<p>Tödliche oder schwere Verletzungen bei Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Gerät nicht in explosionsgefährdeten Umgebungen betreiben.</li> <li>• Das Gerät nicht mit explosiven Gasgemischen betreiben.</li> <li>• Vor dem Betrieb alle Gasverbindungen auf korrekte Installation überprüfen.</li> <li>• Freigesetzte Gase und gasförmige Substanzen direkt durch ausreichende Ventilation ableiten.</li> </ul>

 	<b>! Warnung</b>
	<p>Druckzunahme im Einlasssystem wegen verstopfter Düsen.</p> <p>Bersten des Einlasssystems.</p> <p>Tödliche oder schwere Vergiftung durch Kontakt mit oder Aufnahme von eingesetzten schädlichen Substanzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Düse sofort nach Verwendung reinigen, siehe <i>Abschnitt 7.4</i>.</li> </ul>

	<b>! Warnung</b>
	<p>Tödliche oder schwere Verletzungen durch Kontakt mit Hochspannung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Gehäuse des Produkts nur öffnen, wenn die Maschine abgeschaltet und die Stromversorgung abgeklemmt ist.</li> </ul>

	<b>Meldung</b>
	<p>Risiko von Kurzschlüssen im Gerät und Beschädigung durch Flüssigkeiten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Flüssigkeiten über dem Gerät oder Teilen von diesem verschütten.</li> <li>• Alle Flüssigkeiten sofort abwischen.</li> <li>• Auf sichere Positionierung des Probengefäßes achten.</li> <li>• Das Gerät nicht bewegen, wenn Flüssigkeit eingefüllt ist.</li> <li>• Das Gerät vor äußeren Vibrationen schützen.</li> </ul>

 	<b>Meldung</b>
	<p>Gefahr einer Beschädigung des Gerätes durch falsche Stromversorgung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Externe Netzstromversorgung muss der auf dem Typenschild angegebenen Spannung entsprechen.</li> <li>• Auf ausreichende Erdung prüfen.</li> </ul>

	<b>Meldung</b>
	<p>Gefahr der Beschädigung von Laborgläsern oder Utensilien durch Bewegungen der Spritzenpumpeneinheit.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellen Sie keine Laborgläser oder andere Utensilien auf den Encapsulator.</li> </ul>

## 2.5.2 Sicherheitsmaßnahmen

Beim Arbeiten mit dem Gerät immer persönliche Schutzausrüstung wie z.B. Schutzbrille, Schutzkleidung und -handschuhe tragen.

## 2.5.3 Integrierte Sicherheitselemente und -vorkehrungen

### Hochspannung und elektrostatische Aufladung

- Sicherheitsbegrenzung des Stroms.
- Interne Erdung, um elektrostatische Aufladung zu vermeiden.

### Luft/Gas

- Überdruck-Sicherheitsventil (öffnet bei 1,5 bar)

## 2.6 Allgemeine Sicherheitsregeln

### Verantwortlichkeit des Bedienungspersonals

Der Laborleiter ist für die Schulung seines Personals verantwortlich.

Das Bedienungspersonal muss den Hersteller unverzüglich über alle sicherheitsrelevanten Vorfälle unterrichten, die beim Betrieb des Gerätes möglicherweise auftreten. Gesetzliche Bestimmungen wie z.B. Kommunal-, Landes- oder Bundesgesetze, die das Gerät betreffen, müssen strikt eingehalten werden.

### Wartungs- und Sorgfaltspflicht

Das Bedienungspersonal ist dafür verantwortlich, dass sich das verwendete Gerät in ordnungsgemäßem Zustand befindet und dass Wartung, Service und Reparaturjobs sorgfältig und plangemäß und nur durch autorisierte Personen durchgeführt werden.

### Vorgeschriebene Ersatzteile

Verwenden Sie für die Wartung nur Original-Verbrauchsteile und Original-Ersatzteile, um eine gute Leistung und Zuverlässigkeit des Systems sicherzustellen. Modifikationen der verwendeten Ersatzteile sind nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung durch den Hersteller zulässig.

### Modifikationen

Modifikationen am Gerät sind nur nach vorheriger Konsultation und schriftlicher Genehmigung des Herstellers erlaubt. Änderungen und Aufrüstungen dürfen nur von autorisiertem technischem BÜCHI-Personal durchgeführt werden. Der Hersteller schließt jegliche Haftungsansprüche aus, die Folge nicht autorisierter Modifikationen sind.

## 2.7 Haftungsausschluss

Für Verwendung und Vertrieb aller Materialien, die mit dem Encapsulator produziert werden, trägt das Bedienungspersonal die alleinige Verantwortung.

## 3 Technische Daten

Dieses Kapitel ist eine Einführung in das Gerät und seine Spezifikationen. Es enthält den Lieferumfang, technische Daten, Anforderungen und Leistungsdaten.

### 3.1 Anwendungsbereich und Lieferumfang

Der Lieferumfang kann nur anhand des individuellen Lieferscheins und der aufgeführten Bestellnummern überprüft werden.

#### **HINWEIS**

Zusätzliche Informationen über die aufgelisteten Produkte finden Sie unter [www.buchi.com](http://www.buchi.com) oder wenden Sie sich an Ihren zuständigen Händler.

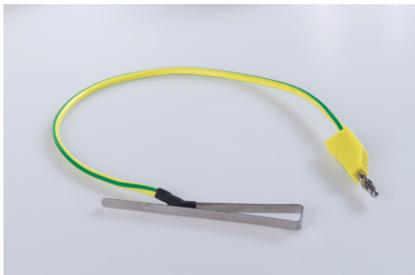
#### 3.1.1 Standardgerät



**Tabelle 3-1: Standardgerät**

Produkt	Bestellnr.
Encapsulator B-390 50 – 60 Hz, 100 – 240 V	11058210
Komplettes Encapsulator B-390-System für Mikroverkapselung unter offenen Arbeitsbedingungen mit integrierter Düsenbeheizung und Flüssigkeitsförderung durch Druckluft.	

### 3.1.2 Standard-Zubehör



**Tabelle 3-2: Standard-Zubehör**

Satz von 8 Einzeldüsen	11057918
------------------------	----------

Satz von 8 einzelnen Düsen mit Präzisionsöffnung von 0,08, 0,12, 0,15, 0,20, 0,30, 0,45, 0,75 und 1,00 mm, aus Edelstahl 316L einschließl. Düsenständer

Druckflasche 500 ml	11058190
---------------------	----------

Druckflasche 1000 ml	11058191
----------------------	----------

Glasflaschen mit Verschraubungen, Schläuchen und Luftfilter, Arbeitsdruck bis zu 1,5 bar, autoklavierbar

Erdungskabel	11058189
--------------	----------

Bedienungsanleitung Deutsch	11593477
-----------------------------	----------

### 3.1.3 Optionales Zubehör



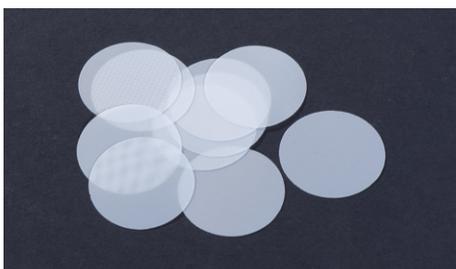
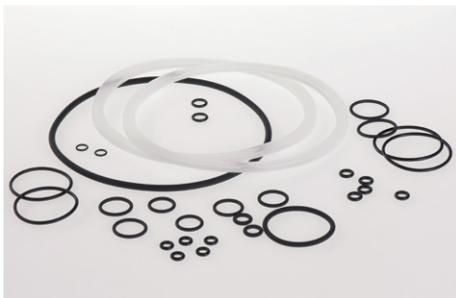
**Tabelle 3-3: Optionales Zubehör**

Produkt	BestellNr.
---------	------------

Satz konzentrischer Düsen	11058051
---------------------------	----------

Satz von 7 äußeren Düsen mit Präzisionsöffnung von 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 und 0,9 mm, aus Edelstahl einschließlich 1000 ml Druckflasche

### 3.1.4 Empfohlene Ersatzteile



**Tabelle 3-4: Empfohlene Ersatzteile**

Produkt	Bestellnr.
Satz O-Ringe für Einzeldüse	11057954
Satz O-Ringe für konzentrische Düse	11057955
<hr/>	
Vorfilter für Düse, Durchmesser 7 mm (10 St.)	11057957
Ablaufilter für Reaktionsgefäß, Durchmesser 35 mm (10 St.)	11057958

## 3.2 Technische Daten

<b>Tabelle 3-5: Technische Daten Encapsulator B-390</b>		
Stromverbrauch	max. 150 W	
Anschlussspannung	100 – 240 VAC	
Netzspannungsschwankungen	bis zu $\pm 10$ % der Nennspannung	
Frequenz	50/60 Hz	
Sicherung	3,15 A	
Abmessungen (B×H×T)	32×29×34 cm	
Gewicht	7 kg	
Düsendurchmesser von Einzeldüsen (= Innendüse)	0,08, 0,12, 0,15, 0,20, 0,30, 0,45, 0,75 und 1,00 mm	
Düsendurchmesser von Aussendüsen	0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70 und 0,90 mm	
Größenbereich der Tröpfchen	0,15 bis 2,00 mm	
Vibrationsfrequenz	40 bis 6000 Hz	
Elektrodenspannung	250 bis 2500 V	
Heizung	30 bis 70 °C	
bei Luftdruckbetrieb	0,5 bis 200 ml/min	
Maximal zulässiger Luftdruck im System	1,5 bar	
Reaktor-Bruttovolumen	4,5 Liter	
Reaktor-Arbeitsvolumen	2 Liter	
Mit Medium in Kontakt stehende Teile	autoklavierbar	
Sterile Arbeitsbedingungen	eingeschränkt	
Überspannungskategorie	II	
Verschmutzungsgrad	2	
Umgebungsbedingungen:		
Temperatur	5 – 40 °C	nur für Einsatz im Innenbereich
Höhe über NN	bis zu 2000 m	
Max. relative Luftfeuchtigkeit (Kurvenparameter)	Maximale relative Luftfeuchtigkeit 80 % bis zu 31 °C, danach lineare Abnahme auf 50 % relative Luftfeuchtigkeit bei 40 °C	

<b>Tabelle 3-6: Materialien und Zulassungen</b>	
Material in Kontakt mit Probe	Edelstahl, Silikon, Glas, FEP, PTFE
Zulassungen	CE, CSA

## 3.3 Verwendete Materialien

<b>Tabelle 3-7: Verwendete Materialien</b>	
Komponente	Materialbeschreibung
Kugelerzeugungseinheit	Edelstahl, PTFE, Glasfaser Dichtungen: Silikon, EPDM
Düsen	Edelstahl, Dichtungen: EPDM
Druckflasche	Edelstahl, 3.3 Borosilikatglas, FEP, PTFE Dichtungen: Silikon, EPDM

## 4 Funktionsbeschreibung

In diesem Kapitel wird das grundlegende Funktionsprinzip des Encapsulator B-390 erläutert. Außerdem wird gezeigt, wie das Gerät aufgebaut ist, und wie es allgemein funktioniert.

### 4.1 Funktionsprinzip

Das Gerät bietet folgende Schlüsselfunktionen:

#### Reproduzierbare Kugelgröße von einer Produktion zur anderen

- Einstellbare Parameter (Düsengröße, Fließrate der Flüssigkeit und Vibrationsfrequenz) bestimmen die Größe der Kugeln.

#### Reproduzierbare Kugelbildung

- Im Bereich von 0,15 mm bis 2,0 mm.

#### Große Gleichmäßigkeit der Kugelgröße

- Auf Grund der integrierten elektrostatischen Dispersionseinheit (*EDU*); ca. 5 % relative Standardabweichung der Perlegröße bei Verwendung von reinem Alginat.

#### Unmittelbare Prozesssteuerung

- Visuelle Überwachung im Licht einer Stroboskoplampe.

#### Hohe Zell-Viabilität

- Die Kugelbildungstechnik arbeitet unter geringer Scherspannung und unter physiologischen Bedingungen – dies führt zu einer hohen Überlebensrate der Zellen.

#### Chargengröße

- Die Chargengröße reicht von 5 ml bis 1000 ml und das Totvolumen beträgt ca. 2 ml.

#### Satz von 8 Einzeldüsen

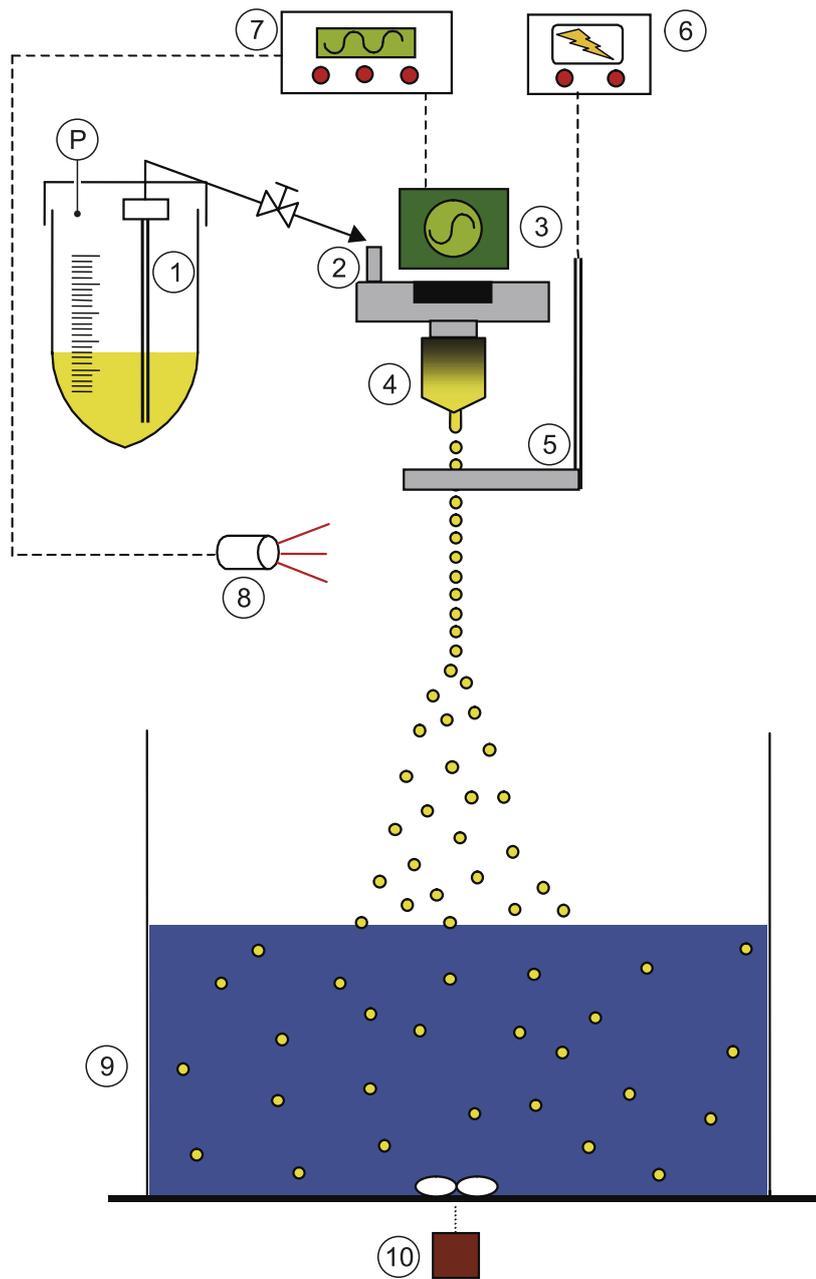
- Die 8 Düsengrößen 0,08, 0,12, 0,15, 0,20, 0,30, 0,45, 0,75 und 1,0 mm decken den Kugelgrößenbereich von ca. 0,15 mm bis 2,0 mm ab.

#### Zuführung der Polymermischung

- Durch Luftdruck mit Fließraten von 70 ml/h (0,08 mm-Düse) bis 2500 ml/h (1,0 mm-Düse).

#### Große Kugelproduktionsrate

- Pro Sekunde werden in Abhängigkeit von den Verkapselungsbedingungen und der Polymermischung bis zu 6000 Perlen produziert.



**Abbildung 4-1:** Schematische Darstellung des Encapsulator B-390

- |                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| ① Druckflasche           | ⑦ Vibrationssteuerung |
| ② Kugelerzeugungseinheit | ⑧ LED/Stroboskop      |
| ③ Vibrationseinheit      | ⑨ Polymerisationsbad  |
| ④ Einzeldüse             | ⑩ Magnetrührer        |
| ⑤ Elektrode              | (P) Druckluft         |
| ⑥ Dispersionssteuerung   |                       |

Die Hauptkomponenten des Encapsulator B-390 sind die Steuerungseinheit, die Kugelerzeugungseinheit und die Druckflasche. Alle Teile des Gerätes, die direkten Kontakt mit dem Immobilisierungsgemisch haben, können durch Autoklavieren sterilisiert werden.

Das Produkt, welches eingekapselt werden soll (Wirkstoffe, Enzyme, Chemikalien und Zellen), wird mit einem Verkapselungspolymer vermengt (üblicherweise Alginate), und die Mischung wird in eine Druckflasche eingefüllt ① (siehe *Abbildung 4-1*). Das Polymer/Produkt-Gemisch wird mit Druckluft (P) in die Kugelerzeugungseinheit ② gedrückt. Die Flüssigkeit fließt dann durch eine präzise gebohrte Düse ④ und wird beim Austreten aus der Düse in gleich große Tröpfchen getrennt. Diese Tröpfchen durchlaufen ein elektrisches Feld zwischen der Düse ④ und der Elektrode ⑤ und erhalten dabei eine Oberflächenladung. Durch elektrostatische Abstoßung werden die Perlen beim Herabfallen in das Polymerisationsbad räumlich voneinander getrennt. Das Polymerisationsbad muss geerdet sein.

#### Kugelgröße

Die Kugelgröße hängt von mehreren Parametern ab wie z.B. der Vibrationsfrequenz, Düsengröße, Flussrate und den physikalischen Eigenschaften des Verkapselungsgemisches. Im Allgemeinen beträgt der Düsendurchmesser das Doppelte des Düsendurchmessers. Durch Variieren der Strahlggeschwindigkeit und der Vibrationsfrequenz kann der Bereich jedoch um ca. 1 – 15 % verändert werden. Die für die Kugelbildung optimalen Parameter sind in Echtzeit sichtbar im Licht einer Stroboskoplampe ⑧. Wenn optimale Parameter erreicht sind, sieht man eine klare stehende Kette von Tröpfchen. Nachdem die optimalen Parameter gefunden wurden, können diese bei späteren Produktionen mit derselben Verkapselungsmischung voreingestellt werden.

In Abhängigkeit von mehreren Variablen werden bis zu 6000 Kugeln pro Sekunde erzeugt und im Polymerisationsbad aufgefangen ⑨, das kontinuierlich mit einem Magnetührstäbchen durchmischt wird. Zusätzlich muss die Reaktionslösung geerdet werden, um die elektrostatischen Ladungen zu neutralisieren, die von den aufgeladenen Kugeloberflächen stammen. Nach Abschluss des Produktionslaufs wird die Aushärtungslösung abgelassen und Waschlösungen oder andere Reaktionslösungen werden zugegeben, um die Kugeln bei Bedarf weiter verarbeiten zu können.

## 4.2 Anschlüsse am Encapsulator B-390

#### Anschlüsse auf der Vorderseite (siehe *Abbildung 5-2*)

- Hauptschalter
- Luftauslass
- Elektrode
- Erdung

#### Anschlüsse auf der Rückseite (siehe *Abbildung 5-1*)

- Stromversorgung
- Lufteinlass
- Vibration
- Optionale Steckerbuchse(n)

## 5 Installation und Inbetriebnahme

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie das Gerät installiert werden muss. Außerdem enthält es eine Anleitung für die erste Inbetriebnahme.

### **HINWEIS**

*Prüfen Sie das Gerät beim Auspacken auf eventuelle Schäden. Erstellen Sie – falls erforderlich – sofort einen Zustandsbericht und informieren Sie das Post-, Bahn- oder Transportunternehmen. Bewahren Sie die Originalverpackung für einen zukünftigen Transport auf.*

### 5.1 Installationsort

Stellen Sie das Gerät auf einer stabilen, horizontalen Oberfläche auf. Berücksichtigen Sie die maximalen Abmessungen und das Gewicht des Instruments. Das Gerät muss so aufgestellt werden, dass der Hauptschalter und die Netzsteckdose jederzeit zugänglich sind.

Beachten Sie die in *Abschnitt 3.2 „Technische Daten“* beschriebenen Umgebungsbedingungen.

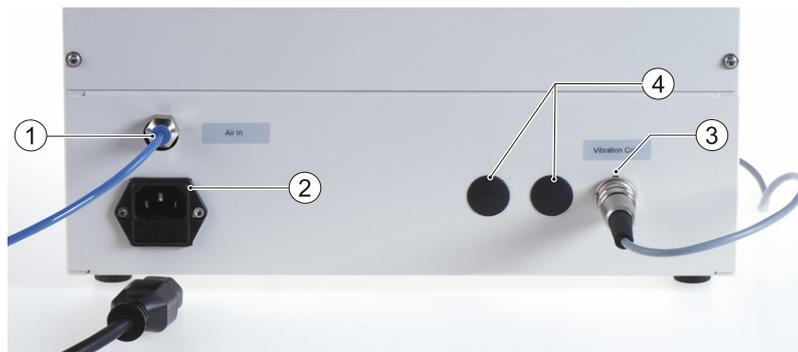
 	 <b>Warnung</b>
	<p>Tödliche oder schwere Verletzungen bei Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Gerät nicht in explosionsgefährdeten Umgebungen betreiben.</li> </ul>

    	 <b>Warnung</b>
	<p>Tödliche oder schwere Vergiftung durch Kontakt mit oder Aufnahme von schädlichen Substanzen.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzbrille tragen.</li> <li>• Sicherheitshandschuhe tragen.</li> <li>• Labormantel tragen.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Gerät und alle Zubehörteile gründlich reinigen, um potenziell gefährliche Substanzen zu entfernen.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstaubte Teile nicht mit Druckluft reinigen.</li> <li>• Das Gerät und seine Zubehörteile an einem trockenen Ort lagern.</li> </ul>

## 5.2 Installation des Encapsulator B-390

Stellen Sie das Gerät auf einem Labortisch mit gutem Zugang zu einer Steckdose mit Wechselstrom und zu Druckluft auf. Stellen Sie das Gerät so auf, dass der Netzstecker jederzeit abgezogen werden kann.

Schließen Sie die externe Luft-/Gas-Versorgung (= Lufteinlass) und die Vibrationseinheit gemäß *Abbildung 5-1* an.



**Abbildung 5-1:** Rückseite der Steuerungseinheit

- ① Lufteinlass (blauer Schlauch 2,6×4,0 mm)
- ② Stromversorgungs-Steckdose mit eingebauter Sicherung
- ③ Buchse für Vibrationseinheit
- ④ Optionale Steckerbuchse

Alle Steuerungssysteme für die Produktion der Kugeln sind in die Steuerungseinheit integriert. Vibrationsfrequenz, Lichtstärke, elektrostatische Dispersion und Heizung werden über den Touchscreen gesteuert. Der Luftdruck wird über das Druckregelventil gesteuert. Der Druck wird auf dem Touchscreen elektronisch angezeigt. Die Pumprate der Polymermischung wird mit dem Regelventil für den Flüssigkeitsfluss gesteuert. Die integrierte Stroboskoplampe erlaubt die Steuerung des Zerfalls des Strahls in Echtzeit. Der Hauptschalter befindet sich auf der Frontabdeckung. Die Kugelerzeugungseinheit ist mit zwei Schrauben (M3×25) an der Trägerplatte befestigt.



**Abbildung 5-2:** Vorderseite der Steuerungseinheit

- ① Vibrationseinheit
- ② Touchscreen
- ③ Druckregelventil
- ④ Hauptschalter
- ⑤ Buchse für Erdungskabel
- ⑥ Luftauslass
- ⑦ Regelventil für den Flüssigkeitsfluss
- ⑧ Regelventil für den Flüssigkeitsfluss
- ⑨ Heizblock
- ⑩ Trägerplatte
- ⑪ Elektrode
- ⑫ Stroboskoplampe

### Installation der Luftleitung

Jeder Encapsulator wird mit einem 3 m langen Luftschlauch (2,6×4,0 mm) geliefert, um ihn an eine externe Druckluft- oder Stickstoffversorgung anzuschließen.

1. Bringen Sie den Luftschlauch an der Lufteinlassbuchse an.
2. Befestigen Sie das andere Ende des Luftschlauchs an der externen Gasversorgung.
3. Führen Sie dem Encapsulator während des Betriebs Gas mit einem Druck von 1,5 bis 2 bar (23 bis 30 psi) zu.

### HINWEIS

Das integrierte pneumatische System (Ventil und Verbindungen) toleriert einen Einlassdruck von bis zu 7 bar (100 psi). Nach dem Druckregelventil ist ein Überdruck-Sicherheitsventil eingebaut, das sich bei 1,5 bar öffnet, d.h. der maximale Luftdruck am Luftauslass beträgt 1,5 bar. Der Arbeitsbereich liegt jedoch bei 0 bis 1 bar.

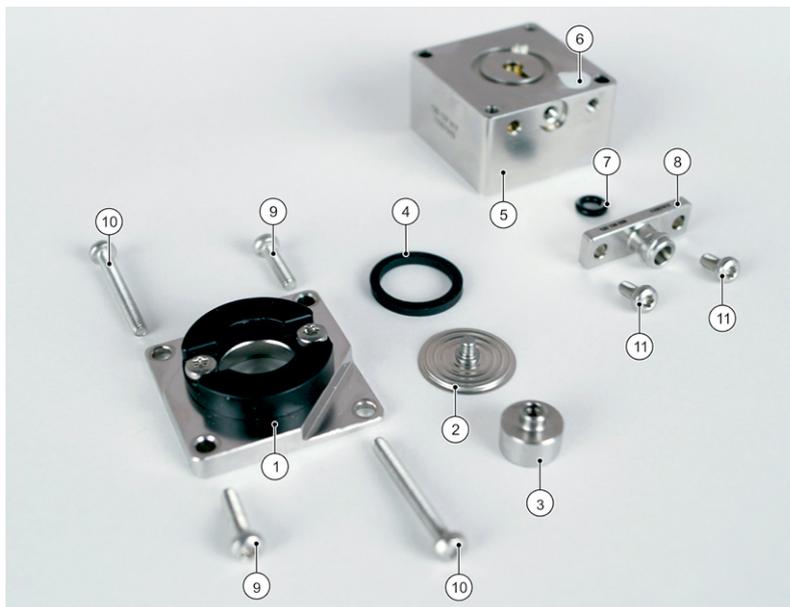
## 5.3 Elektrische Anschlüsse

Vergewissern Sie sich, dass die auf dem Typenschild der Steuerungseinheit angegebenen elektrischen Leistungsdaten des Gerätes der Spannung Ihres lokalen Stromnetzes entspricht. Schließen Sie den Netzstromstecker des Encapsulators an das Stromnetz an.

 	<p><b>! Vorsicht</b></p> <p>Gefahr einer Beschädigung des Gerätes durch falsche Stromversorgung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Externe Netzstromversorgung muss der auf dem Typenschild angegebenen Spannung entsprechen.</li> <li>• Auf ausreichende Erdung prüfen.</li> <li>• Abhängig von lokalen Gesetzen und Bestimmungen können bezüglich der Elektrik zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen wie z.B. ein Fehlerstrom-Schutzschalter erforderlich sein! Externe Anschlüsse und Verlängerungskabel müssen mit einem geerdeten Leiter (3-polige Kuppelungen, Kabel oder Steckerausrüstung) ausgestattet sein. Alle verwendeten Netzkabel müssen mit angespritzten Steckern ausgestattet sein, um Risiken durch unachtsame, fehlerhafte Verdrahtung zu vermeiden.</li> </ul>
---	---

## 5.4 Zusammenbau der Kugelerzeugungseinheit

Die Kugelerzeugungseinheit ist die zentrale Komponente des Encapsulator B-390. Sie ist vollständig autoklavierbar. *Abbildung 5-3* zeigt die verschiedenen Teile der Kugelerzeugungseinheit. Die zusammengebaute Kugelerzeugungseinheit wird mit der Schraube ⑩ auf der Trägerplatte der Steuerungseinheit befestigt. Die Vibrationseinheit wird auf die Magnethalterung gesetzt, sie benötigt keine weitere Befestigung.



- ① Magnethalterung \*
- ② Membran
- ③ Magnet
- ④ O-Ring (14x1,78)
- ⑤ Pulsationskammer
- ⑥ Vorfilter mit 50 µm Maschenweite
- ⑦ O-Ring (3,68x1,78)
- ⑧ Luer-Lock-Verbindung
- ⑨ Schraube M3x8
- ⑩ Schraube M3x25
- ⑪ Schraube M3x6

\*mit befestigtem Fixierring und Schrauben M3x5.  
Der Fixierring kann beim Reinigen entfernt werden.

**Abbildung 5-3:** Teile der Kugelerzeugungseinheit

## 5.5 Einzeldüsen (innere)

Eine qualitativ hochwertige Düse ist für eine homogene Kugelerzeugung von entscheidender Bedeutung. Die Löcher der Encapsulator-Düsen sind mit modernster Technologie präzise gebohrt. Jeder Encapsulator B-390 wird mit einem Satz von 8 Düsen geliefert. Die Düsenöffnungen haben die Durchmesser 80, 120, 150, 200, 300, 450, 750 µm und 1,0 mm. Die Düsen bestehen vollständig aus Edelstahl.



**Abbildung 5-4:** Satz von 8 Düsen auf dem Düsenständer

Der Düsenständer enthält 8 Düsen (80, 120, 150, 200, 300, 450, 750 µm und 1,0 mm). Die Größe des O-Rings beträgt 4,47x1,78.

## 5.6 Elektrode

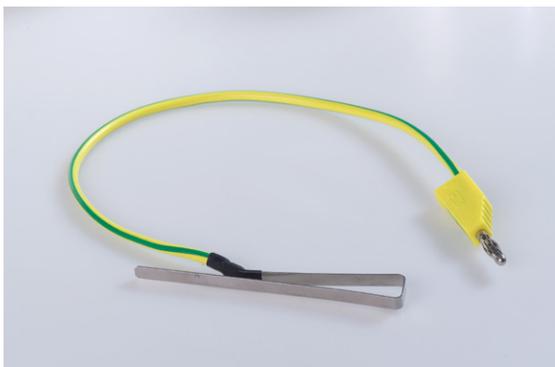
Die Elektrode ist Teil der elektrostatischen Dispersionseinheit. Sie ist von unten am Heizblock befestigt. Der Abstand zwischen Elektrode und Düsenspitze kann nach Bedarf geändert werden. Dieser Abstand beträgt etwa 3 bis 8 mm. Er sollte so eingestellt sein, dass die Tröpfchen nahe der Oberseite der Elektrode gebildet werden.

Wenn die Tröpfchen durch die Elektrode fallen, nehmen sie die elektrostatische Ladung auf. Diese elektrostatische Ladung wird auf das Polymerisationsbad übertragen und akkumuliert sich, falls das Gefäß nicht geerdet ist. Das durch die akkumulierten Ladungen erzeugte elektrostatische Feld kann so stark sein, dass kleine Tröpfchen über dem Bad zurückgestoßen werden und nicht mehr in dieses hineinfallen. Aus diesem Grund wird die Erdungsklammer in das Polymerisationsbad eingeführt, damit die elektrostatischen Ladungen zur Erde fließen, siehe *Abbildung 5-8*.

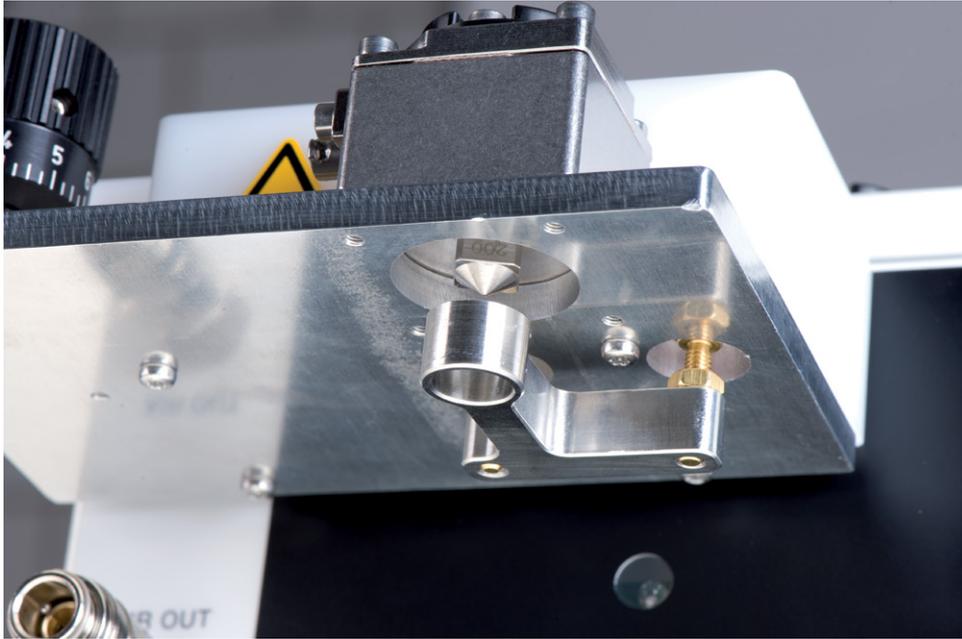


**Abbildung 5-5:** Elektrode mit Haltern

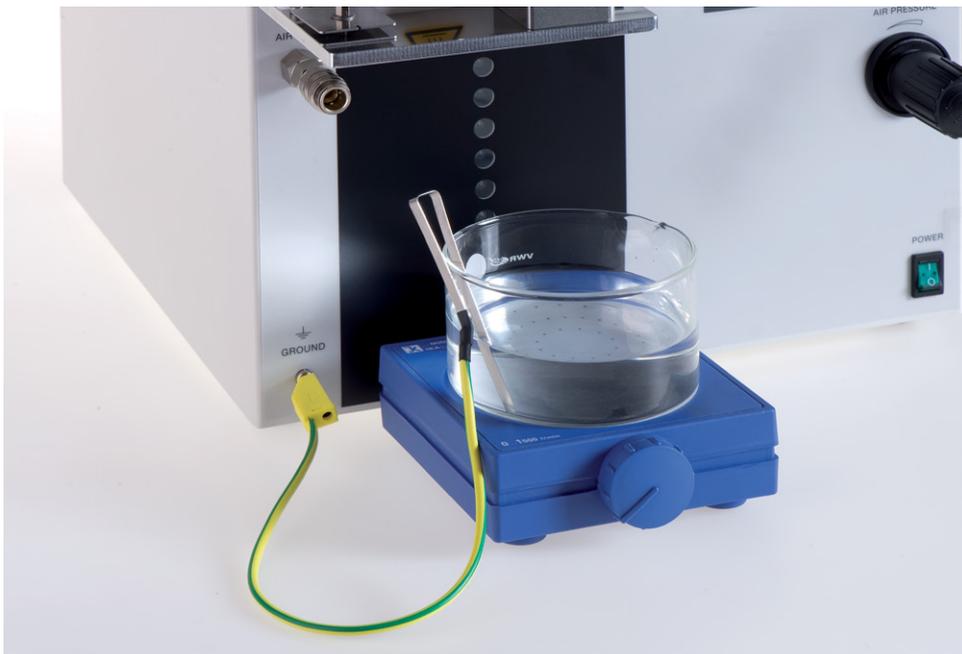
- ① Elektrodenöffnung
- ② Schrauben des Halters, mit denen die Länge des Halters geändert werden kann



**Abbildung 5-6:** Erdungssatz



**Abbildung 5-7:** Position der Elektrode unter der Trägerplatte



**Abbildung 5-8:** Erdung des Polymerisationsbades

## 5.7 Druckflasche

Die Druckflasche ist ein autoklavierbarer Behälter. Sie dient dazu, die Verkapselungsmischung mit Druckluft zur Kugelerzeugungseinheit zu fördern. *Abbildung 5-9* zeigt die verschiedenen Teile der Druckflasche. Der Glasbehälter hat eine garantierte Druckfestigkeit von 1,5 bar.

Die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit wird auf zwei Ebenen gesteuert:

1. Über den Luftdruck durch das Druckregulierungssystem und
2. mit dem Regelventil für den Flüssigkeitsfluss, welches sich oben auf der Steuerungseinheit befindet. Die Reproduzierbarkeit der Fließrate der Flüssigkeit zwischen einzelnen Produktionsläufen liegt gewöhnlich bei  $\pm 5\%$ .



**Abbildung 5-9:** Druckflasche mit HEPA-Filter für steriles Pumpen der Immobilisierungsmischung mittels Luftdruck

- |   |  |
|---|--|
| ① Druckstabile Flasche, 500 ml oder 1000 ml | ⑥ Luer-Lock-Verbindung (Stecker), 4,8 mm ID    |
| ② HEPA-Luftfilter                           | ⑦ Nippel für Schnellkupplung                   |
| ③ PTFE-Schlauch (4×6)                       | ⑧ Deckel mit zwei Öffnungen                    |
| ④ Silikonschlauch für Flüssigkeit (4×7)     | ⑨ Kapsel mit PTFE-Anschluss für 6 mm-Schläuche |
| ⑤ Silikonschlauch für Luft (5×8)            |  |

Die **Luft** strömt durch einen Silikonschlauch mit einem Innendurchmesser von 5 mm (5×8 mm). Der Hepa-Filter verhindert die Kontamination der sterilen Immobilisierungsmischung. Dieser ist gemäß den Vorgaben des Herstellers auszutauschen oder wenn Anzeichen für einen geringeren Luftdurchlass festgestellt werden.

Die **Flüssigkeit** strömt aus dem Inneren der Flasche durch einen PTFE-Schlauch (3×6 mm) in den Silikonschlauch ④ außerhalb der Flasche. Der Silikonschlauch ist mittels Luer-Lock-Steckverbindung an der Kugelerzeugungseinheit befestigt ⑥.

### 5.7.1 Installation der Druckflasche



Abbildung 5-10: Installierte Druckflasche

1. Die Druckflasche zusammensetzen und – falls erforderlich – autoklavieren.
2. Die Flasche mit der Immobilisierungsmischung befüllen.
3. Den Silikon Schlauch der Druckflasche am Luer-Lock-Einlass der Kugelerzeugungseinheit anbringen.
4. Den Silikon Schlauch in das Regelventil für den Flüssigkeitsfluss einführen. Zusammen drücken, damit keine Flüssigkeit durchfließen kann.
5. Den Nippel ⑦ des Luftschlauchs in die Schnellkupplung des Luftauslasses der Steuerungseinheit einsetzen.

## 5.8 Option: Konzentrisches Düsensystem (CN)

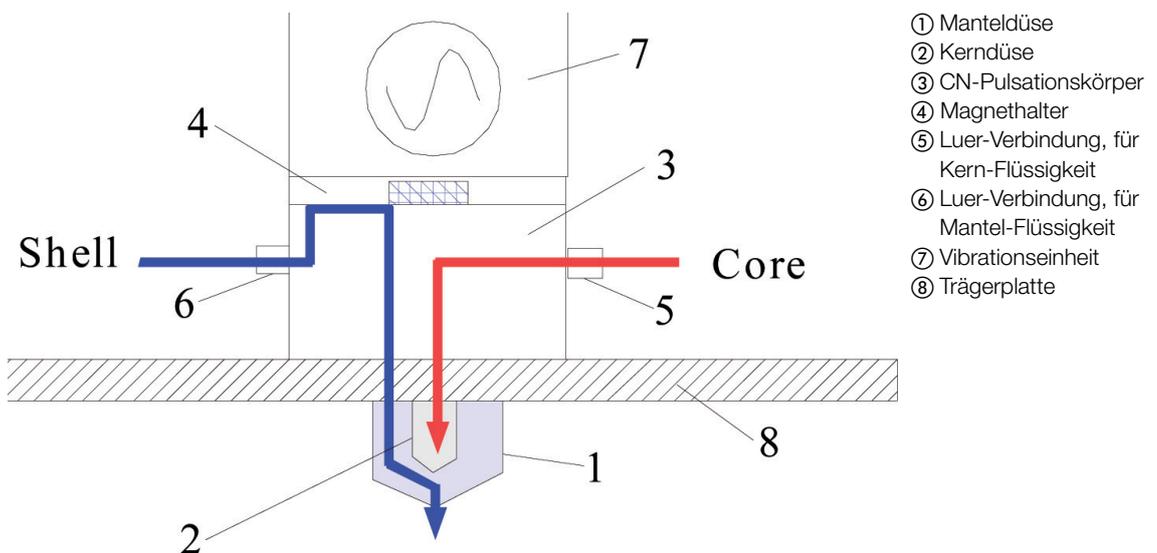
Das konzentrische Düsensystem (CN-System) ist eine optionale Ausrüstung zusätzlich zum Einzeldüsensystem. Mit ihm können Kapseln in einem einzigen Produktionsschritt hergestellt werden. Das System besteht aus einer CN-Kugelerzeugungseinheit, einem Satz von 7 Manteldüsen (0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70 und 0,90 mm) und einer Druckflasche mit 1000 ml. Die Aussenflüssigkeit wird aus einer Druckflasche mit Luftdruck gepumpt.



Die Hauptkomponenten der konzentrischen Düseneinheit sind (siehe *Abbildung 5-12*):

- das Düsenpaar mit Mantel- ① und Kerndüse ②.
- CN-Kugelerzeugungseinheit mit CN-Pulsationsgehäuse ③ und Magnethalter ④.

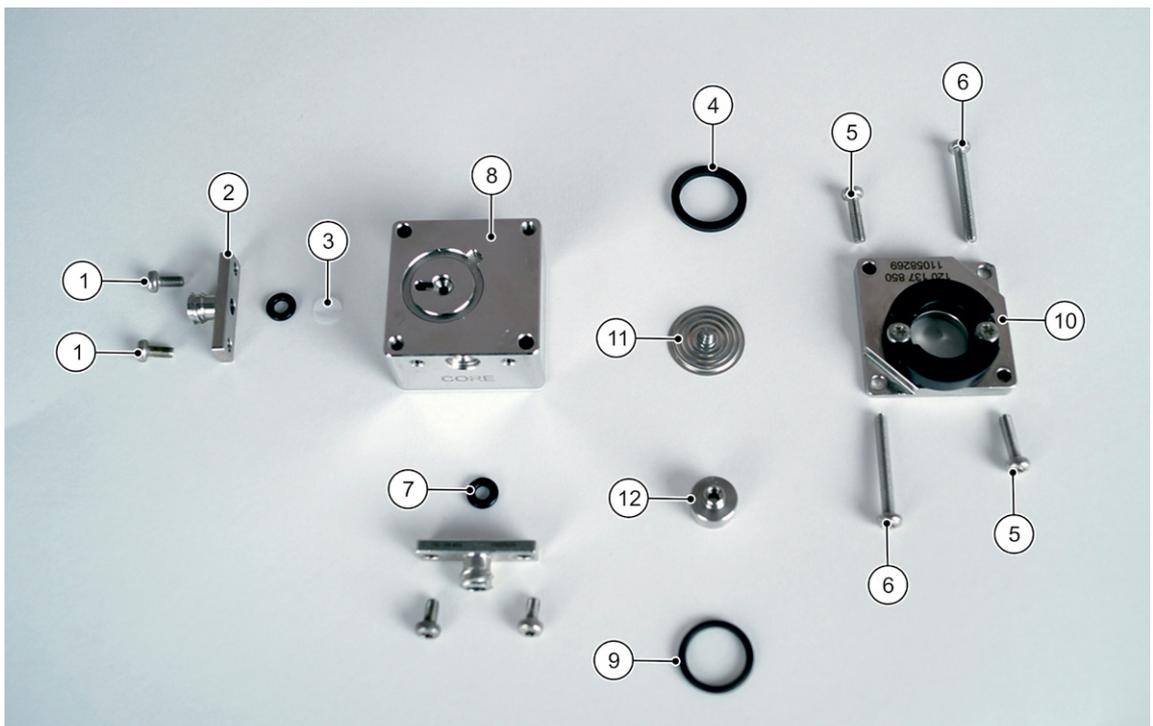
**Abbildung 5-11:** Kapselbildung



**Abbildung 5-12:** Schema des konzentrischen Düsensystems



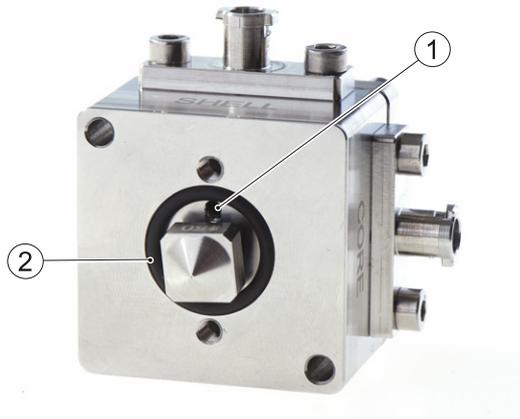
**Abbildung 5-13:** CN-Kugelerzeugungseinheit mit einem Satz von 7 Manteldüsen. Standarddurchmesser der Düsenöffnungen: 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70 und 0,90 mm.



**Abbildung 5-14:** Einzelteile der CN-Kugelerzeugungseinheit

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| ① Schraube M3x6                             | ⑦ O-Ring 3,68x1,78    |
| ② Luer-Lock-Buchse                          | ⑧ CN-Pulsationskörper |
| ③ Vorfilternetz 50 µm Maschenweite, D= 7 mm | ⑨ O-Ring 12,42x1,78   |
| ④ O-Ring 14,0x1,78                          | ⑩ CN-Membranhalterung |
| ⑤ Schraube M3x8                             | ⑪ Membran             |
| ⑥ Schraube M3x25                            | ⑫ Magnet              |

### 5.8.1 Installieren von CN-Düsen



Den O-Ring 12,42×1,78 in die Rille der CN-Kugelerzeugungseinheit einsetzen. Die innere Düse (mit installiertem O-Ring) in die Öffnung der CN-Kugelerzeugungseinheit einsetzen. Es ist kein Gewinde vorhanden. Die innere Düse wird durch die Manteldüse zentriert und fixiert.

- ① Austritt der Mantelflüssigkeit
- ② O-Ring 12,42×1,78

**Abbildung 5-15:** Installieren der inneren Düse



Die Manteldüse vorsichtig über die innere Düse setzen. Die Manteldüse mit zwei Schrauben (M3×6) befestigen. Die Manteldüse zentriert und fixiert die innere Düse.

**Abbildung 5-16:** Installieren der Manteldüse



**Abbildung 5-17:** Installation des konzentrischen Düsensystems

Befestigen Sie die komplette CN-Kugelerzeugungseinheit mit zwei Schrauben (M3×25) an der Trägerplatte. Befestigen Sie den Silikonschlauch für die Kernflüssigkeit an der Einlassöffnung der Kerndüse und den Silikonschlauch für die Mantelflüssigkeit an der Einlassöffnung der Manteldüse. Führen Sie die Silikonschläuche in die Flüssigkeitsregelventile ein. Diese zusammendrücken, damit keine Flüssigkeit durchfließen kann.



**Abbildung 5-18:** Verbindung der Druckflaschen mit dem Luftauslass. Über ein T-Stück werden beide Druckflaschen versorgt.

## 5.9 Abschließende Installationsprüfung

Diese Prüfung muss nach jeder Installation und vor dem ersten Verkapselungsvorgang durchgeführt werden. Alle angeschlossenen Versorgungsmedien (z.B. Netzspannung und Gasdruck) müssen mit den technischen Daten des installierten Systems oder des Systemaufbaus übereinstimmen.

- Alle Glaskomponenten auf Beschädigungen prüfen.
- Alle anderen elektrischen Anschlüsse auf ordnungsgemäße Verbindung prüfen. Hierzu gehören optionale oder externe Komponenten, z.B. Magnetrührer, Vibrationseinheit. usw.

## 6 Betrieb und Bedienung

Dieses Kapitel führt Beispiele für typische Anwendungen des Gerätes auf und gibt Anweisungen, wie das Gerät ordnungsgemäß und sicher zu betreiben ist. Siehe auch die allgemeinen Warnungen in *Abschnitt 2.5 „Produktsicherheit“*.

### 6.1 Inbetriebnahme des Gerätes

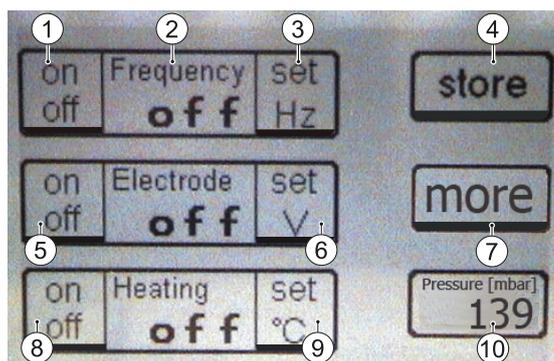
- Vergewissern Sie sich, dass der Encapsulator B-390 ordnungsgemäß an die Hauptstromversorgung angeschlossen ist.
- Führen Sie vor jeder Kugelproduktion eine abschließende Installationsprüfung durch (siehe *Abschnitt 5.9*).
- Schalten Sie den Encapsulator B-390 ein. Das System führt eine interne Prüfung durch.

### 6.2 Bildschirme und Menüfunktionen

Alle Steuerungssysteme für die Produktion der Kugeln sind in die Steuerungseinheit integriert. Vibration, Frequenz, Heizung, Lichtstärke der Stroboskoplampe und elektrostatische Dispersion (Elektrode) werden über den Touchscreen gesteuert. Der Luftdruck wird über das Druckregelventil gesteuert. Der Druck wird auf dem Touchscreen angezeigt.

Die integrierte Stroboskoplampe erlaubt die Steuerung des Zerfalls des Strahls in Echtzeit.

Wenn der Encapsulator eingeschaltet wird, führt der Touchscreen einige Sekunden lang ein Initialisierungsprogramm aus. Danach erscheint auf dem Bildschirm das Startmenü mit vier Unterbereichen (siehe *Abbildung 6-1* bis *6-5*) für Frequenz, Elektrode, Heizung und weitere Optionen für die Frequenz. Außerdem enthält der Bildschirm die Druckanzeige und die Schaltfläche „store“, mit der eingestellte Werte gespeichert werden.

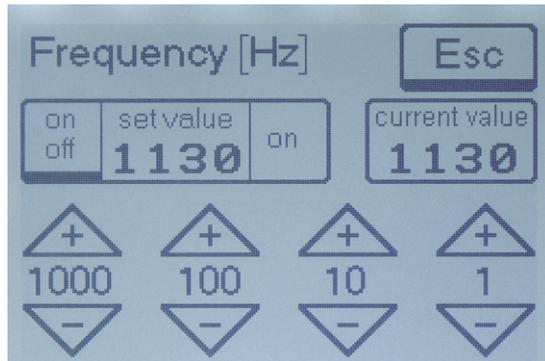


**Bildschirm 6-1:** Startmenü des Encapsulator-Touchscreens

- ① On/Off-Schaltfläche (Ein/Aus) für Frequenzsteuerung.
- ② Anzeige des Steuerungsparameters und Status der Steuerung (Wert oder off (aus)).
- ③ Schaltfläche für das Aufrufen des Bildschirms 6-2 zur Einstellung der Frequenzparameter.
- ④ Schaltfläche für die Speicherung der eingestellten Werte: zweimal innerhalb einer Sekunde drücken. Ein Tonsignal zeigt an, dass die Werte gespeichert wurden.
- ⑤ On/Off-Schaltfläche (Ein/Aus) für Elektrodensteuerung.
- ⑥ Schaltfläche für das Aufrufen des Bildschirms 6-3 zur Einstellung der Elektrodenparameter.
- ⑦ Schaltfläche für das Aufrufen des Bildschirms 6-5 zur Einstellung weiterer Frequenzparameter.
- ⑧ On/Off-Schalter (Ein/Aus) für die Heizungssteuerung.
- ⑨ Schaltfläche für das Aufrufen des Bildschirms 6-4 zur Einstellung der Heizparameter.
- ⑩ Druckanzeige.

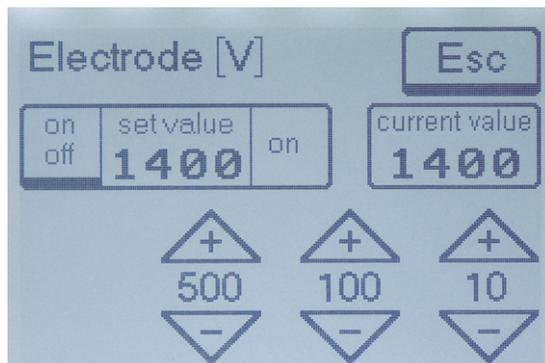
#### HINWEIS

Symbole mit einem schwarzen unteren Balken, z.B.  aktivieren/stoppen einen Prozess oder rufen einen anderen Bildschirm auf.



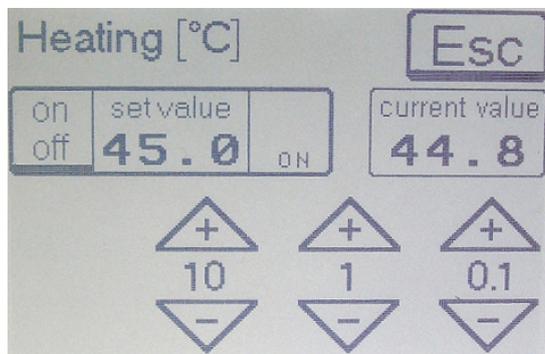
Bildschirm 6-2: Frequenzregulierung

Die Frequenzregulierung generiert in der Vibrationseinheit die geeignete elektrische Schwingung. Durch Drücken der Schaltflächen (+) und (-) wird die Frequenz geändert. Durch Drücken der Schaltfläche „on/off“ (ein/aus) wird die Frequenzfunktion aktiviert bzw. deaktiviert. Durch Drücken von „Esc“ kehren Sie zum Startmenü zurück und der eingestellte Wert wird beibehalten.



Bildschirm 6-3: Elektrostatistische Dispersionseinheit

Die elektrostatistische Dispersionseinheit wird verwendet, um die Oberfläche der Tröpfchen aufzuladen. Die durch die gleichartige Oberflächenladung bedingten Abstoßungskräfte verhindern, dass die Tröpfchen während des Herabfallens in die Aushärtungslösung kollidieren. Die angelegte Spannung liegt oft in einem Bereich von 500 bis 2000 V. Diese hängt vor allem von der Tröpfchengröße und der Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstroms ab. Auf diese Weise kann der Encapsulator B-390 routinemäßig Kugelchargen mit einer Homogenität von über 95 % erzeugen. Durch Drücken der Schaltflächen (+) und (-) wird der elektrostatistische Dispersionsparameter geändert. Das System benötigt etwas Zeit, um den eingestellten Wert zu erreichen. Durch Drücken von „Esc“ kehren Sie zum Startmenü zurück und der eingestellte Wert wird beibehalten.



Bildschirm 6-4: Heizungsregulierung

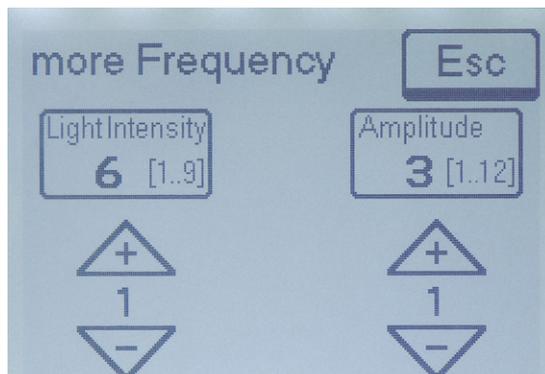
Durch Drücken der Schaltflächen (+) und (-) wird der Heizparameter geändert. Das System benötigt mehrere Minuten, um den eingestellten Wert zu erreichen. Durch Drücken der Schaltfläche „on/off“ (ein/aus) wird die Heizfunktion aktiviert bzw. deaktiviert. Durch Drücken von „Esc“ kehren Sie zum Startmenü zurück und der eingestellte Wert wird beibehalten.

### Hinweis

Die angezeigte Temperatur ist die Temperatur in der Nähe der Heizung. Die Temperatur der Kugelherzeugungseinheit und der Düse ist um einige Grade niedriger.

Beim Aktivieren der Heizung wird ein internes Programm gestartet, welches diese Temperaturdifferenz weitgehend ausgleicht. Die eigentliche Aufheizung kann sich daher um bis zu 2 Minuten verzögern.

	<p><b>! Vorsicht</b></p>
<p>Heiße Oberfläche während die Heizung eingeschaltet ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Heizblock und die Trägerplatte bei eingeschalteter Heizung nicht berühren. Die Oberfläche beider Komponenten wird während des Heizvorgangs heiß!</li> <li>• Nach dem Abschalten der Heizung beide Komponenten abkühlen lassen, bevor Sie diese berühren.</li> </ul>	

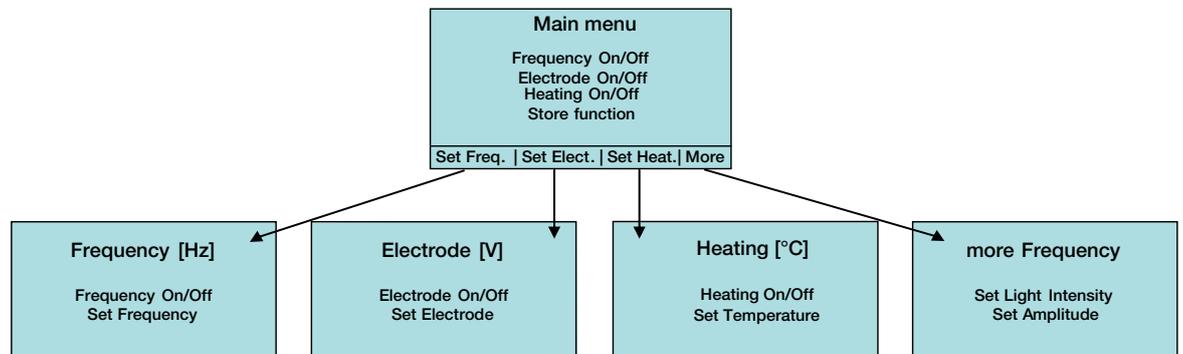


Die Lichtstärke (Light intensity) der Stroboskoplampe und die Amplitude (= Intensität) der Vibration kann von 1 bis 9 eingestellt werden. Über einer Frequenz von 1500 Hz kann die Amplitude von 1 bis 12 eingestellt werden. Durch die Erhöhung der Amplitude wird die Vibration stärker. Werte über 3 werden hauptsächlich für Lösungen mit Viskositäten > 100 mPa s verwendet. Durch Drücken der Schaltflächen (+) und (-) werden die Parameter sofort geändert. Durch Drücken der Schaltfläche „Esc“ kehren Sie zum Startmenü zurück und der eingestellte Wert wird beibehalten.

**Bildschirm 6-5:** Weitere Optionen für Amplitude der Vibration und für die Lichtstärke (Light Intensity) der Stroboskoplampe.

### 6.3 Menüstruktur der Steuerungseinheit

Die Abbildung unten gibt einen schematischen Überblick über alle Menüs des Encapsulator B-390 mit der jeweils verfügbaren Funktionalität.



**Abbildung 6-1:** Menüstruktur der Steuerungseinheit

## 6.4 Manuelle Steuerung des Luftdrucks

In der Steuerungseinheit wird der Luftdruck von Hand über ein Druckregelventil geregelt, das in die Frontabdeckung der Steuerungseinheit integriert ist (siehe *Abbildung 6-2*). Stellen Sie den Luftdruck auf einen Wert ein, der um 0,2 bis 0,3 bar über dem Maximalluftdruck liegt, der für den Verkapselungsprozess benötigt wird – jedoch nicht höher als 1 bar. Wird der Knopf des Druckregelventils im Uhrzeigersinn gedreht, erhöht sich der Druck. Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn vermindert den Druck. Der Knopf des Druckregelventils verfügt über zwei Stellungen. Wenn er hineingedrückt wird, ist er gesperrt.

Wenn er herausgezogen wird, ist er entsperrt. Beim Drehen des Knopfes entgegen dem Uhrzeigersinn wird der Druck über ein selbst entlüftendes System im Ventil reduziert. Der Druck wird auf dem Touchscreen angezeigt (siehe *Bildschirm 6-1*).

### Hinweis

- *Der Druck der Luft oder des Stickstoffs, der auf der Rückseite der Steuerungseinheit des Encapsulators zugeführt wird, muss unter 7 bar (100 psi) liegen. Der empfohlene Bereich liegt zwischen 1,5 und 2 bar (20 bis 30 psi).*
- *Beachten Sie, dass das Druckregulierungssystem relativ langsam reagiert, da die Bewegung der Luft durch das Quetschventil (in beiden Richtungen) mit Verzögerung erfolgt.*
- *Die Gasversorgungsleitung sollte nicht geöffnet sein, wenn der Encapsulator nicht verwendet wird. Das selbst entlüftende System des Ventils würde den Gasbehälter entleeren.*
- *Der Maximaldruck am Luftauslass beträgt 1,5 bar (20 psi). Dieser Wert wird durch ein integriertes Überdruck-Sicherheitsventil kontrolliert, welches sich bei 1,5 bar öffnet. Der Arbeitsbereich liegt jedoch bei 0 bis 1 bar.*



**Abbildung 6-2:** Luftdruckreguliersystem für manuelle Luftdrucksteuerung – durch Drehen des Druckregelventils im Uhrzeigersinn wird der Druck **erhöht**.

## 6.5 Üben mit dem Encapsulator unter Verwendung von Wasser

Bevor Sie mit Verkapselungspolymeren arbeiten, sollten Sie am Encapsulator mit Wasser üben, um sich mit den Steuerungsvorgängen vertraut zu machen.

1. Setzen Sie die Kugelerzeugungseinheit zusammen, schrauben Sie die 0,30 mm Einzeldüse an die Kugelerzeugungseinheit und befestigen Sie diese mit der Schraube (M3×25) auf der Trägerplatte. Bringen Sie die Elektrode an. Setzen Sie die Vibrationseinheit auf die Kugelerzeugungseinheit.
2. Füllen Sie die Druckflasche mit 200 bis 300 ml destilliertem Wasser und schrauben sie den zusammengebauten Deckel auf. Führen Sie den Silikonschlauch (4×7 mm) zwischen den Blättern des Regelventil für Flüssigkeiten hindurch und befestigen Sie den Luer-Lock-Verbindungsstecker des Silikonschlauchs in der Luer-Lock-Verbindungsbuchse der Kugelerzeugungseinheit. Drücken Sie das Ventil zusammen, indem Sie den Drehknopf im Uhrzeigersinn drehen, so dass der Silikonschlauch dadurch geschlossen wird.
3. Öffnen Sie die externe Druckluftversorgung. Der optimale Lufteinlassdruck liegt bei 1,5 bis 2 bar (20 bis 30 psi). Das System toleriert jedoch Lufteinlassdrücke von bis zu 7 bar (100 psi).
4. Stellen Sie den Luftauslassdruck mit dem Druckregelventil auf 0,2 bar ein. Überprüfen Sie den angezeigten Wert regelmäßig um sicherzustellen, dass der Luftdruck immer noch dem eingestellten Wert entspricht. Aktivieren Sie das Vibrationssteuerungssystem und stellen Sie die Frequenz auf 800 Hz ein.
5. Öffnen Sie das Regelventil für Flüssigkeiten (durch Drehen des Drehknopfes entgegen dem Uhrzeigersinn) bis das Wasser durch den Silikonschlauch und die Kugelerzeugungseinheit zur Düse fließt, und dort ein kontinuierlicher Flüssigkeitsstrahl austritt. Stellen Sie den Flüssigkeitsstrom und/oder die Frequenz so ein, dass im Licht der Stroboskoplampe eine gute Tropfenkette zu sehen ist. Die gewünschten Bedingungen sind erreicht, wenn die Tropfen innerhalb der Kette ab 3 bis 5 mm unterhalb der Düse über eine Länge von mehreren Zentimetern klar getrennt sind. Notieren Sie die Stellung des Regelventil für Flüssigkeiten für diese Einstellung.
6. Erhöhen Sie die Vibrationsfrequenz bis die Tropfenkette instabil wird. Erhöhen Sie danach langsam den Luftdruck und damit die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit bis wieder eine einheitliche Tropfenkette erreicht wird. Wiederholen Sie den Vorgang in entgegengesetzter Richtung, indem Sie Fließgeschwindigkeit reduzieren und dies durch Verringerung der Vibrationsfrequenz ausgleichen. Dies können Sie durchführen, bis Sie mit der wechselseitigen Beeinflussung dieser beiden Einstellungsmöglichkeiten vertraut sind. Notieren Sie die Werte in Tabelle 6-1.

### **HINWEIS**

- Die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit und die Vibrationsfrequenz beeinflussen sich innerhalb eines gegebenen Arbeitsbereichs gegenseitig. Der Arbeitsbereich selbst ist hauptsächlich vom Durchmesser der Düse und von der Viskosität des Polymergemischs abhängig.
- Eine Luftdruckeinstellung zwischen 0,05 bis 0,15 bar ist für das Pumpen von destilliertem Wasser ausreichend. **Größere Arbeitsdrücke weisen auf Probleme wie z.B. eine verstopfte Düse hin.**

### **Allgemeine Regeln:**

- **Höhere Frequenzen erzeugen kleinere Kugelgrößen.**
- **Geringere Fließraten der Flüssigkeit erzeugen kleinere Kugelgrößen.**



7. Stellen Sie die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit und die Vibrationsfrequenz auf einen Wert ein, bei dem eine klare Tropfenkette erzeugt wird. Aktivieren Sie die elektrostatische Dispersions-einheit mit 300 V und erhöhen Sie die Spannung schrittweise um 100 V bis der eindimensionale Flüssigkeitsstrahl in einen trichterartigen, mehrstrahligen Strom übergeht. Je höher die elektrostatische Ladung, umso früher trennt sich die Perlenkette auf. Dies verhindert, dass die Perlen beim Herabfallen und beim Eintritt in die Aushärtungslösung miteinander kollidieren. Daher kann der Encapsulator routinemäßig Perlenchargen mit einer Homogenität von über 95 % erzeugen. Wenn keine Reaktion erfolgt, sollten Sie überprüfen, ob die Elektrode an die Steuerungseinheit angeschlossen ist.
8. Ändern Sie die Vibrationsfrequenz und die Fließrate und beobachten Sie deren Einfluss auf die elektrostatische Spannung, die für das Generieren der Aufspaltung des Strahls erforderlich ist. Die Verwendung der elektrostatischen Spannung erweitert den Arbeitsbereich.  
Es kann vorkommen, dass die Tropfen nach einiger Zeit nicht mehr in das Becherglas fallen oder wieder aus ihm herausspringen. Dies geschieht, weil sich die elektrostatischen Ladungen in dem elektrisch isolierten Becherglas akkumuliert haben. Um dieses Phänomen zu vermeiden, müssen Sie die mitgelieferte Edelstahlklemme des Erdungskabels auf dem Rand des Becherglases so anbringen, dass sie bis in die Auffangflüssigkeit reicht, und das grün-gelbe Kabel an die Erdungsbuchse in der Frontabdeckung der Steuerungseinheit anschließen. (Siehe *Abbildung 6-3*).



**Abbildung 6-3:** Erdung des offenen Polymerisationsbades

**Allgemeine Regel:**

**Je größer die Tropfen, umso höher die für die Aufspaltung des Strahls erforderliche elektrostatische Spannung.**

9. Ändern sie die Amplitude der Vibration. Sie werden nur geringe Veränderungen der Tropfenkette beobachten. Sehr oft sind Werte zwischen 1 und 3 optimal für Lösungen mit geringer Viskosität. Wenn Immobilisierungsgemische mit höherer Viskosität (> 150 mPa s) verwendet werden, erzielen Werte über 3 möglicherweise bessere Ergebnisse.
10. Wiederholen Sie diesen Prozess mit einer anderen Düsengröße.

**Allgemeine Regel:**

- **Kleinere Düsen erzeugen kleinere Kugelgrößen.**
- **Der endgültige Kugeldurchmesser beträgt etwa das Doppelte des Düsendurchmessers.**

## 6.6 Üben mit dem Encapsulator unter Verwendung von Alginatlösung

Nachdem Sie sich mit den Steuerungsfunktionen der Tropfenbildung vertraut gemacht haben, können Sie nun Testläufe mit nicht-sterilen Alginatlösungen durchführen. Natriumalginat ist das am häufigsten verwendete Polymer. Es werden jedoch auch andere Polymere mit anderen Eigenschaften verwendet. Wir empfehlen das niederviskose Alginat. Die Alginkonzentration hat einen starken Einfluss auf die Viskosität und dies beeinflusst wiederum den Druckabfall in der Düse. Daher ist die maximale Konzentration der Alginatlösung eine Funktion des Durchmessers der Düse (siehe folgende Tabelle).

**Tabelle 6-2: Empfohlene Alginkonzentration (bezogen auf Trockengewicht) für verschiedene Düsendurchmesser**

Düsendurchmesser	Konzentration von niederviskosem Alginat	
	Arbeitsbereich	Empfohlene Konzentration
80 bis 120 µm	0,75 bis 1,4 %	1,1 bis 1,2 %
120 bis 200 µm	1,0 bis 1,6 %	1,3 bis 1,4 %
200 bis 300 µm	1,2 bis 1,8 %	1,5 bis 1,6 %
300 bis 500 µm	1,5 bis 2,5 %	1,8 bis 2,0 %

**HINWEIS**

Unter normalen Lagerungsbedingungen enthält das Alginatpulver 10 – 12 % Wasser. Wir geben daher die Alginkonzentration auf Basis des Trockengewichts an.

### 6.6.1 Herstellen einer 1,5 % Na-Alginatlösung

1. Nehmen Sie ein 400 ml-Becherglas und wiegen Sie 3,3 g niederviskoses Na-Alginatpulver ein.
2. Geben Sie 200 ml deionisiertes Wasser hinzu und mischen Sie mit einem Labormixer 1 bis 2 Minuten kräftig.
3. Alginat neigt zu Klumpenbildung. Entfernen Sie die Alginklumpen mit einem Spatel vom Becherglas und den Flügeln des Mixer, und mischen Sie erneut 1 bis 2 Minuten. Wenn sich weiterhin Klumpen in der Flüssigkeit befinden, den Mischvorgang wiederholen.
4. Lassen Sie dann die Mischung stehen, um die eingeschlossenen Luftblasen aus der Flüssigkeit entweichen zu lassen.
5. Entgasen Sie die Mischung bei Bedarf durch Unterdruck oder in einem Ultraschallbad.
6. Das Auflösen von Alginat mit einem Magnetrührer nimmt sehr viel mehr Zeit in Anspruch und sollte deshalb über Nacht erfolgen.

**HINWEIS**

*Alginatlösungen begünstigen das Wachstum von Mikroorganismen, sie sind in einem Kühlschrank über ca. 2 Wochen stabil. Ein Hinweis auf mikrobielle Kontamination ist eine Verringerung der Viskosität der Mischung. Alginatlösungen können wesentlich länger gelagert werden – sogar bei Zimmertemperatur – wenn Sie sterilisiert oder wenn Konservierungsmittel zugesetzt werden, z.B. 0,05 %  $\text{NaN}_3$ .*

**6.6.2 Arbeiten mit Alginatlösung**

1. Bringen Sie eine 200  $\mu\text{m}$ - oder 300  $\mu\text{m}$ -Düse an der zusammengebauten Kugelerzeugungseinheit an. Befestigen Sie diese an der Trägerplatte. Vergewissern Sie sich, dass die Elektrode angebracht ist. Setzen Sie die Vibrationseinheit auf die Kugelerzeugungseinheit. Stellen Sie einen Magnetrührer unterhalb der Düse auf, und setzen Sie ein großes Becherglas auf den Rührer. Geben Sie 100 mM  $\text{CaCl}_2$  in das Becherglas, so dass dieses mindestens 2 cm hoch mit der Polymerisationsflüssigkeit gefüllt ist. Geben Sie das Magnetrührstäbchen in das Becherglas und stellen Sie den Rührer so ein, dass ein leichter Wirbel zu sehen ist. Bringen Sie außerdem die geerdete Klemme am Rand des Becherglases so an, dass sie in die Flüssigkeit eintaucht. Decken Sie jetzt das Becherglas z.B. mit einer Petrischale ab, oder stellen Sie das Glas und den Rührer zur Seite und platzieren Sie an deren Stelle ein leeres Becherglas (mit der Erdungsklemme) unter die Düse.
2. Füllen Sie die Druckflasche mit der oben beschriebenen 1,5 % Alginat-Lösung und schrauben Sie den zusammengebauten Deckel auf. Führen Sie den Silikonschlauch (4x7 mm) zwischen den Blättern des Regelventil für Flüssigkeit hindurch und befestigen Sie den Luer-Lock-Verbindungsstecker des Silikonschlauchs in der Luer-Lock-Verbindungsbuchse der Kugelerzeugungseinheit. Drücken Sie das Ventil zusammen, indem Sie den Drehknopf im Uhrzeigersinn drehen, so dass der Silikonschlauch dadurch geschlossen wird.
3. Öffnen Sie die externe Druckluftversorgung. Der optimale Lufteinlassdruck liegt bei 1,5 bis 2 bar (20 bis 30 psi). Das System toleriert jedoch Lufteinlassdrücke von bis zu 7 bar (100 psi).
4. Stellen Sie den Luftdruck am Druckreguliersystem auf 0,4 bar ein. Überprüfen Sie den angezeigten Wert regelmäßig um sicherzustellen, dass der Luftdruck immer noch dem eingestellten Wert entspricht. Aktivieren Sie das Vibrationssteuerungssystem und stellen Sie die Vibrationsfrequenz auf 1100 Hz für die 200  $\mu\text{m}$ -Düse bzw. auf 800 Hz für die 300  $\mu\text{m}$ -Düse ein.
5. Öffnen Sie das Flüssigkeitsregelventil (durch Drehen des Drehknopfes entgegen dem Uhrzeigersinn) bis die Flüssigkeit durch den Silikonschlauch und die Kugelerzeugungseinheit zur Düse fließt und dort ein kontinuierlicher Flüssigkeitsstrahl austritt. Stellen Sie den Flüssigkeitsstrom und/oder die Frequenz so ein, dass im Licht der Stroboskoplampe eine gute Tropfenkette zu sehen ist. Die gewünschten Bedingungen sind erreicht, wenn die Tropfen innerhalb der Kette ab 3 bis 5 mm unterhalb der Düse über eine Länge von mehreren Zentimetern klar getrennt sind. Notieren Sie die Stellung des Flüssigkeitsregelventils für diese Einstellung.
6. Erhöhen Sie die Vibrationsfrequenz bis die Tropfenkette instabil wird. Erhöhen Sie danach langsam den Luftdruck oder öffnen Sie langsam das Flüssigkeitsregelventils und damit die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit, bis wieder eine einheitliche Tropfenkette erreicht wird. Wiederholen Sie den Vorgang in entgegengesetzter Richtung, indem Sie die Fließgeschwindigkeit reduzieren und dies durch Verringerung der Vibrationsfrequenz ausgleichen. Dies können Sie durchführen, bis Sie mit der wechselseitigen Beeinflussung dieser beiden Einstellungsmöglichkeiten vertraut sind.

**HINWEIS**

Eine Luftdruckeinstellung zwischen 0,1 und 0,8 bar ist für das Pumpen des Polymergemisches normalerweise ausreichend. Arbeitsdrücke über 1,0 bar sollten vermieden werden. Sie sind ein Hinweis auf Probleme wie z.B.:

- Verstopfte Düse,
  - Zu hohe Viskosität des Polymergemisches,
  - Ein für die verwendete Polymermischung zu kleiner Düsendurchmesser.
7. Aktivieren Sie die elektrostatische Dispersionseinheit mit 500 V. Erhöhen Sie die Spannung schrittweise um 100 V bis Sie 3 bis 10 cm unterhalb der Elektrode eine kreisförmige Streuung der Tropfenkette erhalten. Ein Abstand von ca. 5 cm unterhalb der Elektrode ist optimal.

**HINWEIS**

Je stärker die kreisförmige Streuung der Tropfenkette, umso homogener werden die Kugeln. Diese ist nicht nur von der elektrostatischen Spannung, sondern auch von der Fließrate der Flüssigkeit und von der Vibrationsfrequenz abhängig. Im Idealfall sollte sich der Tropfen innerhalb des elektrostatischen Feldes, welches sich zwischen der Düse und dem Elektrodenende befindet, abtrennen.

8. Sobald ein symmetrisches und stabiles Streumuster erreicht ist, die Abdeckung von dem Becherglas entfernen, welches die Polymerisationslösung enthält, oder das Becherglas mit Wasser durch das Becherglas mit der Polymerisationslösung (mit Erdungsklemme) ersetzen. Schieben Sie einen Magnetrührer unter das Becherglas und sammeln Sie die Tropfen ca. 1 Minute lang. Notieren Sie die Prozessparameter in *Tabelle 6-3*, während sich die Perlen ansammeln. Decken Sie das Becherglas ab oder tauschen Sie es aus. Dann stoppen Sie die Kugelerzeugung, indem Sie die elektrostatische Spannung, die Vibration und den Flüssigkeitsstrom abschalten.

**HINWEIS**

Reinigen Sie die Düse nach jedem Produktionslauf gründlich mit destilliertem Wasser, um das Verstopfen oder ein teilweises Verschließen der Düse durch eingetrocknetes Polymergemisch zu vermeiden.

9. Prüfen Sie die Kugeln unter einem Mikroskop mit einem Mikrometerokular und notieren Sie die Beobachtungen bezüglich Durchmesser, Einheitlichkeit und Form in *Tabelle 6-3*.
10. Wiederholen Sie diesen Vorgang bei jeder Änderung der Prozessparameter.

**Tabelle 6-3: Encapsulator-Arbeitsblatt Versuchslauf (Druckflasche)**

Düsengröße [ $\mu\text{m}$ ]					
Alginate-Konz. [%]					
Stellung des Flüssigkeitsregelventils					
Vibrationsfrequenz [Hz]					
Amplitude					
Kugelgröße ca. [ $\mu\text{m}$ ]					
Homogenität [%]					
Bemerkungen					

**HINWEIS**

*Bei der Erzeugung kleiner Kugeln mit einem Durchmesser  $< 500 \mu\text{m}$  kann es vorkommen, dass die Form nicht kugelförmig sondern eher oval ist. Dies ist im Wesentlichen eine Folge der Oberflächenspannung der Polymerisationslösung. Ein kritischer Punkt für die Kugel ist das Eintauchen in die Polymerisationslösung. Wenn die Oberflächenspannung hoch ist, wird die Perle an der Oberfläche teilweise zurückgehalten und die Polymerisation beginnt, bevor die Kugel wieder ihre runde Form annehmen kann. Dieses Problem kann gelöst werden, indem dem Polymerisationsgemisch eine kleinen Menge eines Tensids – wie z.B. Tween 20 – zugegeben wird.*

11. Vergleichen Sie den Einfluss der elektrostatischen Spannung, indem Sie Kugeln bei identischer Vibrationsfrequenz und Pumprate mit und ohne Aktivierung der elektrostatischen Spannung erzeugen.

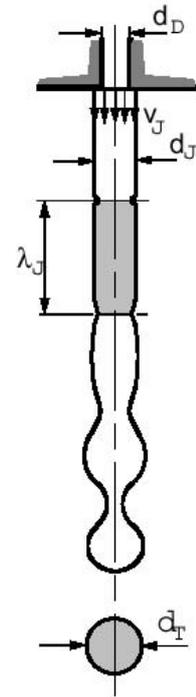
## 6.7 Theorie

Gleich. 1: 
$$f = \frac{v}{\lambda} [\text{Hz}]$$

Wenn ein laminarer Strahl mit der Frequenz  $f$  mechanisch gestört wird, bilden sich Tropfen gleicher Größe<sup>1</sup>. Die optimale Wellenlänge  $\lambda_{\text{opt}}$  für das Aufbrechen ergibt sich nach Weber<sup>2</sup> durch folgende Gleichung:

Gleich. 2: 
$$\lambda_{\text{opt}} = \pi \sqrt{2} D \cdot \sqrt{1 + \frac{3\eta}{\sqrt{\rho\sigma D}}} [m]$$

wobei:  $D$  = Durchmesser der Düse  
 $\eta$  = dynamische Viskosität [Pa s]  
 $\rho$  = Dichte [kg/m<sup>3</sup>]  
 (ca. 1000 kg/m<sup>3</sup> für Alginatlösungen)  
 $\sigma$  = Oberflächenspannung [N/m]  
 (ca.  $55 \times 10^{-3}$  N/m für Alginatlösungen)



$\lambda_{\text{opt}}$  ist die optimale Wellenlänge, um die beste Kugelbildung für den gegebenen Düsendurchmesser und für die gegebene Viskosität der Verkapselungsmischung zu erhalten. Es ist möglich,  $\lambda_{\text{opt}}$  um 30 % zu ändern und immer noch eine gute Perlenbildung zu erzielen.

Der Durchmesser einer Kugel =  $d$  [m] kann mit Hilfe der Fließrate =  $V'$  [m<sup>3</sup>/s] und der Pulsationsfrequenz  $f$  wie folgt berechnet werden:

Gleich. 3: 
$$d = \sqrt[3]{\frac{6V'}{\pi f}} [m]$$

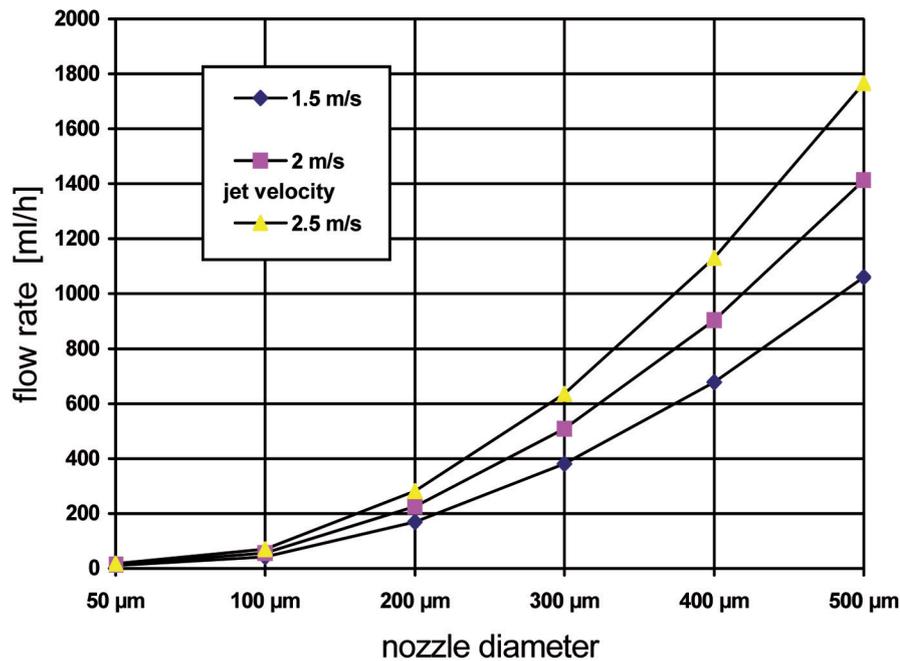
Die Geschwindigkeit des Strahls =  $v$  [m/s] und der Düsendurchmesser =  $D$  [m] korrelieren mit der Fließrate ( $V'$ ) wie folgt:

Gleich. 4: 
$$V' = \frac{\pi v D^2}{4} [m^3/s]$$

Abbildung 6-4 zeigt die mit Gleichung 4 berechnete Abhängigkeit der Fließrate von der Geschwindigkeit des Strahls und dem dem Düsendurchmesser. Da die Flüssigkeit laminar fließen muss, liegt der Arbeitsbereich der Strahlgeschwindigkeit normalerweise zwischen 1,5 und 2,5 m/s – abhängig von der Viskosität der Flüssigkeit und dem Düsendurchmesser.

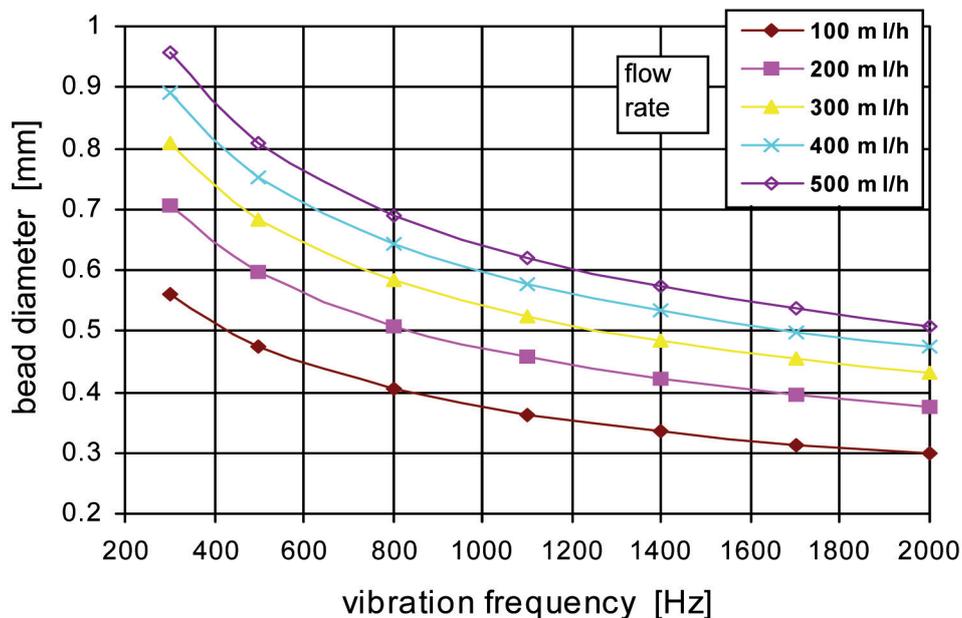
<sup>1</sup>Lord Rayleigh 1878. Proc. London Math. Soc. 10:4.

<sup>2</sup>Weber C. 1936. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. 11:136.



**Abbildung 6-4:** Nach Gleichung 4 berechneter Einfluss der Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstrahls und des Düsendurchmessers auf die Fließrate.

Abbildung 6-5 zeigt für fünf verschiedene Fließraten die mit Gleichung 4 berechnete Korrelation zwischen der Vibrationsfrequenz und dem Kugeldurchmesser. Geringere Fließraten, die geringeren Pumpraten entsprechen, erzeugen kleinere Kugeln. Höhere Vibrationsfrequenzen erzeugen ebenfalls kleinere Kugeln.



**Abbildung 6-5:** Nach Gleichung 4 berechneter Einfluss der Vibrationsfrequenz und der Fließrate auf den Kugeldurchmesser.

**Tabelle 6-4: Mit Alginatlösung bestimmte optimale Arbeitsbedingungen für den Encapsulator**

Düsendurchmesser [µm]	Fließrate * [ml/min]	Frequenzintervall **	Amplitude	Luftdruck [bar]
1,0 mm	30 bis 40	40 bis 220 Hz	2 bis 6	0,3 bis 0,6
750 µm	19 bis 25	40 bis 300 Hz	2 bis 5	0,3 bis 0,5
450 µm	9 bis 14	150 bis 450 Hz	2 bis 5	0,3 bis 0,5
300 µm	5,5 bis 7	400 bis 800 Hz	1 bis 3	0,3 bis 0,5
200 µm	3,5 bis 4,5	600 bis 1200 Hz	1 bis 3	0,4 bis 0,6
150 µm	2,3 bis 2,8	800 bis 1800 Hz	1 bis 3	0,4 bis 0,6
120 µm	1,5 bis 1,8	1000 bis 2500 Hz	1 bis 4	0,5 bis 0,7
80 µm	1,1 bis 1,3	1300 bis 3000 Hz	1 bis 4	0,5 bis 0,7

\* Getestet mit niederviskoser 2 % Alginat-Lösung bei der 750 µm- und 1,0 mm-Düse, mit 1,5 % Alginat-Lösung bei den 150 bis 500 µm-Düsen und mit 1,2 % Alginat-Lösung bei der 80- und 120 µm-Düse.

\*\*Obere Werte unter Verwendung von Hochspannung.

### **HINWEIS**

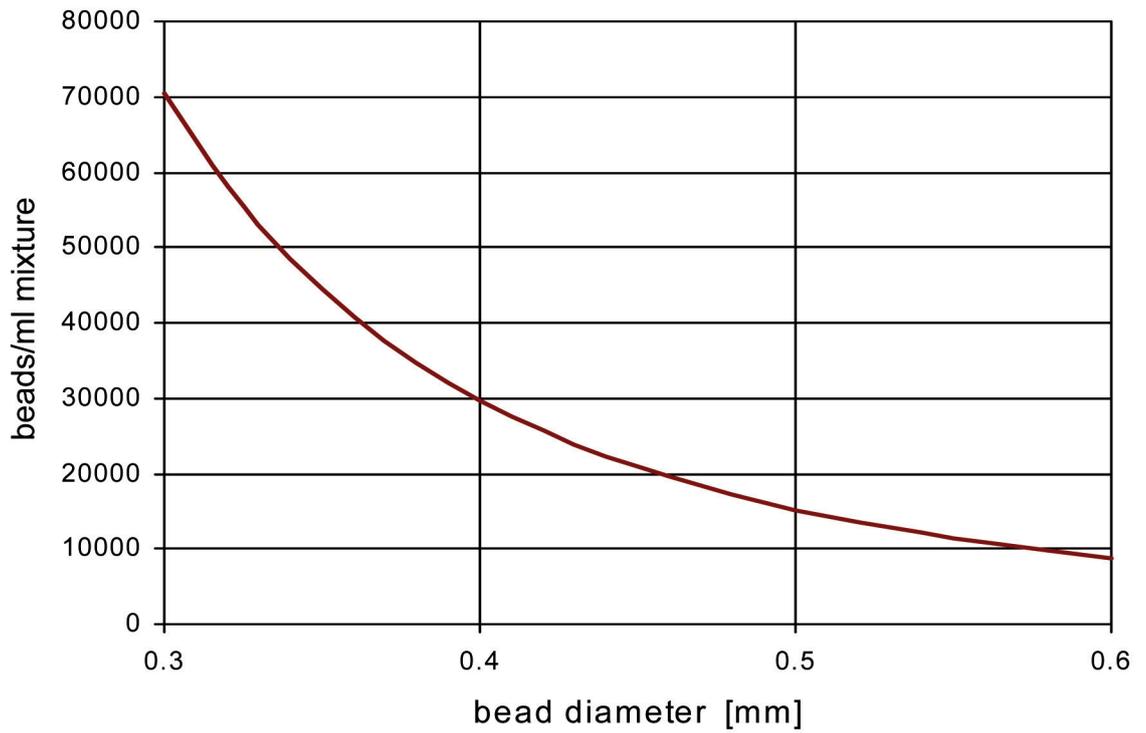
Für Lösungen mit einer anderen Viskosität als die der getesteten Lösungen gilt:

- je höher die Viskosität, umso höher die Mindestgeschwindigkeit des Strahls
- je höher die Viskosität, umso höher die Arbeitsfließrate
- je höher die Viskosität, umso niedriger die optimale Frequenz
- je höher die Viskosität, umso größer die Kugeln

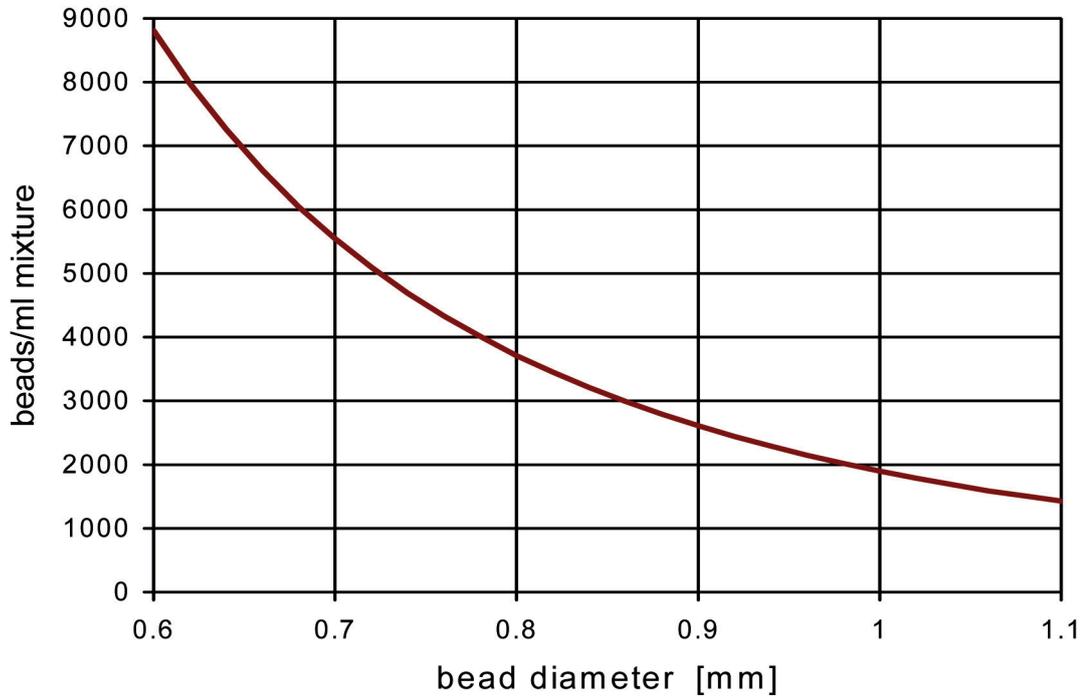
#### **6.7.1 Kugelproduktivität und Zelldichte**

In den *Abbildungen 6-6* und *6-7* sind die Perlenmengen dargestellt, die aus 1 ml Flüssigkeit gebildet werden. Bei einem Durchmesser von 0,4 mm werden etwa 30.000 Kugeln gebildet, jedoch nur 2000 Kugeln bei einem Durchmesser von 1 mm.

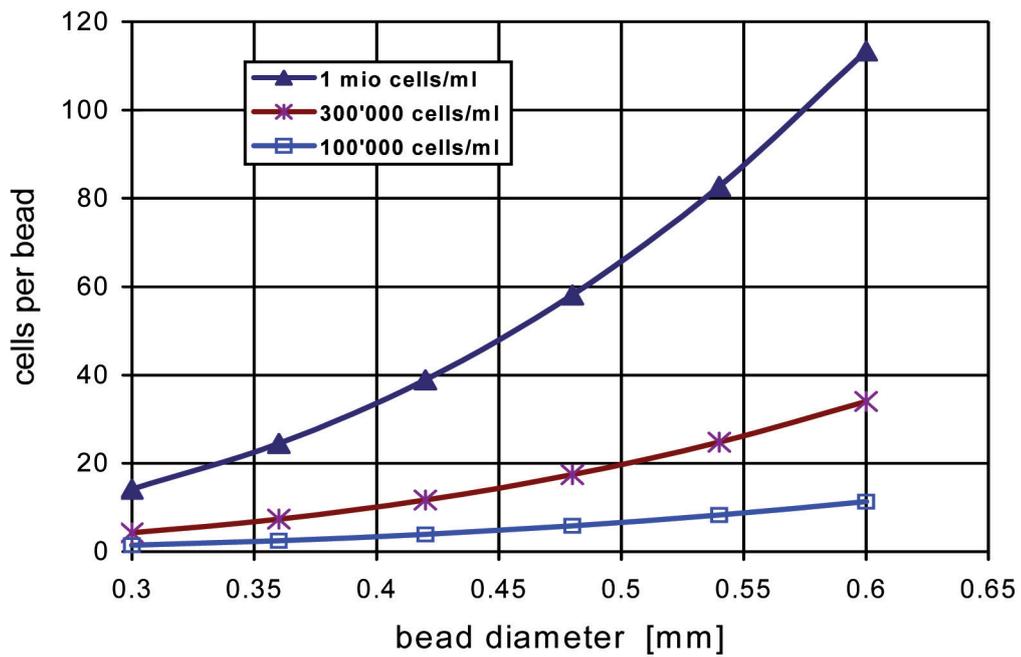
In den *Abbildungen 6-8* und *6-9* ist die Anzahl von Zellen aufgeführt, die bei einer bestimmten Zelldichte und einem vorgegebenen Kugeldurchmesser in einer Kugel eingekapselt werden. Diese *Abbildungen* können Ihnen helfen, für das Immobilisierungsgemisch die geeignete Zelldichte zu wählen. Wenn das Immobilisierungsgemisch beispielsweise  $1 \times 10^6$  Zellen pro ml enthält, befinden sich in jeder 0,4 mm-Kugel durchschnittlich ca. 33 Zellen, in jeder 1 mm-Kugel sind jedoch 520 Zellen enthalten.



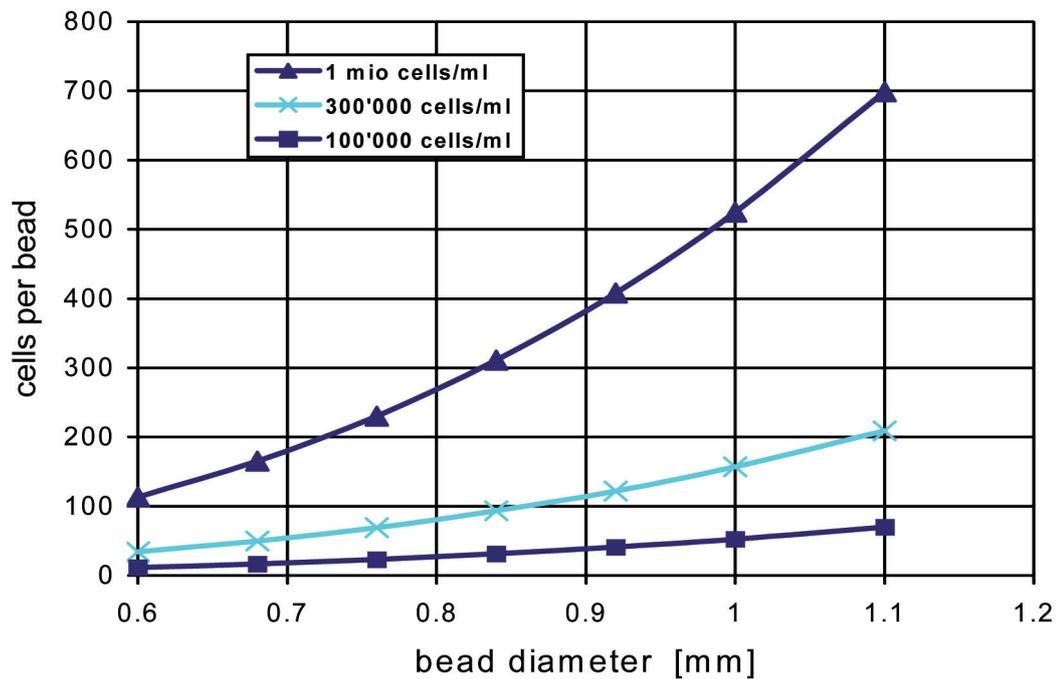
**Abbildung 6-6:** Anzahl Kugeln mit einem Durchmesser von 0,3 bis 0,6 mm, die aus 1 ml Immobilisierungsgemisch erzeugt werden.



**Abbildung 6-7:** Anzahl Kugeln mit einem Durchmesser von 0,6 bis 1,1 mm, die aus 1 ml Immobilisierungsgemisch erzeugt werden.



**Abbildung 6-8:** Anzahl von Zellen pro Kugel für Kugeldurchmesser von 0,3 bis 0,6 mm und verschiedene Zellkonzentrationen.



**Abbildung 6-9:** Anzahl von Zellen pro Kugel für Kugeldurchmesser von 0,6 bis 1,1 mm und verschiedene Zellkonzentrationen.

## 7 Wartung und Reparaturen

Dieses Kapitel enthält Anleitungen für Wartungstätigkeiten, die durchgeführt werden müssen, um den ordnungsgemäßen und sicheren Arbeitszustand des Gerätes zu gewährleisten. Alle Wartungs- und Reparaturarbeiten, bei denen das Gerätegehäuse geöffnet oder entfernt werden muss, sind von entsprechend geschultem Personal und nur mit für diesen Zweck vorgesehenem Werkzeug durchzuführen.

### **Hinweis**

*Verwenden Sie für Wartung und Reparatur nur Original-Verbrauchsteile und Original-Ersatzteile, um Garantieabdeckung und optimalen Systembetrieb sicherzustellen. Der Encapsulator B-390 und zugehörige Teile dürfen nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung durch den Hersteller modifiziert werden.*

### 7.1 Kundendienst

Das Gerät darf nur von autorisiertem Servicepersonal repariert werden. Voraussetzung für eine solche Autorisierung ist eine umfassende technische Schulung und Kenntnis der potenziellen Gefahren, die beim Arbeiten mit dem Gerät auftreten können. Diese Schulung und Kenntnisse können nur von BÜCHI bereitgestellt bzw. vermittelt werden.

Adressen der offiziellen BÜCHI Kundendienstbüros finden Sie auf der BÜCHI-Website unter: [www.buchi.com](http://www.buchi.com). Wenn an Ihrem Gerät Störungen auftreten oder wenn Sie Fragen zur Technik oder zu Anwendungen haben, wenden Sie sich bitte an eines dieser Büros.

Der Kundendienst bietet folgende Leistungen an:

- Ersatzteillieferung
- Reparaturen
- Technische Beratung

### 7.2 Gehäusezustand

Prüfen Sie das Gehäuse regelmäßig auf sichtbare Schäden (Schalter, Buchsen, Risse) und reinigen Sie es mit einem feuchten Tuch.

Die Steuerungseinheit des Encapsulators sollte wie jede andere elektrische Ausrüstung behandelt werden. Die Frontabdeckung ist mit einer Polyamidschicht überzogen, so dass diese mit einer milden Reinigungsmittellösung oder Alkohol gereinigt werden kann.

### 7.3 Zustand der Dichtungen

Es wird empfohlen, die Abdichtung regelmäßig auf ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen. Dichtungen, O-Ringe und Silikonschläuche müssen in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden (etwa einmal pro Jahr). Alle Teile vor der Verwendung prüfen und bei Bedarf ersetzen.

## 7.4 Reinigen

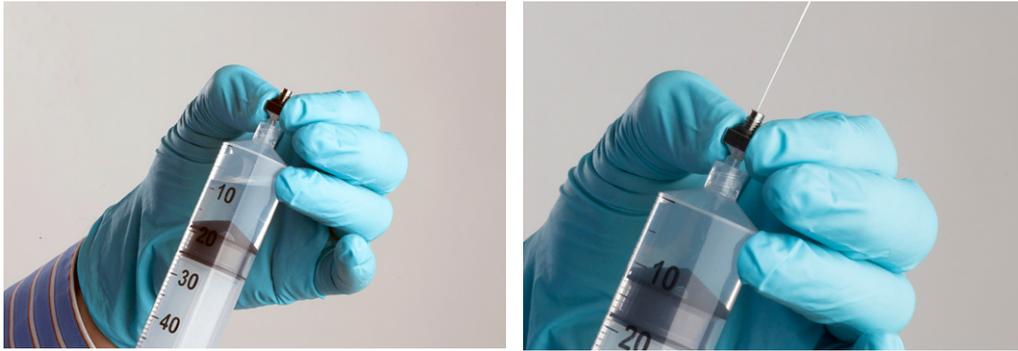
   	<b>! Warnung</b>
	Druckzunahme im Einlasssystem wegen verstopfter Düsen.
	Bersten des Einlasssystems.
	Tödliche oder schwere Vergiftung durch Kontakt mit oder Aufnahme von eingesetzten schädlichen Substanzen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Düse sofort nach Verwendung reinigen, siehe folgender Abschnitt.</li> </ul>

	Labormantel tragen
	Schutzbrille tragen
	Schutzhandschuhe tragen

### 7.4.1 Reinigen der Düse nach jedem Verkapselungsexperiment

Es ist sehr wichtig, dass die Düse sofort nach der Verwendung gereinigt wird, damit das Verkapselungsmedium (Alginat, usw.) nicht eintrocknet und das System verstopft.

1. Belassen Sie die Düse an der Kugelerzeugungseinheit.
2. Bringen Sie eine 20 ml- oder 60 ml-Spritze an der Kugelerzeugungseinheit an und injizieren Sie 20 bis 60 ml destilliertes Wasser oder Lösungsmittel, welches für das Verkapselungspolymer verwendet wurde.
3. Falls erforderlich, die Düse von der Kugelerzeugungseinheit abschrauben, mit deionisiertem Wasser (siehe *Abbildung 7-1*) oder einem geeigneten Lösungsmittel spülen, und die Düse mit Druckluft trocknen.



**Abbildung 7-1:** Reinigen der Düse

- Nehmen Sie eine Spritze, die im oberen Bereich Luft und im unteren Bereich Wasser enthält.
- Drücken Sie die Luft durch die Düse (linke Abbildung).
- Drücken Sie das Wasser unmittelbar danach durch die Düse (rechte Abbildung).
- Untersuchen Sie die Düsen Spitze unter einem Stereomikroskop und vergewissern Sie sich, dass die Öffnung frei und sauber ist.

**HINWEIS**

*Wenn lipophile Immobilisierungslösungen eingesetzt wurden, müssen für das Reinigen entsprechende Lösungsmittel verwendet werden. Verwenden Sie für Alginate keine saure Lösung, da diese eine Fällung erzeugen würde.*

#### 7.4.2 Reinigen einer verstopften Düse

Schrauben Sie die Düse ab. Blasen Sie gemäß *Abbildung 7-1* Luft durch die Düse.

Wenn die Spitze/Öffnung der Düse nicht frei ist, die Düse entsprechend der Verkapselungsmischung in Wasser, dem entsprechenden Lösungsmittel, in 1N NaOH oder 1N Schwefelsäure (niemals HCl verwenden) 1 Stunde bei Raumtemperatur „einweichen“ und dabei regelmäßig schwenken. Ultraschallreinigung ist bei reinen Edelstahldüsen ebenfalls ein geeignetes Hilfsmittel. Tragen Sie entsprechende Schutzausrüstung. Mit destilliertem Wasser spülen, mit Druckluft durchblasen und trocknen lassen.

Untersuchen Sie die Düsen Spitze unter einem Stereomikroskop und vergewissern Sie sich, dass die Öffnung frei und sauber ist.

**HINWEIS**

*Wenn lipophile Immobilisierungslösungen eingesetzt wurden, müssen für das Reinigen entsprechende Lösungsmittel verwendet werden. Verwenden Sie für Alginate keine saure Lösung, da diese eine Fällung erzeugen würde.*

#### 7.4.3 Reinigen der Kugelerzeugungseinheit

Nehmen Sie die Kugelerzeugungseinheit auseinander. Der Magnethalter darf jedoch nicht demontiert werden!

Waschen Sie alle Teile je nach Eignung mit einer milden Reinigungsmittellösung, 0,01N NaOH oder 0,01N Schwefelsäure (niemals HCl verwenden).

Gründlich mit heißem Wasser, dann mit destilliertem Wasser spülen und trocknen lassen.

## 8 Fehlerbehebung

### 8.1 Fehler und deren Behebung

Die nachfolgende Tabelle führt mögliche Funktionsstörungen und deren Ursachen auf. Stellen Sie zu deren Behebung den Parameter schrittweise in die entgegengesetzte Richtung ein oder korrigieren Sie den Fehler.

<b>Tabelle 8-1: Mögliche Ursache</b>	
Problem	Mögliche Ursache
Instabiler Flüssigkeitsstrom	Die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist zu gering.
	Die Düse wurde nicht ausreichend gereinigt (häufige Ursache).
	Die Frequenz ist zu hoch.
	Die Amplitude ist zu hoch.
Instabile Tropfenkette	Die Frequenz ist zu hoch oder zu niedrig.
	Die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist zu hoch oder zu niedrig.
	Die Düse wurde nicht ausreichend gereinigt.
Die Größenverteilung der Kugeln ist nicht homogen	Die Amplitude ist zu niedrig oder zu hoch.
	Die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist zu hoch.
	Die Frequenz ist zu hoch.
	Die elektrostatische Spannung ist zu gering.
Die Tropfenkette trennt sich nicht auf	Die Immobilisierungsmischung ist eine nicht-Newton'sche Flüssigkeit, daher Probleme beim Extrudieren oder Prillen.
	Die Elektrode ist nicht an die Steuerungseinheit angeschlossen.
	Die elektrische Spannung ist zu gering.
Im Stroboskoplicht sind keine Tropfen zu erkennen	Die Elektrode ist nicht eingeschaltet.
	Die Vibrationseinheit ist nicht aktiviert.
	Die Vibrationseinheit wurde nicht auf der Kugelerzeugungseinheit angebracht.
	Die Vibrationsfrequenz ist zu niedrig oder zu hoch.
	Die Viskosität der Immobilisierungsmischung ist zu hoch.

## 9 Abschalten, Lagerung, Transport und Entsorgung

Dieses Kapitel beschreibt, wie das Gerät für Lagerung oder Transport abzuschalten und zu verpacken ist. Außerdem werden die Lagerungs- und Versandbedingungen spezifiziert.

### 9.1 Lagerung und Transport

Schalten Sie das Gerät ab und ziehen Sie das Netzkabel ab. Warten bis alle heißen Teile (z.B. Heizblock und Trägerplatte) abgekühlt sind.

Beim Demontieren des Encapsulator B-390 die Installationsanleitung in Abschnitt 5 in umgekehrter Reihenfolge befolgen. Vor dem Verpacken des Gerätes alle Flüssigkeiten und Staubablagerungen entfernen.

     	<p><b>! Warnung</b></p> <p>Tödliche oder schwere Vergiftung durch Kontakt mit oder Aufnahme von schädlichen Substanzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzbrille tragen</li> <li>• Sicherheitshandschuhe tragen</li> <li>• Labormantel tragen</li> <li>• Das Gerät und alle Zubehörteile gründlich reinigen, um potenziell gefährliche Substanzen zu entfernen</li> <li>• Verstaubte Teile nicht mit Druckluft reinigen</li> <li>• Das Gerät und seine Zubehörteile in seiner Originalverpackung an einem trockenen Ort lagern</li> </ul>
--	--

## 9.2 Entsorgung

Um eine umweltfreundliche Entsorgung des Gerätes sicherzustellen, wurde in *Kapitel 3.3* eine Liste der verwendeten Materialien aufgeführt. Diese soll helfen, die Komponenten korrekt zu trennen und zu recyceln.

Bei der Entsorgung sind die geltenden regionalen und lokalen Gesetze einzuhalten. Wenden Sie sich an die zuständigen lokalen Behörden, wenn Sie hierzu Informationen oder Hilfe benötigen!

### **HINWEIS**

*Wenn Sie das Gerät zu Reparaturzwecken an den Hersteller zurückgeben, füllen Sie bitte eine Kopie des Gesundheits- und Sicherheitserklärungsformulars in Abschnitt 10.2 aus und legen Sie diese dem Gerät bei.*

## 10 Erklärungen und Normen

### 10.1 FCC-Bestimmungen (für USA und Kanada)

Deutsch:

Diese Ausrüstung wurde geprüft und es wurde festgestellt, dass sie die Grenzwerte eines digitalen Gerätes der Klasse A sowohl gemäß Teil 15 der FCC-Bestimmungen als auch gemäß der Funkinterferenzbestimmungen des Canadian Department of Communications einhält. Diese Grenzwerte wurden festgelegt, um beim Betreiben der Ausrüstung in einer gewerblichen Umgebung einen angemessenen Schutz gegen schädliche Störungen sicherzustellen.

Dieses Gerät erzeugt und verwendet Funkfrequenzenergie und kann diese abstrahlen. Wenn es nicht gemäß der Bedienungsanleitung installiert und verwendet wird, kann es Störungen von Funkkommunikationen verursachen. Der Betrieb dieses Gerätes in einem Wohngebiet verursacht wahrscheinlich störende Interferenzen. In einem solchen Fall muss der Benutzer die Störung auf eigene Kosten beheben.

Français:

Cet appareil a été testé et s'est avéré conforme aux limites prévues pour les appareils numériques de classe A et à la partie 15 des réglementations FCC ainsi qu'à la réglementation des interférences radio du Canadian Department of Communications. Ces limites sont destinées à fournir une protection adéquate contre les interférences néfastes lorsque l'appareil est utilisé dans un environnement commercial.

Cet appareil génère, utilise et peut irradier une énergie à fréquence radioélectrique, il est en outre susceptible d'engendrer des interférences avec les communications radio, s'il n'est pas installé et utilisé conformément aux instructions du mode d'emploi. L'utilisation de cet appareil dans les zones résidentielles peut causer des interférences néfastes, auquel cas l'exploitant sera amené à prendre les dispositions utiles pour palier aux interférences à ses propres frais.

## 10.2 Gesundheits- und Sicherheitserklärungsformular

# Health and Safety Clearance

### Declaration concerning safety, potential hazards and safe disposal of waste.

For the safety and health of our staff, laws and regulations regarding the handling of dangerous goods, occupational health and safety regulations, safety at work laws and regulations regarding safe disposal of waste, e.g. chemical waste, chemical residue or solvent, require that this form must be duly completed and signed when equipment or defective parts were delivered to our premises.

**Instruments or parts will not be accepted if this declaration is not present.**

### Equipment

Model:

Part/Instrument no.:

### 1.A Declaration for non dangerous goods

We assure that the returned equipment

- has not been used in the laboratory and is new
- was not in contact with toxic, corrosive, biologically active, explosive, radioactive or other dangerous matters.
- is free of contamination. The solvents or residues of pumped media have been drained.



### 1.B Declaration for dangerous goods

List of dangerous substances in contact with the equipment:

Chemical, substance	Danger classification

We assure for the returned equipment that

- all substances, toxic, corrosive, biologically active, explosive, radioactive or dangerous in any way which have pumped or been in contact with the equipment are listed above.
- the equipment has been cleaned, decontaminated, sterilized inside and outside and all inlet and outlet ports of the equipment have been sealed.

### 2. Final Declaration

We hereby declare that

- we know all about the substances which have been in contact with the equipment and all questions have been answered correctly
- we have taken all measures to prevent any potential risks with the delivered equipment.

Company name or stamp: \_\_\_\_\_

Place, date: \_\_\_\_\_

Name (print), job title (print): \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_



## BÜCHI Tochtergesellschaften:

### Europa

<p><b>Schweiz/Österreich</b></p> <p><b>BÜCHI Labortechnik AG</b>            CH – 9230 Flawil            T +41 71 394 63 63            F +41 71 394 65 65            buchi@buchi.com            www.buchi.com</p>	<p><b>Benelux</b></p> <p><b>BÜCHI Labortechnik GmbH</b>            Branch Office Benelux            NL – 3342 GT Hendrik-Ido-Ambacht            T +31 78 684 94 29            F +31 78 684 94 30            benelux@buchi.com            www.buchi.com /bx-en</p>	<p><b>Frankreich</b></p> <p><b>BUCHI Sarl</b>            FR – 94656 Rungis Cedex            T +33 1 56 70 62 50            F +33 1 46 86 00 31            france@buchi.com            www.buchi.com/fr-fr</p>	<p><b>Deutschland</b></p> <p><b>BÜCHI Labortechnik GmbH</b>            DE – 45127 Essen            T +800 414 0 414 0 (Toll Free)            T +49 201 747 490            F +49 201 747 492 0            deutschland@buchi.com            www.buchi.com/de-de</p>
<p><b>Italien</b></p> <p><b>BUCHI Italia s.r.l.</b>            IT – 20010 Cornaredo (MI)            T +39 02 824 50 11            F +39 02 57 51 28 55            italia@buchi.com            www.buchi.com/it-it</p>	<p><b>Russland</b></p> <p><b>BUCHI Russia/CIS</b>            Russia 127287 Moscow            T +7 495 36 36 495            F +7 495 981 05 20            russia@buchi.com            www.buchi.com/ru-ru</p>	<p><b>Grossbritannien</b></p> <p><b>BUCHI UK Ltd.</b>            GB – Oldham OL9 9QL            T +44 161 633 1000            F +44 161 633 1007            uk@buchi.com            www.buchi.com/gb-en</p>	<p><b>Deutschland</b></p> <p><b>BÜCHI NIR-Online</b>            DE – 69190 Walldorf            T +49 6227 73 26 60            F +49 6227 73 26 70            nir-online@buchi.com            www.nir-online.de</p>

### Amerika

<p><b>Brasilien</b></p> <p><b>BUCHI Brasil Ltda.</b>            BR – Valinhos SP 13271-570            T +55 19 3849 1201            F +55 19 3849 2907            brasil@buchi.com            www.buchi.com/br-pt</p>	<p><b>USA/Kanada</b></p> <p><b>BUCHI Corporation</b>            US – New Castle, DE 19720            T +1 877 692 8244 (Toll Free)            T +1 302 652 3000            F +1 302 652 8777            us-sales@buchi.com            www.buchi.com/us-en</p>
---	---

### Asien

<p><b>China</b></p> <p><b>BUCHI China</b>            CN – 200052 Shanghai            T +86 21 6280 3366            F +86 21 5230 8821            china@buchi.com            www.buchi.com/cn-zh</p>	<p><b>Indien</b></p> <p><b>BUCHI India Private Ltd.</b>            IN – Mumbai 400 055            T +91 22 667 75400            F +91 22 667 18986            india@buchi.com            www.buchi.com/in-en</p>	<p><b>Indonesien</b></p> <p><b>PT. BUCHI Indonesia</b>            ID – Tangerang 15321            T +62 21 537 62 16            F +62 21 537 62 17            indonesia@buchi.com            www.buchi.com/id-in</p>	<p><b>Japan</b></p> <p><b>Nihon BUCHI K.K.</b>            JP – Tokyo 110-0008            T +81 3 3821 4777            F +81 3 3821 4555            nihon@buchi.com            www.buchi.com/jp-ja</p>
<p><b>Korea</b></p> <p><b>BUCHI Korea Inc.</b>            KR – Seoul 153-782            T +82 2 6718 7500            F +82 2 6718 7599            korea@buchi.com            www.buchi.com/kr-kr</p>	<p><b>Malaysia</b></p> <p><b>BUCHI Malaysia Sdn. Bhd.</b>            MY – 47301 Petaling Jaya,            Selangor            T +60 3 7832 0310            F +60 3 7832 0309            malaysia@buchi.com            www.buchi.com/my-en</p>	<p><b>Singapur</b></p> <p><b>BUCHI Singapore Pte. Ltd.</b>            SG – Singapore 609919            T +65 6565 1175            F +65 6566 7047            singapore@buchi.com            www.buchi.com/sg-en</p>	<p><b>Thailand</b></p> <p><b>BUCHI (Thailand) Ltd.</b>            TH – Bangkok 10600            T +66 2 862 08 51            F +66 2 862 08 54            thailand@buchi.com            www.buchi.com/th-th</p>

### BÜCHI Support-Center:

<p><b>Südostasien</b></p> <p><b>BUCHI (Thailand) Ltd.</b>            TH-Bangkok 10600            T +66 2 862 08 51            F +66 2 862 08 54            bacc@buchi.com            www.buchi.com/th-th</p>	<p><b>Naher Osten</b></p> <p><b>BÜCHI Labortechnik AG</b>            UAE – Dubai            T +971 4 313 2860            F +971 4 313 2861            middleeast@buchi.com            www.buchi.com</p>	<p><b>Lateinamerika</b></p> <p><b>BUCHI Latinoamérica Ltda.</b>            BR – Valinhos SP 13271-200            T +55 19 3849 1201            F +55 19 3849 2907            latinoamerica@buchi.com            www.buchi.com/es-es</p>
--	---	---

Wir werden weltweit von mehr als 100 Vertriebspartnern vertreten.  
 Ihren Händler vor Ort finden Sie unter: [www.buchi.com](http://www.buchi.com)