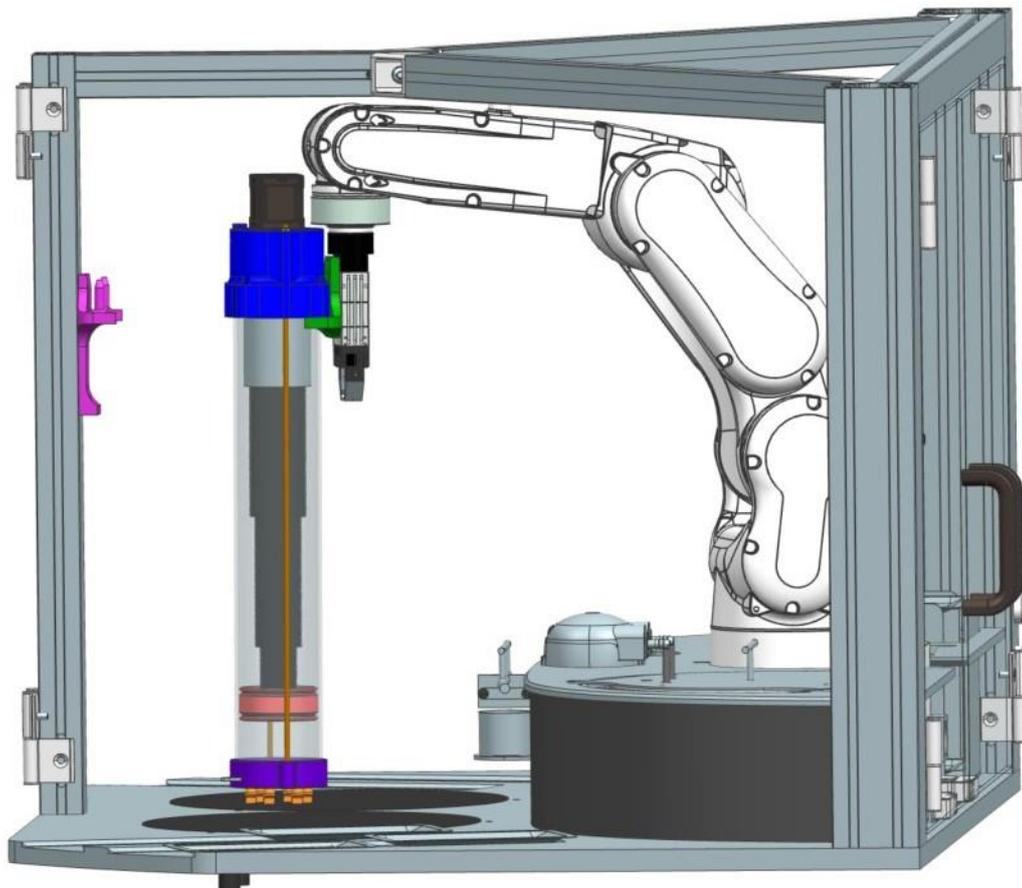


# Dosiervorrichtung für den Crêpe Roboter



Diplomandin/Diplomand:

Niederberger Christoph

Bachelor-Studiengang

Bachelor Maschinentechnik

Dozentin/Dozent

De Angelis Marco

Expertin/Experte

Mastrogiacomo Giovanni

Hochschule Luzern – Technik und Architektur

08. Juni 2020, Horw

**Bachelor-Thesis an der der Hochschule Luzern – Technik & Architektur**

<b>Titel</b>	<b>Dosiervorrichtung für den Crêpe Roboter</b>
<b>Diplomandin/Diplomand</b>	<b>Niederberger Christoph</b>
<b>Bachelor-Studiengang</b>	<b>Bachelor Maschinentechnik</b>
<b>Semester</b>	<b>FS20</b>
<b>Dozentin/Dozent</b>	<b>De Angelis Marco</b>
<b>Expertin/Experte</b>	<b>Mastrogiacomo Giovanni</b>

**Abstract Deutsch**

Für die Hochschule Luzern - Technik und Architektur, wurde ein Automat zur Herstellung von Crêpes entwickelt. Dieser Crêpe Roboter sollte bei Ausstellungen und Besichtigungen der Hochschule, Besucher und Interessenten die verschiedenen Möglichkeiten der Technik kulinarisch näherbringen.

Es gibt bereits Konzepte zur Füllung der Crêpes aus früheren Arbeiten. Dabei gehört Schokolade und Marmelade zu den bevorzugten Füllungen. In dieser Bachelorarbeit wird eine optimale Lösung erarbeitet werden, für die Einbindung der Konzepte in den Crêpe Roboter. Dabei liegt der Fokus auf einem einheitlichen System, sowie der Kompaktheit, Sauberkeit und dem hygienischen Lebensmittelstandard.

Die Füllung wird in einem Zylinder mit einem Kolben ausgestossen. Die Hubbewegung übernimmt ein Schrittmotor und ein Teleskopgewinde. Dadurch kann der Platz besser ausgenutzt werden. Unten wird der Ausstoss durch Entenschnabel Ventile kontrolliert, welches auch als Anti-Tropfsystem dient. Damit wird die Sauberkeit des Systems möglichst gewährleistet.

Der Dosiervorgang wird durch ein Mikrocontroller gesteuert, welcher durch eine spezifisch hergestellte Leiterplatte mit den Endschaltern, Schrittmotorentreiber, Taster und LEDs verbunden ist. Das Dosieren kann durch ein Signaleingang oder durch das manuelle Betätigen des Tasters gestartet werden. Das Aus- und Einfahren wird durch zwei Endschalter begrenzt. Die Energiezufuhr wird durch drei Federkontakte und einem Step-down ermöglicht. Die Signalübertragung vom Programm des Crêpe Roboters zu dem Dosiergerät geht über einen Spannungsteiler zum Mikrocontroller.

Für die Schokolade wird vor der Düse eine Heizung benötigt. Diese wird durch einen Aluminium Einsatz mit zwei Heizköpfen von je 40 Watt realisiert. Die nötige Leistung wird vom Mikrocontroller durch ein Mosfet direkt mit 24Volt gesteuert.

Damit sich bei den Düsen bei der maximalen Füllmenge von 1.5 Liter Konfitüre keine Tropfen durch ihr Eigengewicht bilden, wurde ein drehbarer Verschluss konstruiert.

## **Abstract English**

For the Lucerne University of Applied Sciences and Arts - Technology and Architecture, an automatic machine for making crêpes was developed. This crêpe robot was to be used at exhibitions and tours of the university as well as partners of the project, to give visitors and interested parties a culinary understanding of the various possibilities with a robot.

There are concepts from earlier works, which process the step of filling the crêpes. For the filling chocolate and jam are possible. In this work the optimal solution for the integration of the concepts into the crêpe robot should be worked out. The focus should be on a uniform system, for jam and chocolate, as well as cleanliness and compactness.

The filling is ejected in a cylinder with a piston. The movement is performed by a stepper motor and a telescopic thread. Thus, the space can be better utilized. At the bottom, the output is controlled by duckbill valves, which also serve as an anti-dripping system. This ensures that the system is as clean as possible.

The dosage process is controlled by Microcontroller, which is connected to the limit switches, stepper motor drivers, push buttons and LEDs by a specially manufactured printed circuit board. The dosage can be started by a signal input or by manually pressing the button. Limiting the extension and retraction is limited by two limit switches. The energy supply is enabled by three spring contacts and one step-down converter. The signal transmission from the program of the crêpe robot to the dosing unit goes via a voltage divider to the Microcontroller.

For the chocolate, a heater is required in front of the nozzle. This is implemented by an aluminium insert with two heating heads of 40 watts each. The necessary power is controlled by the Microcontroller through a Mosfet directly with 24V.

To prevent the nozzles from forming drops due to their own weight at the maximum filling quantity of 1.5 litres of jam, a rotating closure was designed.

Horw, 08.06.2020

© Christoph Niederberger, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

# Inhaltsverzeichnis

## Inhaltsverzeichnis

Abstract Deutsch.....	II
Abstract English .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	1
1 Einleitung.....	3
1.1 Ausgangslage.....	3
1.2 Ziele .....	3
1.3 Vorgehen .....	3
2 Aufgabenstellung .....	4
2.1 Vorgaben .....	4
3 Recherchen.....	5
3.1 Frühere Untersuchungen.....	5
3.2 Ausfahrbarer Hub .....	6
3.2.1 Nürnberger Schere.....	6
3.2.2 Synchron-Teleskopspindel .....	6
3.2.3 Teleskopspindel mit Anschlag .....	7
3.3 Elektronische Bauteile .....	9
3.3.1 Steuerung.....	9
3.3.2 Motor .....	9
3.3.3 Heizung.....	9
3.3.4 Leiterplatten.....	9
3.4 Material und Herstellung .....	10
4 Experimentelle Untersuchungen .....	11
4.1 Antitropfsystem .....	11
4.1 Additive Fertigung.....	12
4.2 Gewindeeinsätze .....	12
4.3 Kolben .....	12
5 Konstruktion.....	13
5.1 Grundkonzept .....	13
5.1.1 Kopfteil.....	13
5.1.2 Teleskoparm .....	13
5.1.3 Bodenplatte.....	14
5.2 Antrieb .....	14
5.3 Heizung.....	15
6 Konzept .....	16
6.1 Elektronik Schema.....	16
6.1.1 Mosfet.....	16

6.1.2	Taster und Endschalter.....	16
6.1.3	Abwärtswandler .....	17
6.1.4	Spannungsteiler.....	17
6.1.5	Schrittmotoren Treiber.....	17
6.2	Programm.....	18
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	19
8	Danksagung .....	20
9	Literaturverzeichnis.....	21
10	Abbildungsverzeichnis .....	23
A1	Projektplan.....	
A2	Berechnungen.....	
A3	Tests.....	
A4	Kostenabschätzung.....	
A5	Stückliste .....	
A6	Zeichnungen .....	
A7	Schaltplan .....	
A8	Datenblatt .....	

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Hochschule Luzern hat den Crêpe Roboter mit dem Ziel entwickelt, an Messen und Events den Besucher und Interessenten autonom Crêpes zu servieren. Für die Entwicklung wurden bereits einige Industrie- und Bachelorarbeiten rund um den Roboter, und seinen einzelnen Komponenten durchgeführt.

Einer dieser Komponenten ist die Dosiervorrichtung für die Füllung der Crêpe. Dabei wurde bereits die Dosierung von Schokolade und Konfitüre bearbeitet.

## 1.2 Ziele

Ziel dieses Projektes ist, die Dosiervorrichtung in den Prozess der Crêpe Herstellung einzubinden. Dabei muss die Vorrichtung von dem Roboterarm aufgenommen, an den richtigen Ort platziert und die gewünschte Menge an Füllung ausgestossen werden. Nach dem Dosieren muss die Vorrichtung ohne Verschmutzung des Umfeldes zurück an den Lagerplatz gebracht werden. Dabei sollen die Erkenntnisse der vorangegangenen Arbeiten in die Konstruktion einfließen und noch bestehende Probleme behoben werden. Dabei soll die Füllung mit Schokolade und Konfitüre in einem gemeinsamen Grundkonstruktion ermöglicht werden. Die Funktionen müssen getestet und ins Gesamtkonzept des Crêpe Roboter plausibel implementierbar sein.

## 1.3 Vorgehen

In einem ersten Schritt werden die Vorgaben der Arbeiten analysiert und die Änderungen besprochen. Durch Recherchen wird ein Überblick über die verschiedenen Technologien und Möglichkeiten beschafft. Kritische Teilfunktionen werden experimentell untersucht.

Danach können die Teile auf dem CAD Programm aufgebaut und mit dem passenden Herstellungsprozess produziert oder bestellt werden.

Für den Elektronischen Teil soll ein Schema gezeichnet werden. Dabei werden die nötigen elektrischen Bauteile definiert und entsprechend eingekauft. Aus dem Schema kann die benötigte Leiterplatte abgeleitet werden. Nach dessen Erhalt werden die einzelnen Funktionen der elektronischen Bauteile getestet und das Schema als Gesamtsystem anhand der Leiterplatte validiert. Das Programmieren der Steuerungseinheit wird als letzter Schritt beendet und getestet.

## 2 Aufgabenstellung

Die Platzverhältnisse sind durch die bestehenden Roboterzelle gegeben. Die Dosierfläche und -dauer muss auf den bestehenden Prozess der Crêpe Herstellung angepasst werden. Damit genügend Crêpes autonom produziert werden können, sollte der Vorratsspeicher genug Volumen zur Verfügung haben. Das Auffüllen sollte möglichst mit kurzen Wartezeiten erfolgen.

Der von der Firma Fanuc zur Verfügung gestellte Roboter «LRMate-200iD-4SC» kann eine maximale Last von 4 Kilogramm [1] tragen. Durch Vorrichtungen und Halterungen von anderen Funktionen der Crêpe-Herstellung am Roboter, wurde ein maximales Traggewicht von 3 Kilogramm bestimmt.

Der Fokus der Arbeit liegt in der direkten Anbindung der Vorrichtung in den Herstellungsprozess. Des Weiteren wird auf eine kompakte Bauweise, sowie auf die Sauberkeit während des ganzen Prozesses einen Schwerpunkt gesetzt.

### 2.1 Vorgaben

Energiezufuhr:	Die Dosierung muss mit der bestehenden Energiezufuhr funktionieren.
	Es dürfen weitere elektronische Teile, wie Volt-Konverter eingesetzt werden.
	Der Lagerplatz soll Anschlüsse für die Energiezufuhr haben.
Aufnahme am Roboter:	Die Halterung am Roboter darf die Funktion der anderen Werkzeuge nicht behindern.
	Anschlüsse für Energiezufuhr müssen montierbar sein.
	Die Anschlüsse sollen für beide Systeme kompatibel sein.
	Der Aufnahmepunkt muss 300mm über der Grundplatte konstruiert werden.
Geschwindigkeit:	Vorrichtung soll innerhalb von einer Sekunde gegriffen werden können (ohne Verfahrweg).
	Der reine Dosiervorgang von maximal 20 Gramm soll innerhalb von 2 Sekunden beendet sein.
Prozess:	Die Aufnahme läuft vollautomatisch ab.
	Die Dosiermenge kann durch die Dauer eines Signalinputs definiert werden.
	Das System soll ohne Verschmutzung den Prozess durchführen können.
	Reinigung des Systems soll schnell und einfach sein.
Material:	Teile, die mit Lebensmittel in Kontakt kommen, müssen Lebensmittelgeeignet sein.
Konstruktion:	Der Vorratsspeicher soll 1.5 Liter Fassungsvermögen haben.
	Nachfüllen des Vorratsspeicher soll unter 2 min. durchzuführen sein.
	Die Höhe der Konstruktion ist auf 620mm limitiert.
	Der Durchmesser des Zylinders und Dosierfläche soll maximal 80mm sein.
	Die Dosiervorrichtung soll mit Füllung maximal 3 Kilogramm sein.

## 3 Recherchen

### 3.1 Frühere Untersuchungen

Für das Dosieren mit Schokolade [2] und Konfitüre [3] wurde bereits in vorherigen Arbeiten der Hochschule einige Untersuchungen durchgeführt. Auf diesen vorbestehenden Kenntnissen wurde weiter aufgebaut. Die Tabelle 1 ist eine Auflistung der Ergebnisse in Kurzform, welche nicht direkt in die Vorgaben eingeflossen sind.

Bereich	Bedingung/Bemerkung	Ergebnis
Kraftaufwand: Dosierung von Schokolade	Durchmesser 60mm Füllhöhe 200 mm	Maximale Kraft: 283 N
Kraftaufwand: Dosierung von Konfitüre	Durchmesser 80 Kreuzventil	Kraft für 20g in 2 S 38 N
Dosiertemperatur Schokolade	Optimale Viskosität	45C°
Heizleistung	In 30 Sekunden 20g Schokolade auf die Dosiertemperatur erwärmen.	60 Watt
Anti-Tropfsystem	Sauberkeit des Systems	Entenschnabelventile
Dichte Konfitüre		1.25 g/cm <sup>3</sup>
Dichte Schokolade		1.3 g/cm <sup>3</sup>

*Tabelle 1 - Ergebnisse der vorangegangenen Arbeiten*

## 3.2 Ausfahrbarer Hub

Durch den begrenzten Bauraum musste ein passendes, ausfahrbares System gesucht werden, um das geforderte Füllvolumen verarbeiten zu können. Durch das gegebene System sowie den bestehenden Anforderungen sind vor allem drei Möglichkeiten näher untersucht worden: die Nürnberger Schere, die Synchron-Teleskopspindel und die Teleskopspindel mit Anschlag. Weitere Varianten, wie der Flaschenzug oder Linearteleskop, wurden als nicht geeignet eingestuft und nicht weiter untersucht.

### 3.2.1 Nürnberger Schere

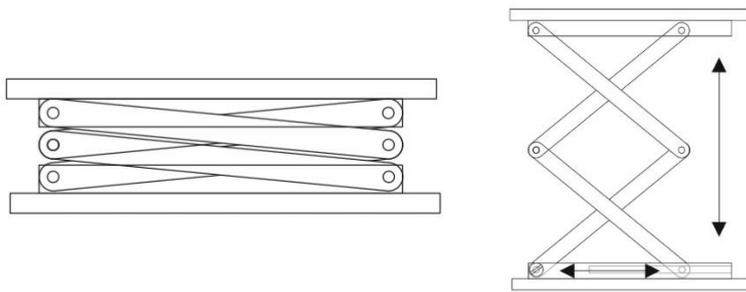


Abbildung 1- Nürnberger Schere [20]

Die Nürnberger Schere ist im einfachen Sprachgebrauch auch als Hebebühne bekannt. Durch die Vertikale Bewegung, in Abbildung 1 zu sehen, wird eine mehrfache Hubbewegung erreicht. Diese Hubbewegung kann durch mehrere «Scheren» vielfacht erweitert werden. Dieses System verspricht eine hohe Vervielfachung des Hubweges im Vergleich zur minimalen Baugröße.

Nach einem kurzen Test einer solchen Nürnberger Schere wurde festgestellt, dass diese in Hubrichtung eine relativ hohe Elastizität aufweist. Dies würde bedeuten das der Ausstoss der Füllung nicht konstant startet. Nach dem Dosiervorgang tritt durch verbleibende Spannungen weitere Füllung aus.

Die Herstellung einer individuellen Baugröße aus Aluminium und die Montage mit dem passenden Lager ist machbar, aber eher aufwändig und kostenintensiv.

Aus diesen Gründen wurde die Nürnberger Schere, im Vergleich zu den anderen Konzepten, als weniger geeignet eingestuft.

### 3.2.2 Synchron-Teleskopspindel



Abbildung 2 - Synchron-Teleskopspindel [19]

Wie in der Abbildung 2 zu sehen ist, hat die Synchron-Teleskopspindel zwei ineinandergreifende Gewinderohre und eine Aufnahme mit einem Gewinde. Das mittlere Gewinderohr wird angetrieben. Das vordere Gewinderohr ist verdreh gesichert. Dadurch, dass die beiden Gewinderohre (Links- und Rechtsgewinde) unterschiedliche Drehrichtungen und Gewindesteigung aufweisen, werden beide Synchron rausgedreht. Somit entsteht eine vervielfachte Hubbewegung.

Diese Teleskopspindel muss für ein gleichmässiges Ausfahren genau gefertigt und abgestimmt werden. Es wäre schwierig, die passende Grösse in genügender Genauigkeit und Festigkeit mit einem kostengünstigen additiven Verfahren herzustellen. Andere Herstellungsverfahren würden wiederum sehr viel kosten, da für die Dosiervorrichtung eine Einzelfertigung nötig wäre. Eine mehrstufige Variante ist nicht mehr trivial herzustellen, was eine mittelmässige Vervielfachung des Hubweges im Vergleich zur Baugrösse darstellt.

Aus diesen Gründen wurde die Synchron-Teleskopspindel, im Vergleich zu den anderen Konzepten, als weniger geeignet eingestuft.

### 3.2.3 Teleskopspindel mit Anschlag

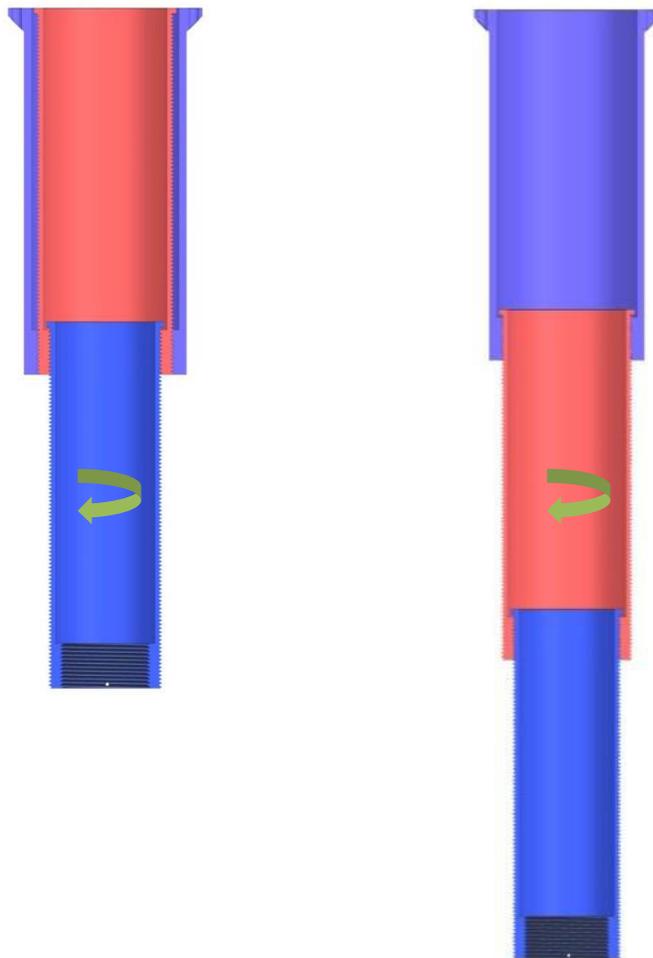
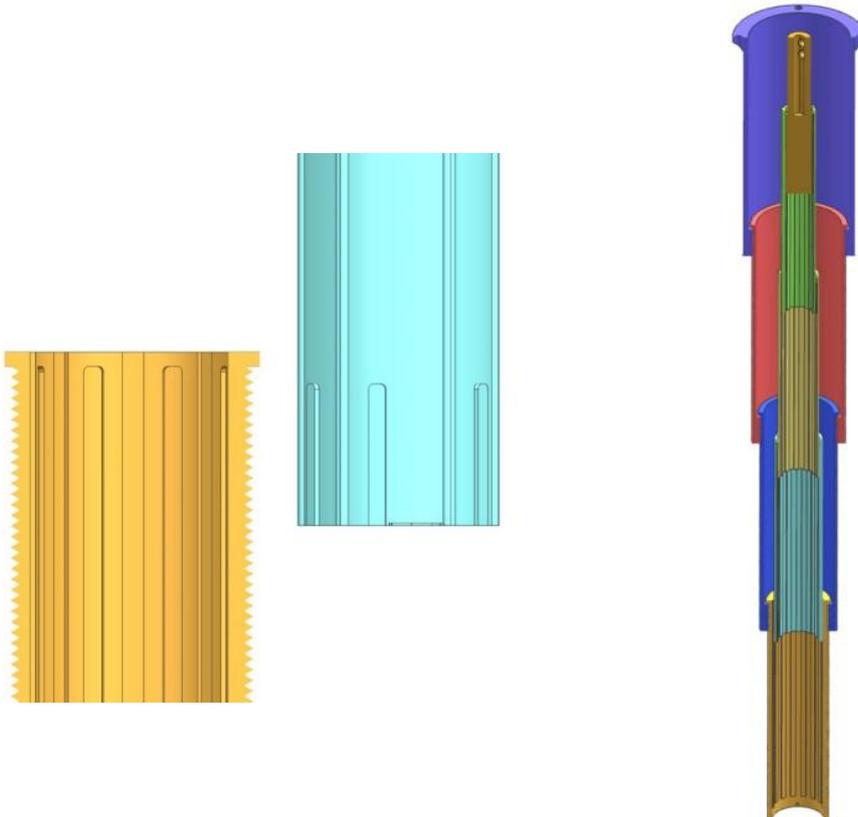


Abbildung 3 – Links: erstes Gewinderohr ausgefahren. Rechts: ganz ausgefahren

Diese Teleskopspindel kann aus mehrerer Gewinderohren bestehen. Die Gewinde haben die gleichen Drehrichtung. Am oberen Ende sind die Gewinderohre mit einem Anschlag versehen. In der

Abbildung 3 auf der linken Seite ist das blaue Gewinderohr ganz ausgefahren. Durch den Anschlag wird nun das rote Gewinderohr angetrieben.

Die Drehbewegung und das Drehmoment werden mittels ineinander gehender Rohre übertragen. Diese Säulen sind in der Längsrichtung bis zu einem Anschlag frei beweglich. Wie in der Abbildung 4 auf der rechten Seite zu sehen ist, werden durch zusätzliche Führungen die letzten 20mm als Anschlag benutzt.



*Abbildung 4 - Rohre mit Verdrehsicherung*

*Abbildung 5 - 3-stufiges Teleskopgewinde*

Dieses System ist einfach erweiterbar und kann so dem jeweiligen System angepasst werden. Es wird einzig durch den maximalen möglichen Durchmesser begrenzt. Es benötigt mehr Bauteile als die Synchron Version, dafür können sie gut mit dem additiven Verfahren hergestellt werden.

Bei dieser Variante ist es nicht bestimmt, welches der Gewinderohre sich am Drehen ist. Dies ist für die Funktion der Dosierung aber nicht relevant. Jedes Gewinderohr kann den gleichen Hub pro Umdrehung haben, wenn sie die gleiche Steigung haben.

Durch diese Vorteile wurde dieses Konzept ausgewählt. Wie in der Abbildung 5 erkennbar ist, wurde ein 3-stufiges Teleskopgewinde eingesetzt.

## 3.3 Elektronische Bauteile

### 3.3.1 Steuerung

Die Dosiervorrichtung erhält vom dem Crêpe Roboter den Befehl zum Dosieren. Bei der Schokoladenfüllung muss zusätzlich die Heizung autonom gesteuert werden können. Der Mikrocontroller «Arduino» ist für einfach Steuerungsaufgaben konzipiert worden. Es kann gut von Ingenieuren mit nicht spezifischem Fachwissen im Programmieren benutzt werden, da es ein für den Mikrocontrollern speziell programmierte Entwicklungsumgebung besitzt. Weitere Mikrocontroller wie das Raspberry Pi oder Freedom Bord benötigten tiefere Kenntnisse in der Programmiersprache C, sowie dem ansteuern von elektronischen Bauteilen im Allgemeinen.

### 3.3.2 Motor

Die Energiezufuhr für die Dosiervorrichtung ist ein Gleichstrom-Anschluss mit 24V. Somit würde sich ein DC-Motor oder ein Schrittmotor anbieten. Durch das Programmieren auf dem Mikrocontroller ist das Ansteuern eines Schrittmotors einfach und genau. Durch die Möglichkeiten, den Motor genau auf eine Position oder einen definierten Winkelweg zu fahren, können weitere Funktionen programmiert werden. Zum Beispiel ein Rückzug des Kolbens nach dem Ausstoss, um den Druck auf die Füllung zu reduzieren und Tropfenbildung bei den Düsen vorzubeugen.

Gängige Schrittmotoren wie die Nema 17 Baugrösse, können je nach Bauweise bis 65Ncm [4] Drehmoment ohne Planetengetriebe aufweisen.

### 3.3.3 Heizung

In der vorherigen Arbeit wurden Heizfolien für das Schmelzen der Schokolade verwendet. Diese sind eher zeitaufwändig zu montieren und durch die spezifisch benötigte Grösse kostenintensiv. Eine weitere Option wären Heizpatronen. Sie werden häufig im Fused Deposition Modeling (FDM) Verfahren genutzt, um den Heizkopf aufzuheizen, welcher den Kunststoff schmilzt und ausstösst. Sie sind kostengünstig und einfach zu montieren.

Damit der Mikrocontroller die Heizung steuern kann, wird eine Temperatursensor benötigt. Ein Analoger Temperatursensor liefert temperaturabhängig eine unterschiedliche Ausgangsspannung [5]. Der Mikrocontroller kann diese Spannung auslesen und in eine Temperatur umrechnen.

### 3.3.4 Leiterplatten

Damit die Verdrahtung aller Teile sauber und kompakt wird, bieten sich Leiterplatten an. Ähnlich eines 2D-CAD Programm, kann ein Schaltplan mit allen Bauteilen und Verbindungen gezeichnet werden. Dafür wurde das Opens Source Programm «KiCad» verwendet. Daraus kann eine Gerber Datei exportieren werden, welche von vielen Onlinedienstleister produziert werden kann.

Das Negativ wird dann aus einer leitenden Oberfläche auf der Leiterplatte weggelastert, so dass nur die Verbindungen bleiben. Die Bauteile können in die vorgefertigten Löcher gelötet werden, um die Leiterplatte in Betrieb zu nehmen.

### 3.4 Material und Herstellung

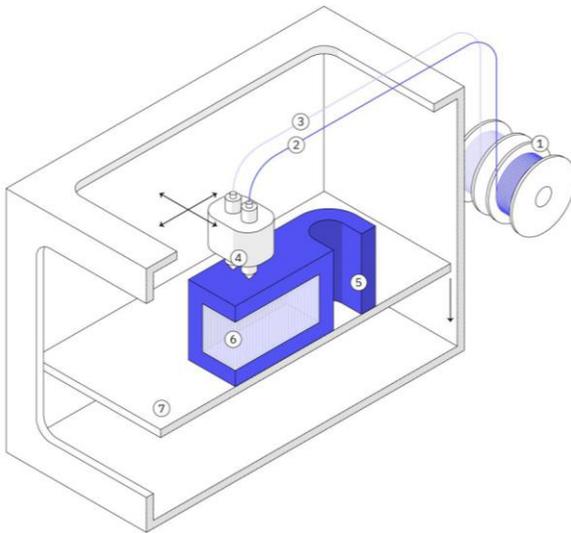


Abbildung 6 - Schematische Darstellung des FDM-Verfahrens [22]

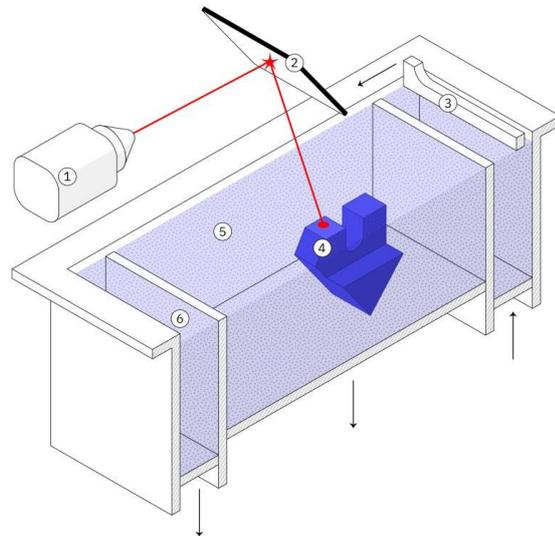


Abbildung 7 - Schematische Darstellung des SLS-Verfahrens [22]

Da die Dosiervorrichtung eine Einzelfertigung ist, bietet sich als Herstellungsprozess das additive Verfahren an. Mit diesem Verfahren können Einzelteile kostengünstig und schnell hergestellt werden. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass komplizierten Formen ohne grossen Mehr- und Kostenaufwand möglich sind. Für die additive Herstellung gibt es verschiedene Verfahren und Materialien. Der Fused Deposition Modeling (FDM)-Druck (Schematisch in der Abbildung 6 schematisch dargestellt) ist dabei das meist verbreitete und günstigste Verfahren.

Als Lebensmittelechtes Material steht PETG [6] zur Verfügung. PETG ist ein PET Kunststoff, welche in fast allen Trinkflaschen gebraucht wird, welcher mit Glykol gemischt ist. Dadurch wird es weicher und zäher. Der Schmelzpunkt ist bei PETG tiefer als PET, was es besser druckbar macht.

Für genaue Teile bietet sich das Selektives Lasersintern (SLS) Verfahren (Schematisch in der Abbildung 7 dargestellt) an. Dabei wird mit einem Laser, Schicht für Schicht, Punktgenau Pulver zu einem Bauteil verschmolzen. Ein häufiger Werkstoff ist dabei PA12. PA12 [7] hat eine hohe Festigkeit und ist abriebfest. Dadurch kann es gut in Lager oder Gewinde eingesetzt werden.

Für alle Tests und für die finale Dosiervorrichtung kann mit additiv gefertigten Teilen gearbeitet werden. Bei der Schokoladen Dosiervorrichtung sollte die Heizplatte wegen der Wärme aus einem Metall wie Aluminium gefertigt werden.

Für das additive Verfahren sind grundsätzlich zwei Dateien relevant.

1. Das einfache .stl Format, welches die 3D Form des Modells in Dreiecken aufbaut und nur diese Information speichert.
2. Das .3mf Format wurde neu für das additive Verfahren entwickelt und enthält neben der 3D Form auch Informationen über Farbe und Grösse.

Fertigungszeichnungen sind im 3D Druck Verfahren nicht mehr notwendig. Die Fertigung kann nur aus rein digitalen Informationen bearbeitet werden.

## 4 Experimentelle Untersuchungen

### 4.1 Antitropfsystem

#### Testaufbau

Durch das Eigengewicht der Konfitüre entsteht bei dem Düsen ein grosser Druck. Es besteht die Gefahr, dass die Füllung raustropft.

Um zu verstehen, wie sich dies in der Realität verhält, wurde ein Testaufbau gemacht. Es wurden zwei Füllhöhen definiert und mit Aprikosen- oder Erdbeerenkonfitüre getestet. Es standen ungefähr 0,7 Liter Konfitüre für beide Geschmäcker zur Verfügung. Um die nötige Gewichtskraft trotzdem zu erzeugen, wurden Behälter mit 0,5 Liter Volumen ergänzend benutzt. Dabei wurde der Austritt mit einer Kamera aufgenommen, um eine Auswertung und ein Vergleich zu ermöglichen.

Innendurchmesser Zylinder:	74mm
Füllhöhe:	233mm = 1 Liter
	349mm = 1.5 Liter
Beobachtungsdauer:	1 min.

Detailliertere Informationen zum Aufbau und Auswertung des Testes, wurden im Anhang in der Tabelle A3-1 aufgelistet.

#### Erkenntnisse

Mit den Düsen, welche von der Form her eher schliessend sind, bildeten sich trotzdem tropfen. Um dies zu verhindern, wurde ein Hindernis getestet, welches als Widerstand im Durchfluss dient.

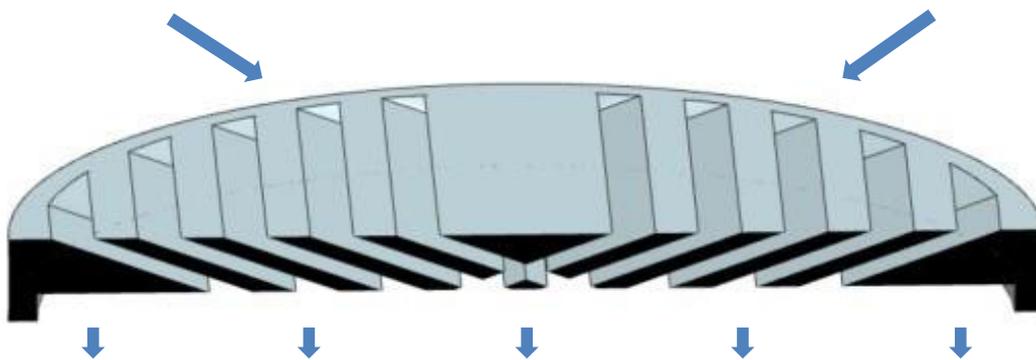


Abbildung 8 - Fließ Hindernis

Durch den Einsatz des Bauteils in Abbildung 8, konnte eine «seltene Tropfenbildung» erreicht werden. Tropfen bildeten sich in einem Zeitrahmen von 20-30 Sekunden.

## 4.1 Additive Fertigung

Da es viele verschiedene Verfahren und Technologien gibt, sind keine Allgemeintoleranzen normiert. Um die Toleranzen der verwendeten 3D Druckern zu testen, mussten einige Testteile gedruckt werden. Diese wurden mit dem «Crealty Ender 3 Pro» und dem «Anycubic i3 Mega» für das FDM-Verfahren hergestellt. Die SLS gedruckten Testteile wurden bei «Meltwerk», Deutschland bestellt.

Dabei haben sich drei Szenarien herausgestellt:

1. Das Spaltmass für ein 3D gedrucktes (FDM) zu einem anderen Bauteil soll zwischen 0,4 mm bis 0,6 mm betragen.
2. Das Spaltmass für ein 3D gedrucktes (FDM) zu einem anderen 3D gedrucktem (FDM) Bauteil soll zwischen 0,6 mm bis 0,7 mm betragen.
3. Das Spaltmass für zwei mit dem SLS-Verfahren gedruckten Bauteile soll 0,3 mm betragen.

## 4.2 Gewindeeinsätze

In die Kunststoffteile können gut Gewinde geschnitten werden. Bei stark beanspruchten Teilen kann es aber sinnvoll sein, Gewindeeinsätze aus Metall zu verwenden. Dies ist vor allem bei Verbindungen sinnvoll, welche oft gelöst werden müssen. Kunststoffgewinde können sich schnell ausweiten und so an Festigkeit verlieren.

Die Gewindeeinsätze werden mit einem Heizelement, zum Beispiel einem Lötkolben, aufgewärmt und in das bestehende Loch eingeschmolzen.

## 4.3 Kolben



Abbildung 9 - Kolben mit einer Dichtung

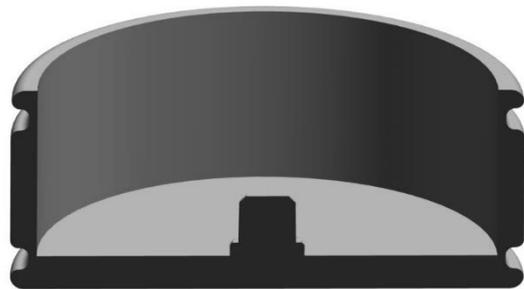


Abbildung 10 - Kolben mit zwei Dichtungen

Beim Kolben besteht die Gefahr, dass er sich verklemmt, wenn er sich radial verdrehen kann. Dies geschah bei der ersten Version des Kolbens, ersichtlich in Abbildung 9. Um dies zu verhindern wurde der Kolben verlängert und eine zweite Dichtung platziert, die als Führung dient. Die zweite, verbesserte Version ist in Abbildung 10 zu sehen.

Weil der Durchmesser des Acrylrohres nicht konstant ist, ergibt sich daraus eine relativ knappe Toleranz, zwischen zu wenig Dichtung und verklemmen durch einen zu grossen Durchmesser. Dadurch musste der Durchmesser des Kolbens durch wiederholtes Testen definiert werden.

## 5 Konstruktion

### 5.1 Grundkonzept

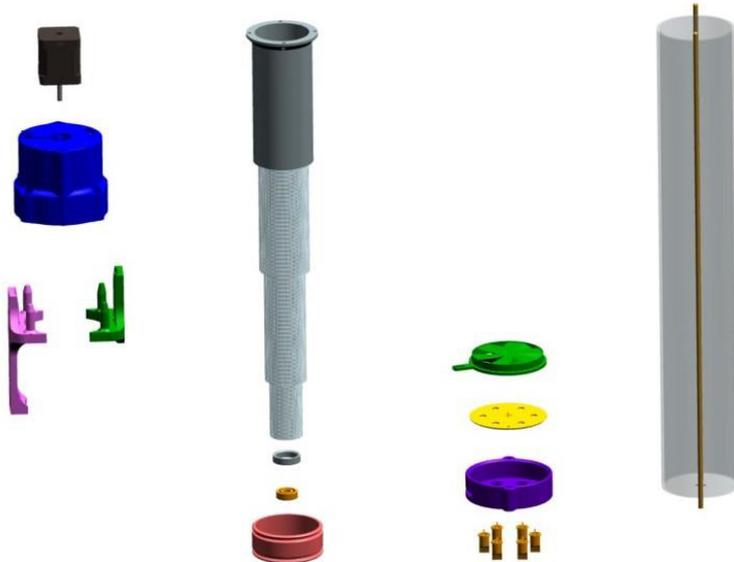


Abbildung 11 - Grundkonzept

Die Dosiervorrichtung besteht grundsätzlich aus dem Kopfteil mit den Halterungen, dem Teleskoparm mit Kolben und dem Bodenteil mit unterschiedlichen Einsätzen für Schokolade oder Konfitüre. Die Bauteile werden an einem Acrylglas Rohr mit zwei M5 Gewindestangen montiert. Die Bauteile werden in der Abbildung 11 von links nach rechts dargestellt.

#### 5.1.1 Kopfteil

Die Halterung sollte schnell und autonom die Dosiervorrichtung aufnehmen können. Weil der Roboterarm nur einen gewissen Bewegungsradius hat und die Dosiervorrichtung an einen geeigneten entfernten Lagerplatz definiert wurde, musste die Halterung 300mm über der Grundplatte platziert werden. Dadurch wird die Halterung vor allem auf Druck belastet. Da die Halterung von der Seite greift, wird ein Drehmoment injiziert, welches durch die zwei Stifte gehalten werden müssen.

Durch diese Konstruktion wurde der Motor am Kopfende platziert. Um die Elektronik kompakt halten zu können, kann die Energie- und Signalübertragung gleich durch die Halterung über das Kopfteil auf die Leiterplatte geführt werden.

#### 5.1.2 Teleskoparm

Die Gewinde aller Säulen haben eine Steigung von 1.5mm. Das Gewinde ist durchgehend und kann ganz durch die vorherige Säule gedreht werden. Dadurch wird ein Anschlag am Ende der Säule benötigt, welche direkt im konstruierten Bauteil integriert ist. Das gleiche gilt auch beim Einfahren, hier wird es mit der Montage einer Zylinderschraube erreicht.

## Kolben

Das vordere Ende des Teleskoparmes dreht sich. Damit möglichst wenig Energie in der Umwandlung der Drehung in die Hubbewegung verloren geht, wurde der Kolben gelagert. Somit dreht sich der Kolben wegen dem Rillenkugellager nicht mit.

### 5.1.3 Bodenplatte

Die Düsenhalterung ist für beide Konzepte der Schokoladen- und Konfitürenfüllung die gleiche. Sie beinhaltet die Aussparungen für die Montage der Düsen. Mit vier M5 Müttern wird die Bodenplatte über Gewindestangen kompakt mit dem Kopfteil verbunden.

#### Verschluss Einsatz für Konfitüre



Abbildung 12- Verschluss Einsatz "offen"



Abbildung 13 - Verschluss Einsatz "geschlossen"

Um die Sauberkeit bei einem längeren Ruhestand zu gewährleisten, wurde das «Fließ-Hindernis» weiterentwickelt. Es wurde drehbar konstruiert, um den Durchgang ganz verschliessen zu können. In der Abbildung 12 ist die offene Position erkennbar. Der Durchfluss zu den Düsen ist gewährleistet. In der Abbildung 13 sind die Düsen bedeckt und es kann keine weitere Konfitüre ausfließen.

Die Drehung kann an einem geeigneten Ort mit der Kraft des Roboterarmes gemacht werden. Somit müssen keine weitere Elektronische Bauteile eingesetzt und die Elektronik kann kompakt auf dem Kopfteil realisiert werden.

Auf den Einsatz für die Dosiervorrichtung mit Schokoladenfüllung wird im Kapitel 5.3 näher eingegangen.

## 5.2 Antrieb

Um die Konfitüre auszustossen wird eine axiale Kraft von 38 Newton benötigt. Um den benötigten Schrittmotor zu bestimmen, wird das benötigte Drehmoment ausgerechnet.

$$\text{Drehmoment } M = \frac{F_a * p * 10^{-3}}{2 * \pi * n} = \frac{38N * 1.5mm * 10^{-3}}{2 * \pi * 0.015} = 0.6 Nm \quad (5-1)$$

Wirkungsgrad:  $n = 0.015$  (A2-1)

axiale Kraft:  $F_a = 38N$

Steigung:  $P = 1.5 \text{ mm}$

Bei Reibungswerte für Kunststoffen gibt es zwar Richtwerte, diese werden jedoch oft in der Paarung mit Stahl getestet. Die Eigenschaften bei Kunststoffen können sich ändern, je nach Kombination der Werkstoffe. Des Weiteren haben 3D gedruckte Modelle zum Teil sehr verschiedene Oberflächegüte und somit unterschiedliche Reibwerte. Daher wurde bei diesem Projekt für den Reibwert eine Abschätzung gemacht.

Für das verwendete Material PA12 und Verfahren SLS wurde von der Firma Iigus [8] Rauheits-Tests in Kombination mit Stahl (Cf53) gemacht. Dabei ergab sich ein Bereich der Gleitreibungszahl zwischen 0.37 bis 0.42. Der Richtwert von herkömmlich gefertigten PA12 zu Stahl [9] liegt bei 0.32. Daraus schliesst sich, dass der Gleitreibungszahl ungefähr 0.1 steigt, wenn man das SLS Druckverfahren wählt.

Diese Tests beschreiben die Eigenschaften von Kunststoff auf Stahl. Bei der Kombination von Kunststoff auf Kunststoff kann mit einer durchschnittlichen Rautiefe [10] von 10um gerechnet werden. Das ergibt eine abgeschätzte Gleitreibungszahl von 0.5.

Mit der zusätzlichen Rauheit des Druckverfahrens, kann daraus die gesamt Gleitreibungszahl von 0.6 abgeleitet werden.

### 5.3 Heizung

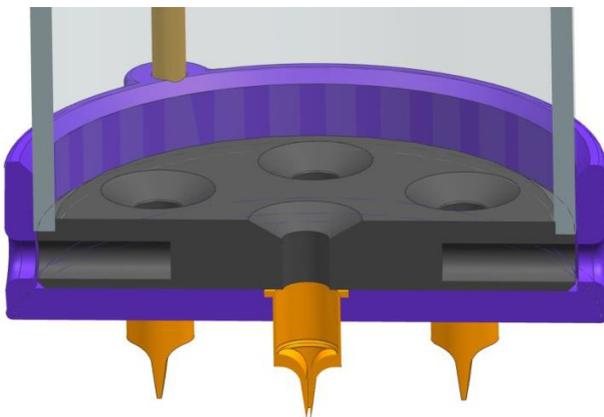


Abbildung 14 - Einsatz Heizung

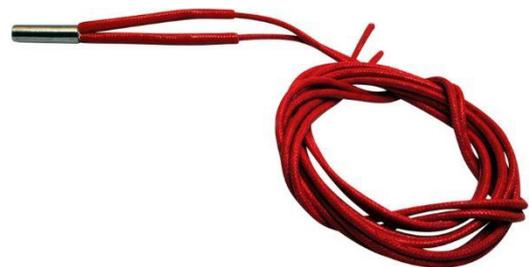


Abbildung 15 – Heizpatrone [21]

Der Nachteil der Heizpatronen ist die punktuelle Heizung an dem jeweiligen Standort. Durch den Aluminium Einsatz und der Verwendung von zwei Heizpatronen, kann sich die Wärme jedoch gut verteilen. Die Heizpatronen werden auf zwei gegenüberliegenden Seiten montiert, dargestellt in Abbildung 14. Der Temperaturmesser wird am weitesten entfernten Ort der Aluminium Einlage platziert. Dadurch wird immer die tiefste Temperatur gemessen und so sichergestellt, dass die nötige Wärme vorahnden ist.

Um möglichst Energieverluste zu vermeiden, sollten 24 Volt Heizpatronen zum Einsatz kommen. Die Berechnung der Heizleistung ergab ein Ergebnis von mindestens 60 Watt. Deshalb wurden für dieses Projekt zwei 40 Watt Heizpatronen gewählt, zu sehen in der Abbildung 15. Diese können gut durch ein Mosfet mit dem Mikrocontroller angesteuert werden.

## 6 Konzept

### 6.1 Elektronik Schema

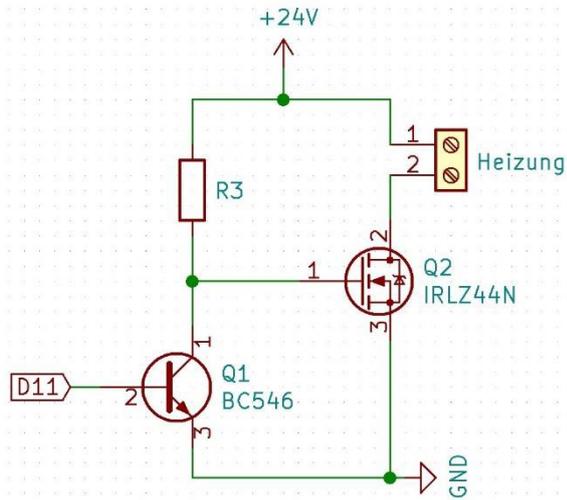


Abbildung 16 - Mosfet

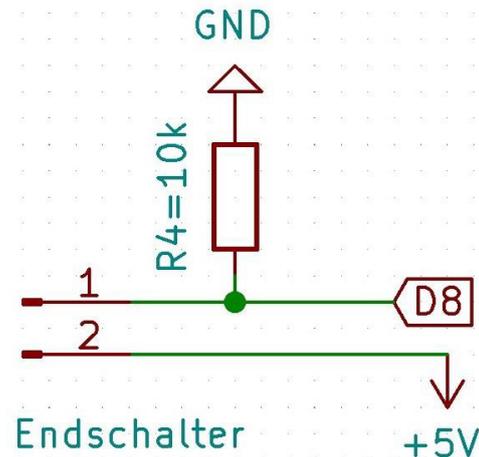


Abbildung 17 - Endschalter

#### 6.1.1 Mosfet

Ein Mosfet ist eine Form eines Transistors. Transistoren können grosse Lastströme mit einem schwachen Steuersignal schalten. Im Vergleich zu einem klassischen Bipolaren Transistor, welche einen Steuerstrom benötigen, kann der Mosfet die Lastströme mit einer Spannung schalten [11]. Der verwendete IRLZ44N Mosfet ist eine N-Kanal Variante. Das bedeutet der Mosfet schaltet die Verbindung zum Minus-Pol und nicht zum Plus-Pol. Man sieht in der Abbildung 16 gut, dass der Positive Pol der Heizung direkt mit 24 Volt angeschlossen ist und der Negativ-Pol beziehungsweise der Ground über den Mosfet gesteuert wird.

#### 6.1.2 Taster und Endschalter

Für den Endanschlag kann ein klassischer Endstop verwendet werden. Dieser funktioniert durch die mechanische Bestätigung eines Hebels, welcher einen Stromkreis schliesst. Der Mikrocontroller kann so erkennen ob der Endanschlag betätigt ist oder nicht.

Eine weitere Möglichkeit für einen Endschalter ist der Kapazitive Sensor. Dieser detektiert die kapazitiven Veränderungen in der Umgebung [12]. Der grosse Vorteil dabei ist die kontaktlose Erkennung. Bei einem mechanischen Schalter unten an der Bodenplatte wäre das Problem, dass dieser alleine durch den Druck des Ausstosses frühzeitig ausgelöst würde.

Taster und Endschalter benötigen sogenannte «Pull down-Widerstände», welche mit Ground verbunden sind. In der Abbildung 17 ist ein solcher Widerstand R4 in dem Schema gezeichnet. Dies verhindert einen schwebenden Zustand zwischen HIGH und LOW, welcher durch Störsignale zu unregelmässigen und kurzen wechseln, bzw. Fehlern führen können [13]. Bei Mikrocontroller wie dem Mikrocontroller haben sich Werte von 10kOhm für Pull down-Widerstände bewährt.

### 6.1.3 Abwärtswandler

Der Mikrocontroller braucht eine Spannung von 7-12 Volt. Damit die 24 Volt Eingangsspannung nicht das Mikrocontroller zerstört, wird ein Abwärtswandler verwendet. Der verwendete «MP1584» Abwärtswandler besitzt einen guten Wirkungsgrad von 92% [14] und entwickelt wenig Abwärme.

### 6.1.4 Spannungsteiler

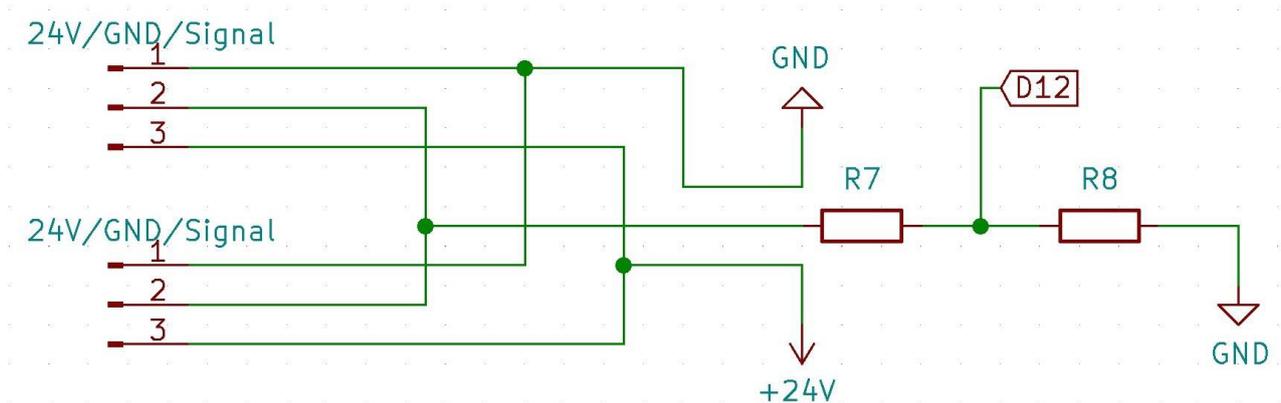


Abbildung 18 – Eingänge und Spannungsteiler

Das Mikrocontroller kann an seinem Input Pins nur maximal Betriebsspannung auslesen. Mehr als diese 5 Volt können zu einem defekt des Mikrocontrollers führen. Deshalb muss ein Spannungsteiler eingebaut werden, mit welchem die Spannung auf zwei Widerstände verteilt werden. Die Signalspannung kann nach dem ersten Widerstand abgegriffen wird.

Auf dem Schema in der Abbildung 18 sieht man zwei Eingänge, die zusammengeführt werden. Dies ist nötig, da es zwei Energiequellen hat, eine am Lagerplatz und eine am Roboterarm. R7 hat einen standardisierten Widerstand von 47 kOhm und R8 von 10 kOhm [15]. Das ergibt eine Spannung von 4.2 Volt, welche an dem Digitalen Input D12 des Mikrocontroller liegt.

### 6.1.5 Schrittmotoren Treiber

Der Schrittmotor kann nicht direkt vom Mikrocontroller angesteuert werden. Die Treiber haben die Aufgabe, die Ströme und die Polung an den Spulen im Schrittmotor zu steuern. Das spezielle bei dem Treiber ist, dass Sie in einem Spannungsbereich arbeiten können. Somit kann der gleiche Treiber bei 12 V oder auch 24V verwendet werden. Der Referenzwert zur Auswahl des Treibers ist der benötigte Strom. Bei Strömen höher als 1.5 Ampere ist ein DRV8825 Treiber mit Kühlung empfehlenswert [16].

## 6.2 Programm

Die Programmierung ist in ein Hauptprogramm und mehreren Unterfunktionen unterteilt. Im Hauptprogramm werden alle Funktionen initialisiert und angesteuert. Danach wird ein loop-Programm durchgeführt, welches kontrolliert, in welcher Phase der Herstellungsprozess ist. Dies ist entweder das Dosieren oder der Heizvorgang (Schokolade) beziehungsweise die Ruhephase (Konfitüre).

Der Ausstossprozess wird vom Crêpe-Programm gestartet, mit dem anlegen einer Spannung an der Signal-Leitung. Alternativ kann dies auch durch das manuelle Betätigen des Tasters auf der Leiterplatte geschehen. Solange dieses Signal auf HIGH ist, wird der Schrittmotor angesteuert und stösst die Füllung aus. Somit kann die Dosiermenge direkt aus dem Hauptprogramm der Crêpe Herstellung gesteuert werden.

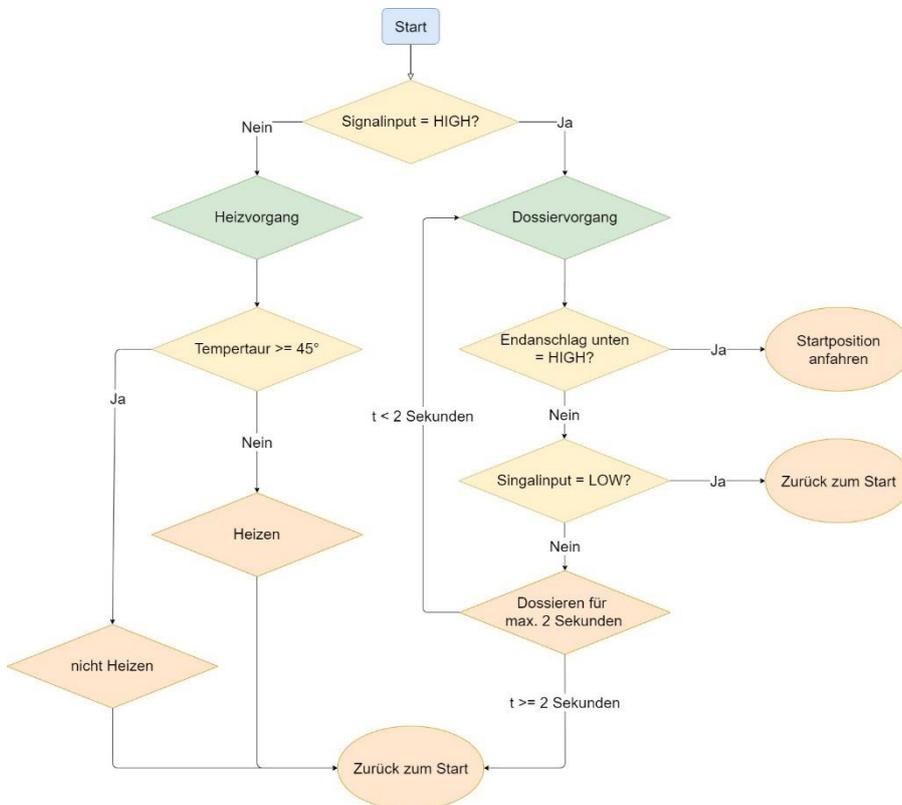


Abbildung 19 - Flussdiagramm Dosierung in der Variante Schokolade

Wie in der Abbildung 19 im Flussdiagramm zu sehen ist, wird die Dosierung in zwei Fällen gestoppt. Durch die Betätigung des Endschalters oder wenn das Signal nicht mehr vorhanden ist. Im Falle des Endanschlages wird das Teleskoparm an die Startposition zurückgefahren. Die Dosierung wurde auf zwei Sekunden begrenzt, und wenn es diese erreicht, leuchten beide LED's auf. Diese Zeit wird benötigt, um die Maximale Menge von 20g auszustossen. Sollte die Zeit überschritten werden, ist wahrscheinlich im Programm oder an den Verbindungen eine Störung vorhanden, welche behoben werden sollte.

Ist das Signal nicht auf HIGH, wird die Unterfunktion «Heizvorgang» aufgerufen. Bei der Konfitüre ist diese als Ruhephase definiert. Bei der der Dosiervorrichtung für Schokolade kann hier die Heizung gesteuert werden.

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

### Dossiervorrichtung für Schokolade

Bei der Variante für die Dosierung von Schokolade muss noch der Aluminium Einsatz gefertigt werden. Der elektronische Teil wurde mit Hilfe der Leiterplatte schon am Mikrocontroller angeschlossen und es stehen Anschlüsse für den Temperatursensor sowie die Heizung bereit. Da die Heizung bei maximal 80 Watt mit 24 Volt arbeitet, ergibt einen Strom von 3.33 Ampere [17]. Die Federkontakte sind nur auf 3 Ampere ausgelegt. Zusammen mit dem Mikrocontroller wird dementsprechend zu viel Strom gezogen. Als Lösung könnte die Leistung begrenzt oder höher ausgelegte Federkontakte ausgewählt werden.

Das Programm auf dem Mikrocontroller besitzt eine Unterfunktion für die Heizung, welche aufgerufen wird, solange kein positiver Input für das Dosieren vorhanden ist. In dieser Funktion ist momentan nur ein «Delay», also eine Zeitverzögerung programmiert, da die Konfitüre nicht geheizt werden muss. Für die Realisation der Schokoladenheizung kann hier eine einfache Steuerung programmiert werden. Es ist aber auch möglich, die Regelung [2] von der BAT FS 19 von Herrn Simon Aschwanden zu implementieren.

Durch die höhere Viskosität der Schokolade wird ein höheres Drehmoment erfordert (A2 3). Dabei kann auf ein grösseren Schrittmotor, wie die Baugrösse Nema 23, zurückgegriffen werden. Zusätzlich kann ein höheres Drehmoment mit einem Planetengetriebe erreicht werden.

### Aufnahmen

Für einen dauerhaften Einsatz der Vorrichtung ist es sinnvoll, die Halterungen am Roboter und am Lagerplatz aus Aluminium zu fertigen. Dies stellt eine Dauerfestigkeit und sauberen Betrieb der Crêpe Herstellung sicher. Bei der additiven Fertigung werden von den Herstellern verschiedene Parameter genutzt, wie die Dichte, Temperatur, Geschwindigkeit. Darum ist es schwierig die Festigkeit der Bauteile sauber zu bestimmen.

## **8 Danksagung**

Für das Gelingen der Arbeit, sowie für die Mithilfe bedanke ich mich sehr bei der Hochschule Luzern – Technik & Architektur. Speziellen Dank meinem betreuenden Dozenten, Herr Marco De Angelis, welcher während der gesamten Projektdauer unterstützend zur Seite stand. Seine motivierende und praktische Art half mir, diese Arbeit zu realisieren.

Des Weiteren bedanke bei meinen guten Kollegen Ueli Steimen und Corsin Obrist, welche als ehemalige Elektrotechnik Studenten der Hochschule Luzern, mich sehr gut Beraten konnten. Ihre wertvollen Inputs waren sehr hilfreich und schonten auch etwas meine Nerven.

Ich bedanken mich auch herzlich bei der Firma Vernay Laboratories für das zur Verfügung stellen von technischen Informationen und Ventilen. Mit Herr Frank Mulder hat ich einen sehr kompetenten Berater und er war gerne bereit, die Bachelor Arbeit zu unterstützen.

Christoph Niederberger

Horw, 08.06.2020

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] IndustryArena, „Vertikal-Knickarmroboter,“ o. D. [Online]. Available: <https://de.industryarena.com/fanuc/produkte/vertikal-knickarmroboter--1477/lr-mate-200id-4sc--12142>. [Zugriff am 2020 02 04].
- [2] S. Aschwanden, „Dosiervorrichtung für Crepe Roboter,“ Hochschule Luzern, Horw, 2019.
- [3] C. Niederberger, „Marmelade Dosierer für Crepe Roboter,“ Hochschule Luzern, Horw, 2019.
- [4] Stepperonline, „Nema 17 Bipolar 1.8deg 65Ncm,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.omc-stepperonline.com/de/nema-17-42mm-schrittmotor/nema-17-bipolar-1-8deg-65ncm-2-1oz-2-1a-3-36v-42x42x60mm-4-drahte.html?mfp=145-haltemoment-ncm%5B36%2C40%2C44%2C45%2C46%2C59%2C60%2C65%2C79%5D%2C183-korperlange-mm%5B48%2C60%2C67%5D>. [Zugriff am 12 05 2020].
- [5] R. Hoppe, „Temperaturmessung mit dem Arduino,“ o. D. [Online]. Available: <https://testwetterstation.de/temperaturmessung-mit-dem-arduino#:~:text=Beim%20LM35%20handelt%20es%20sich,Spannung%20in%20eine%20Temperatur%20um..> [Zugriff am 20 04 2020].
- [6] Fillamentum, „CPE HG100 "Natural",“ Fillamentum Manufacturing Czech, o. D. [Online]. Available: <https://fillamentum.com/collections/cpe-filaments/products/cpe-hg100-natural>. [Zugriff am 16 04 2020].
- [7] Fabb-It, „Material-Details: PA12 Datenblatt,“ Fabb-It pro3D GmbH, o. D. [Online]. Available: <https://www.fabb-it.de/material/details?material=nylon-pa12>. [Zugriff am 20 Mai 2020].
- [8] igus, „Verschleißfester Kunststoff: 3D-Druck Bauteile im Testlabor,“ igus® GmbH, o. D. [Online]. Available: <https://www.igus.de/info/3d-print-tribology-test>. [Zugriff am 05 04 2020].
- [9] schweizer-fn, „Gleitreibwerte von verschiedenen Materialien,“ o.D. [Online]. Available: [https://www.schweizer-fn.de/stoff/reibwerte/reibwerte\\_gleitreibung.php#kunststoff](https://www.schweizer-fn.de/stoff/reibwerte/reibwerte_gleitreibung.php#kunststoff). [Zugriff am 19 03 2020].
- [10] Licharz GmbH, „KONSTRUIEREN MIT TECHNISCHEN KUNSTSTOFFEN,“ o. D. [Online]. Available: [https://www.licharz.de/downloads/de/04\\_Konstruktionshinweise/07\\_Gleitlager%20aus%20Kunststoff.pdf](https://www.licharz.de/downloads/de/04_Konstruktionshinweise/07_Gleitlager%20aus%20Kunststoff.pdf). [Zugriff am 24 02 2020].
- [11] S. Frings, „Einstieg in die Elektronik,“ o. D. [Online]. Available: [http://stefanfrings.de/mikrocontroller\\_buch/Einstieg%20in%20die%20Elektronik%20mit%20Mikrocontrollern%20-%20Band%202.pdf](http://stefanfrings.de/mikrocontroller_buch/Einstieg%20in%20die%20Elektronik%20mit%20Mikrocontrollern%20-%20Band%202.pdf). [Zugriff am 19 05 2020].

- [12] A. Egger, „Arduino Kapazitiver Sensor,“ 25 12 2018. [Online]. Available: <https://www.aeq-web.com/arduino-capacitive-sensor-5-and-24-volt/>. [Zugriff am 14 05 2020].
- [13] RN-Wissen, „Pullup Pulldown Widerstand,“ o. D. [Online]. Available: [https://rn-wissen.de/wiki/index.php/Pullup\\_Pulldown\\_Widerstand](https://rn-wissen.de/wiki/index.php/Pullup_Pulldown_Widerstand). [Zugriff am 26 05 2020].
- [14] Bastelgarage, „MP1584 3A Schaltregler DC-DC Step-Down Abwärtswandler,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.bastelgarage.ch/mp1584-3a-schaltregler-dc-dc-step-down-abwartswandler?search=step%20down>. [Zugriff am 27 05 2020].
- [15] Digi-Key, „Kalkulator für Spannungsteiler,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.digikey.de/de/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-voltage-divider>. [Zugriff am 01 06 2020].
- [16] 3DWARE, „E3D NEMA 17 Schrittmotor 1.8 Grad, 2.0A,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.3dware.ch/E3D-NEMA-17-Schrittmotor-1.8-Grad,-2.0A-De.htm>. [Zugriff am 27 05 2020].
- [17] Teich-Filter.eu, „Volt, Watt und Ampere Rechner,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.teich-filter.eu/solartechnik/volt-watt-ampere-rechner/berechnen>. [Zugriff am 2020 06 01].
- [18] Co, Präzisionswerkzeuge Klaus-D. Dung GmbH &, „Berechnen von Gewinde - Steigungswinkel,“ 2015. [Online]. Available: <https://www.gewinde.com/pdf/gewinde-steigungswinkel-gewinde.pdf>. [Zugriff am 10 03 2020].
- [19] A.Mannesmann, „Teleskopaktor 2-stufig,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.amannesmann.de/produkte/linear-und-teleskopaktoren/teleskopaktor-2-stufig/>. [Zugriff am 01 06 2020].
- [20] B. Gunther, „Fragen zum Servomotor,“ 14 08 2017. [Online]. Available: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=494390.0>. [Zugriff am 01 06 2020].
- [21] 3DWare, „E3D Heizpatrone 40 Watt - 12v,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.3dware.ch/E3D-Heizpatrone-40-Watt---12v-De.htm>. [Zugriff am 01 06 2020].
- [22] 3D HUBS, „Der vollständige technische Leitfaden,“ o. D. [Online]. Available: <https://www.3dhubs.com/de/leitfaden/3d-druck/>. [Zugriff am 09 03 2020].

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1- Nürnberger Schere [20] .....	6
Abbildung 2 - Synchron-Teleskopspindel [19] .....	6
Abbildung 3 – Links: erstes Gewinderohr ausgefahren. Rechts: ganz ausgefahren .....	7
Abbildung 4 - Rohre mit Verdrehsicherung .....	8
Abbildung 5 - 3-stufiges Teleskopgewinde .....	8
Abbildung 6 - Schematische Darstellung des FDM-Verfahrens [22] .....	10
Abbildung 7 - Schematische Darstellung des SLS-Verfahrens [22] .....	10
Abbildung 8 - Fließ Hindernis .....	11
Abbildung 9 - Kolben mit einer Dichtung .....	12
Abbildung 10 - Kolben mit zwei Dichtungen .....	12
Abbildung 11 - Grundkonzept .....	13
Abbildung 12- Verschluss Einsatz "offen" .....	14
Abbildung 13 - Verschluss Einsatz "geschlossen" .....	14
Abbildung 14 - Einsatz Heizung.....	15
Abbildung 15 – Heizpatrone [21] .....	15
Abbildung 16 - Mosfet.....	16
Abbildung 17 - Endschalter .....	16
Abbildung 18 – Eingänge und Spannungsteiler .....	17
Abbildung 19 - Flussdiagramm Dosierung in der Variante Schokolade.....	18

# A1 Projektplan

Organisatorisches	Status	Projektstart 17.02.2019																	
		Woche 1 17.02.2020	Woche 2 24.02.2020	Woche 3 02.03.2020	Woche 4 09.03.2020	Woche 5 16.03.2020	Woche 6 23.03.2020	Woche 7 30.03.2020	Woche 8 06.04.2020	Woche 9 13.04.2020	Woche 10 20.04.2020	Woche 11 27.04.2020	Woche 12 04.05.2020	Woche 13 11.05.2020	Woche 14 18.05.2020	Woche 15 25.05.2020	Woche 16 01.06.2020		
Zeitplan erstellen	finished																		
Projektumfang definieren	finished																		
Pflichtenheft/Auftragskatalog	finished																		
Zwischenpräsentation 02.04.20	finished										Melienstein								
Paind abschreiben	finished																		
Paind abschliessen	finished																		
Korrektur lesen	finished																		
Arbeit drucken und binden	finished																		
Konfiture																			
Motor auslegen	finished																		
Recherche Energiezufuhr	finished																		
Material bestellen	finished																		
Funktionsmuster bauen	finished											Melienstein							
<b>Schokolade</b>																			
Recherche Energiezufuhr	finished																		
Test vorheizen	finished																		
Recherche Steuerung	finished																		
Antropssystem	finished																		
<b>Gesamt</b>																			
Konzept Halterung	finished																		
Konzept Energiezufuhr	finished																		
Konzept Teleskop	finished																		
Funktionstest Teleskop	finished																		
Elektronik auswählen	finished																		
Herstellung starten	finished																		
Steuerung programmieren	finished																		
Aufbau Modell	finished																		
Einbau Elektronik	finished																		
Funktionstest	finished																		

Bachelor Maschinentechnik  
Christoph Niederbeger

Projekt: Dozierorientierung für den Crêpe Roboter  
Dozent: Marco De Angelis

Projektstart 17.02.2019  
Abgabe: 08.06.2019

## A2 Berechnungen

$$\text{Wirkungsgrad } n = \frac{1 - u * \tan(a)}{1 + u / \tan(a)} = \frac{1 - 0.6 * \tan(0.009)}{1 + 0.6 / \tan(0.009)} = 0.15 \quad (\text{A2-1})$$

Steigungswinkel:  $a = 0.00918$  [18] (A2-2)

$$\text{Steigungswinkel } a = \tan^{-1} \frac{P}{\pi * D} = \tan^{-1} \frac{1.5}{\pi * 52} = 0.00918 \quad (\text{A2-2})$$

Steigung:  $P = 1.5 \text{ mm}$

Grösster Durchmesser:  $D = 52 \text{ mm}$

Drehmoment für die Schokoladendossierung

$$\text{Drehmoment } M = \frac{F_a * p * 10^{-3}}{2 * \pi * n} = \frac{283 \text{ N} * 1.5 \text{ mm} * 10^{-3}}{2 * \pi * 0.015} = 4.5 \text{ Nm} \quad (\text{A2-3})$$

Wirkungsgrad:  $n = 0.015$  (A2-1)

axiale Kraft:  $F_a = 283 \text{ N}$

Steigung:  $P = 1.5 \text{ mm}$

## A3 Tests

### A3.1 Antitropftest

Konfitüre	mind. Füllhöhe	Verhalten/Bemerkung
Aprikose	349mm (1.5L)	Leichte Tropfenbildung (alle 10-20 Sekunden)
Aprikose	233mm (1L)	Keine Tropfen Bildung. Beim Reinigen wurde festgestellt das die Düse teilweise von Aprikosen Stücken blockiert sind. Dadurch unregelmässiger Ausstoss
Erdbeere	349mm (1.5L)	Regelmässiges Tropfen (alle Sekunde)
Erdbeere	233mm (1L)	Leichtes Tropfen (alle 5 Sekunden)
Erdbeere	233mm (1L)	Einsatz des Flussumrichter Seltene Tropfenbildung (alle 20-30 Sekunden)
Erdbeere	349mm (1.5L)	Einsatz des Flussumrichter Leichte Tropfenbildung (alle 10-20 Sekunden) Beim Reinigen der Düsen wurden keine speziellen Blockaden festgestellt.
Beide	-	Bei bestehenden Tropfen konnten die Düsen sauber auf einer flachen Unterlage abgestrichen werden, um so einen gereinigten Zustand für den Rückzug zum Lagerplatz zu ermöglichen.

Tabelle A3-1 Ergebnisse Antitropftest

## A4 Kostenabschätzung

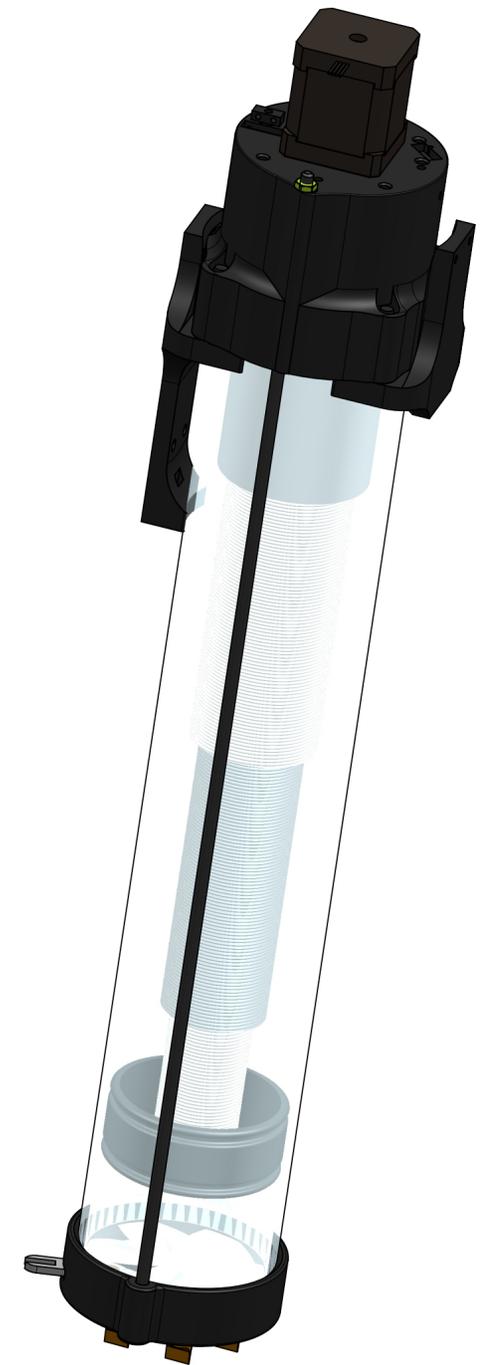
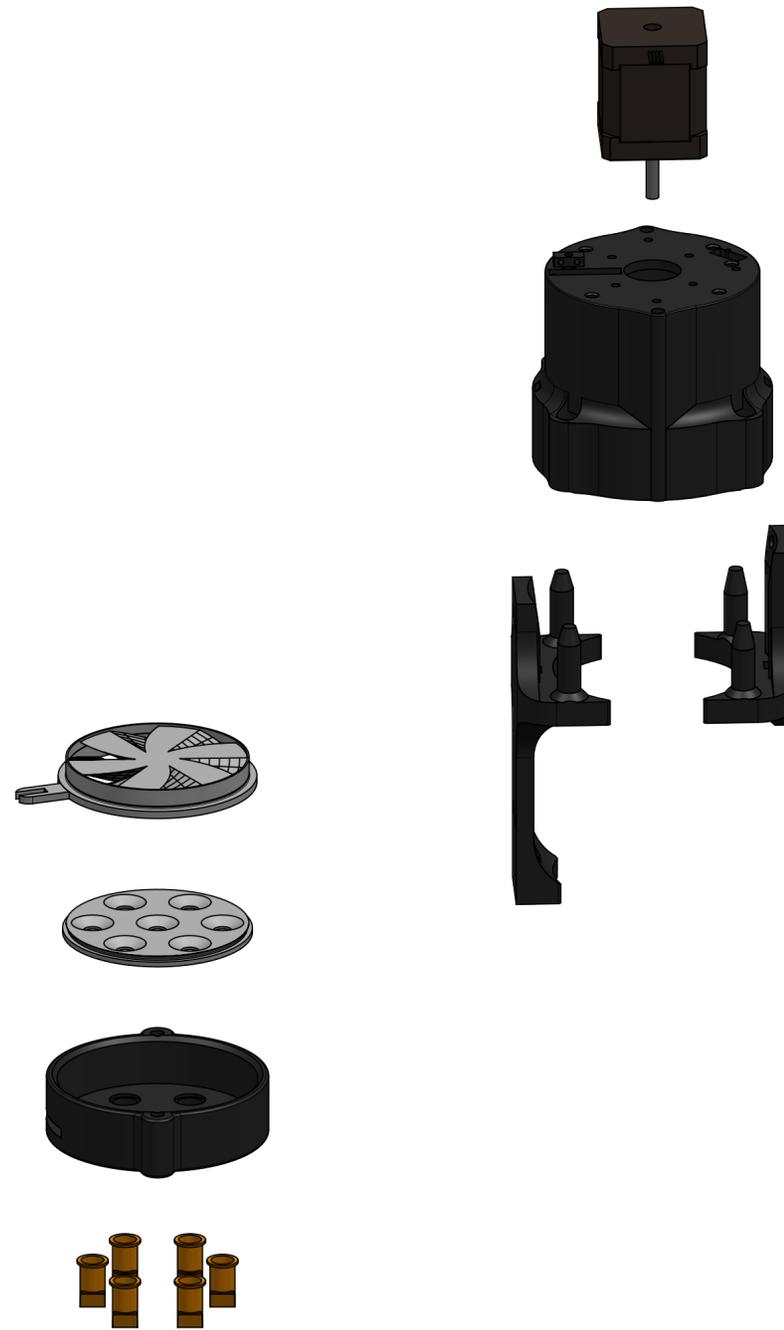
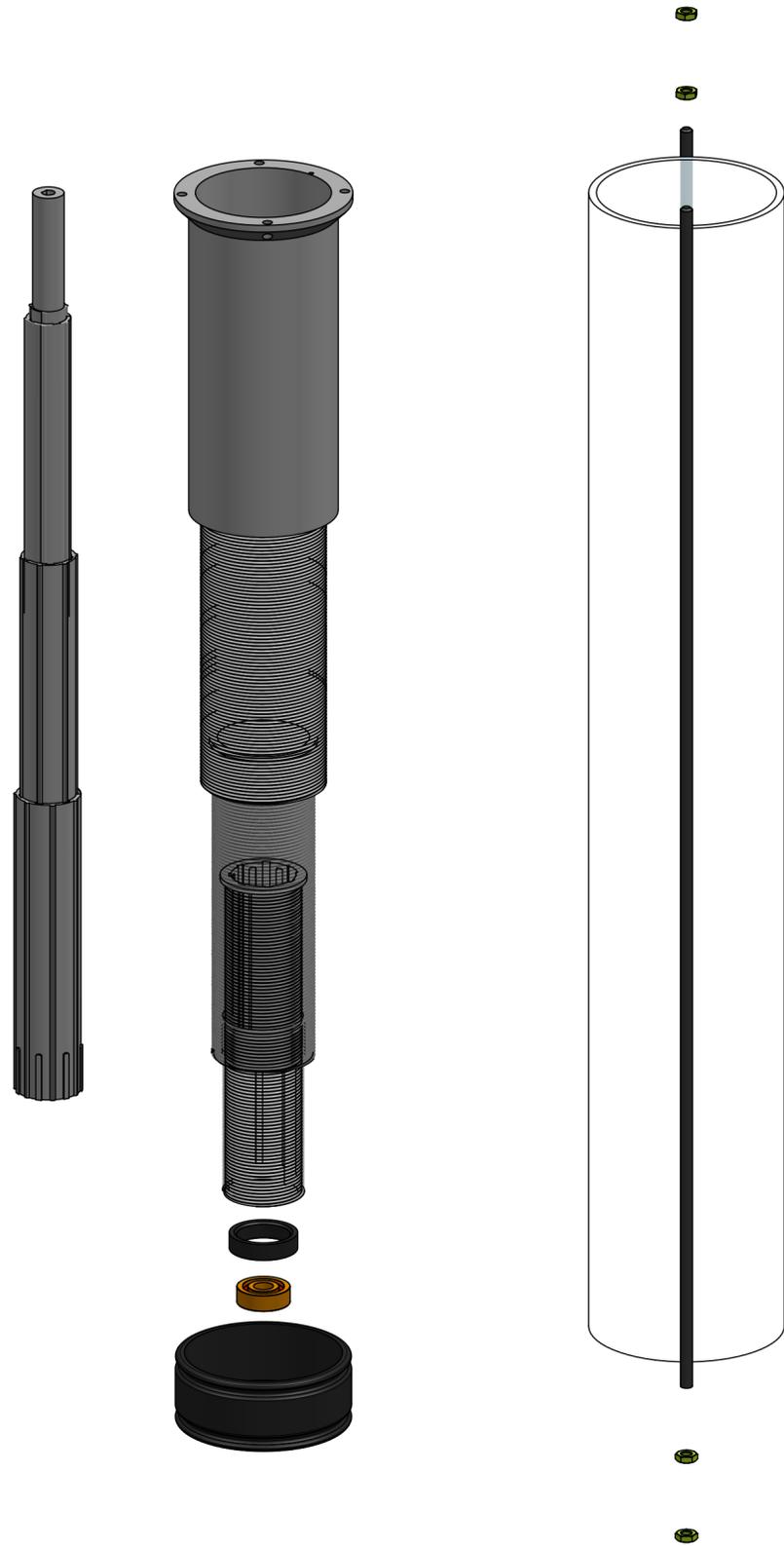
<b>Dosiervorrichtung mit Marmelade</b>				
<b>System 1</b>	<b>Lieferant</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Preis pro Stück</b>	<b>Total Kosten</b>
<b>Mechanische Bauteile</b>			<b>[CHF]</b>	<b>[CHF]</b>
Kugellager 608	3DWare	1	3.9	3.9
Teleskopgewinde, Säule 4-8	Meltwerk	1	146	146
O-Ringe, NBR 70 Shore, 66x3mm	Kubo	3	1.51	4.53
Acrylglas-Rohr, 80/74 x 500mm	abc Kunststoff Technik GmbH	1	35.35	35.35
<b>Elektronische Bauteile</b>				
D2F-L Mikroschalter	3DWare	2	2.5	5
Nema 17 Schrittmotor	3DWare	1	30.45	30.45
Heizpatrone E3D, 40W	3DWare	0	8.95	0
Printtaster, THT, 6x6x9.5mm	reichelt	1	0.15	0.15
Bipolartransistor, NPN, BC 546B CDIL	reichelt	0	0.03	0
Mosfet,N-CH, TO-220AB,IRLZ 44N	reichelt	0	0.64	0
Temperatursensor TO92, LM 35 DZ	reichelt	0	0.96	0
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Rundko	DISTRELEC	2	2.4	4.8
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Flachk	DISTRELEC	2	1.51	3.02
Mikrocontrollerboard/Nano/Atmega	DISTRELEC	1	18.46	18.46
Leiterplatte, PCB	PCBWay	1	14	14
MP1584 3A Schaltregler DC-DC Step-Down	Bastelgarage.ch	1	2.9	2.9
Schrittmotor Treiber DRV8825	Bastelgarage.ch	1	4.4	4.4
				<b>272.96</b>
<b>Dosiervorrichtung mit Marmelade</b>				
<b>System 2</b>	<b>Lieferant</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Preis pro Stück</b>	<b>Total Kosten</b>
<b>Mechanische Bauteile</b>			<b>[CHF]</b>	<b>[CHF]</b>
Kugellager 608	3DWare	1	3.9	3.9
Teleskopgewinde, Säule 4-8	Meltwerk	1	146	146
O-Ringe, NBR 70 Shore, 66x3mm	Kubo	3	1.51	4.53
Acrylglas-Rohr, 80/74 x 500mm	abc Kunststoff Technik GmbH	1	35.35	35.35
<b>Elektronische Bauteile</b>				
D2F-L Mikroschalter	3DWare	2	2.5	5
Nema 17 Schrittmotor	3DWare	1	30.45	30.45
Heizpatrone E3D, 40W	3DWare	2	8.95	17.9
Printtaster, THT, 6x6x9.5mm	reichelt	1	0.15	0.15
Bipolartransistor, NPN, BC 546B CDIL	reichelt	1	0.03	0.03
Mosfet,N-CH, TO-220AB,IRLZ 44N	reichelt	1	0.64	0.64
Temperatursensor TO92, LM 35 DZ	reichelt	1	0.96	0.96
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Rundko	DISTRELEC	2	2.4	4.8
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Flachk	DISTRELEC	2	1.51	3.02
Mikrocontrollerboard/Nano/Atmega	DISTRELEC	1	18.46	18.46
Leiterplatte, PCB	PCBWay	1	14	14
MP1584 3A Schaltregler DC-DC Step-Down	Bastelgarage.ch	1	2.9	2.9
Schrittmotor Treiber DRV8825	Bastelgarage.ch	1	4.4	4.4
				<b>292.49</b>

\*System 1: Dosiervorrichtung mit Marmelade

\*System 1: Dosiervorrichtung mit Schokolade

## A5 Stückliste

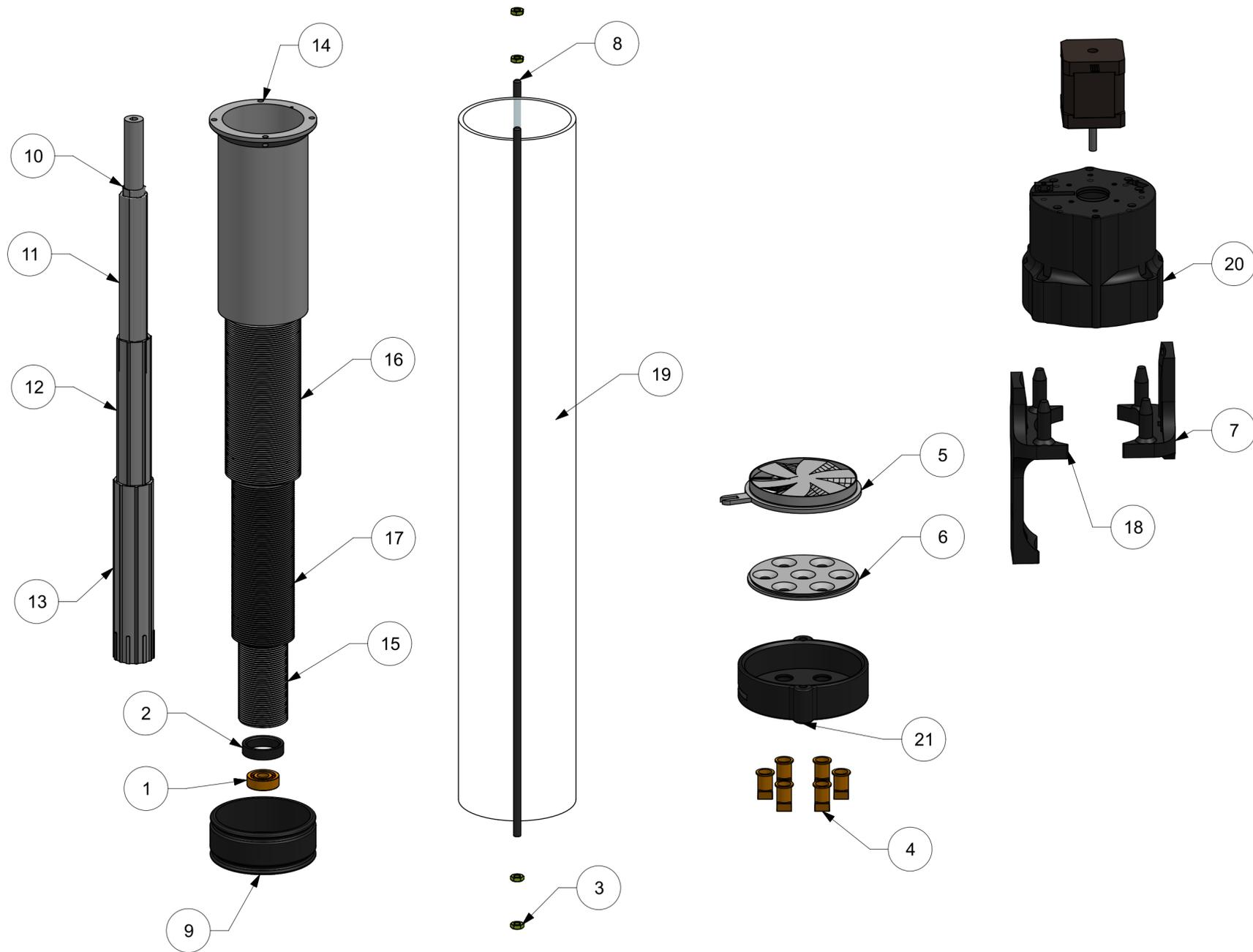
	Lieferant	Anzahl System 1	Anzahl System 2
<b>Mechanische Bauteile</b>			
Kugellager 608	3DWare		1
Teleskopgewinde, Säule 4-8	Meltwerk		1
O-Ringe, NBR 70 Shore, 66x3mm	Kubo		3
Acrylglas-Rohr, 80/74 x 500mm	abc Kunststoff Technik GmbH		1
Entenschnabel Ventil, VA4295	Vernay		6
Sechskantmutter M5	Elektrotechnik-Werkstatt		4
M5 Gewindestange 550mm	Elektrotechnik-Werkstatt		2
Distanzhalter M3x15	Elektrotechnik-Werkstatt		4
Zylinderschraube M3x 8	Elektrotechnik-Werkstatt		9
Zylinderschraube M3x 12	Elektrotechnik-Werkstatt		2
Zylinderschraube M2x 10	Elektrotechnik-Werkstatt		5
Zylinderschraube M2x 5	Elektrotechnik-Werkstatt		2
Gewindeeinsatz M3x3	Elektrotechnik-Werkstatt		6
Gewindeeinsatz M3x5	Elektrotechnik-Werkstatt		4
<b>Elektronische Bauteile</b>			
D2F-L Mikroschalter	3DWare		2
Nema 17 Schrittmotor	3DWare		1
Heizpatrone E3D, 40W	3DWare		0
Printtaster, THT, 6x6x9.5mm	reichelt		1
Bipolartransistor, NPN, BC 546B CDIL	reichelt		0
Mosfet, N-CH, TO-220AB, IRLZ 44N	reichelt		0
Temperatursensor TO92, LM 35 DZ	reichelt		0
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Rundko	DISTRELEC		2
Federkontakt 3.5 A 7.32mm Flachk	DISTRELEC		2
Mikrocontrollerboard/Nano/Atmega	DISTRELEC		1
Leiterplatte, PCB	PCBWay		1
MP1584 3A Schaltregler DC-DC Step-Down	Bastelgarage.ch		1
Schrittmotor Treiber DRV8825	Bastelgarage.ch		1
<b>Selber gefertigte Teile</b>			
	<b>Dateiname</b>		
Bodenplatte	BODENTEIL_DUESE_ET1		1
Kopfteil	KOPFTEIL_ET2		1
Halterung für Einschalter	KOPFTEIL_ET2		2
Schalerverlängerung für Endschalter	KOPFTEIL_ET2		1
Halterung für den Lagerplatz	HALTERUNG_ET1		1
Halterung für den Roboterarm	HALTERUNG_ROBOTER_ET1		1
Aufnahme Teleskopgewinde	SAEULE_7_ET1		1
Gewinderohr 1	SAEULE_6_ET1		1
Gewinderohr 2	SAEULE_5_ET1		1
Gewinderohr 3	SAEULE_4_ET1		1
Innensäule 1	SAEULE_3_ET1		1
Innensäule 2	SAEULE_2_ET1		1
Innensäule 3	SAEULE_1_ET1		1
Adapter von Säule zu Schrittmotor	MOTOR_ET1		1
Kolben zum Ausstossen	KOLBEN_ET1		1
Adapter von Kugellager zum Teleskopgewinde	KUGELLAGER_ADAPTER_ET1		1
Drehbarer Verschluss	KONFITUERE_VERSCHLUSS_ET2		1
Einsatz zwischen Düsen und Verschluss	KONFITUERE_VERSCHLUSS_EINSA		1



SCALE 1:2

Max. Rauheit ( Ra in $\mu\text{m}$ ) der N-Klassen Max. Roughness ( Ra in $\mu\text{m}$ ) of N-Classes	<table border="1"> <tr> <td>N12</td><td>50</td><td>N8</td><td>3.2</td><td>N4</td><td>0.2</td></tr> <tr> <td>N11</td><td>25</td><td>N7</td><td>1.6</td><td>N3</td><td>0.1</td></tr> <tr> <td>N10</td><td>12.5</td><td>N6</td><td>0.8</td><td>N2</td><td>0.05</td></tr> <tr> <td>N 9</td><td>6.3</td><td>N5</td><td>0.4</td><td>N1</td><td>0.025</td></tr> </table>				N12	50	N8	3.2	N4	0.2	N11	25	N7	1.6	N3	0.1	N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05	N 9	6.3	N5	0.4	N1	0.025																		
N12	50	N8	3.2	N4	0.2																																									
N11	25	N7	1.6	N3	0.1																																									
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05																																									
N 9	6.3	N5	0.4	N1	0.025																																									
Metr. ISO-Gew. Mutter, Bolzen Metr. ISO threads nut, bolt	<table border="1"> <tr> <td>6H 6g</td><td>6H 6g</td></tr> <tr> <td>6H 6g</td><td>6H 6g</td></tr> </table>				6H 6g	6H 6g	6H 6g	6H 6g																																						
6H 6g	6H 6g																																													
6H 6g	6H 6g																																													
Allgemeintoleranzen fuer Blechteile General tolerances for sheet metal parts	<table border="1"> <tr> <td><math>\leq 15</math></td><td><math>&gt; 15 \leq 100</math></td><td><math>&gt; 100 \leq 500</math></td><td><math>&gt; 500 \leq 1000</math></td><td><math>\leq 1000</math></td></tr> <tr> <td><math>\pm 0.5</math></td><td><math>\pm 1.0</math></td><td><math>\pm 1.2</math></td><td><math>\pm 1.5</math></td><td><math>\pm 2.0</math></td></tr> </table>				$\leq 15$	$> 15 \leq 100$	$> 100 \leq 500$	$> 500 \leq 1000$	$\leq 1000$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 1.2$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$																																
$\leq 15$	$> 15 \leq 100$	$> 100 \leq 500$	$> 500 \leq 1000$	$\leq 1000$																																										
$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 1.2$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$																																										
Allgemeintoleranzen fuer spanabnehmende Bearbeitung / General tolerances for untoleranced dimensions	<table border="1"> <tr> <td>0,5 - 6</td><td>&gt; 6 - 30</td><td>&gt; 30 - 120</td><td>&gt; 120 - 400</td><td>&gt; 400 - 1000</td><td>&gt; 1000 - 2000</td><td>&gt; 2000 - 4000</td></tr> <tr> <td><math>\pm 0.1</math></td><td><math>\pm 0.2</math></td><td><math>\pm 0.3</math></td><td><math>\pm 0.5</math></td><td><math>\pm 0.8</math></td><td><math>\pm 1,2</math></td><td><math>\pm 2</math></td></tr> <tr> <td>0.2 - 0.5</td><td>&gt; 0.5 - 3</td><td>&gt; 3 - 6</td><td>&gt; 6 - 30</td><td>&gt; 30 - 120</td><td>&gt; 120 - 400</td><td>&gt; 400</td></tr> <tr> <td><math>\pm 0.1</math></td><td><math>\pm 0.2</math></td><td><math>\pm 0.5</math></td><td><math>\pm 1</math></td><td><math>\pm 2</math></td><td><math>\pm 4</math></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\pm 0.1</math></td><td><math>\pm 0.2</math></td><td><math>\pm 0.5</math></td><td><math>\pm 1</math></td><td><math>\pm 2</math></td><td><math>\pm 4</math></td><td></td></tr> <tr> <td><math>\pm 1.8 / \pm 1</math></td><td><math>\pm 0.9 / \pm 30'</math></td><td><math>\pm 0.6 / \pm 20'</math></td><td><math>\pm 0.3 / \pm 10'</math></td><td><math>\pm 0.15 / \pm 5'</math></td><td></td><td></td></tr> </table>				0,5 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	$\pm 0.8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$	0.2 - 0.5	> 0.5 - 3	> 3 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 4$		$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 4$		$\pm 1.8 / \pm 1$	$\pm 0.9 / \pm 30'$	$\pm 0.6 / \pm 20'$	$\pm 0.3 / \pm 10'$	$\pm 0.15 / \pm 5'$		
0,5 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000																																								
$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	$\pm 0.8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$																																								
0.2 - 0.5	> 0.5 - 3	> 3 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400																																								
$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 4$																																									
$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 4$																																									
$\pm 1.8 / \pm 1$	$\pm 0.9 / \pm 30'$	$\pm 0.6 / \pm 20'$	$\pm 0.3 / \pm 10'$	$\pm 0.15 / \pm 5'$																																										

Index	Werkstoff	Ersatz fuer	
Datum	Gewicht	Ersetzt durch	
Benennung		Masstab	Name
Dossiervorrichtung BAT Christoph Niederberger		Gezeichnet	07.06.2020 chnie
		Geprueft	
		Freigeig,	
		Format	Blatt
		A2	1 / 1

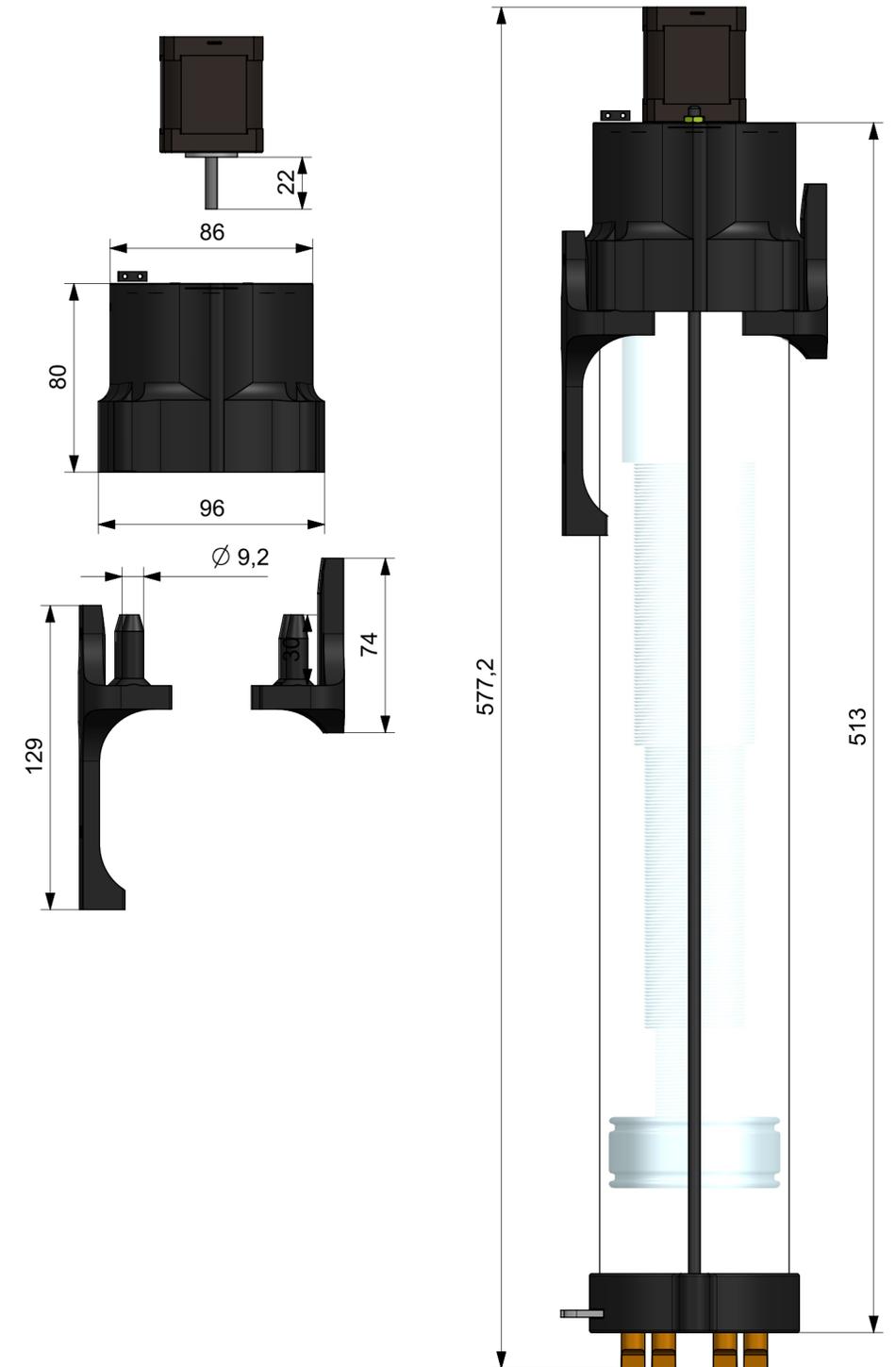
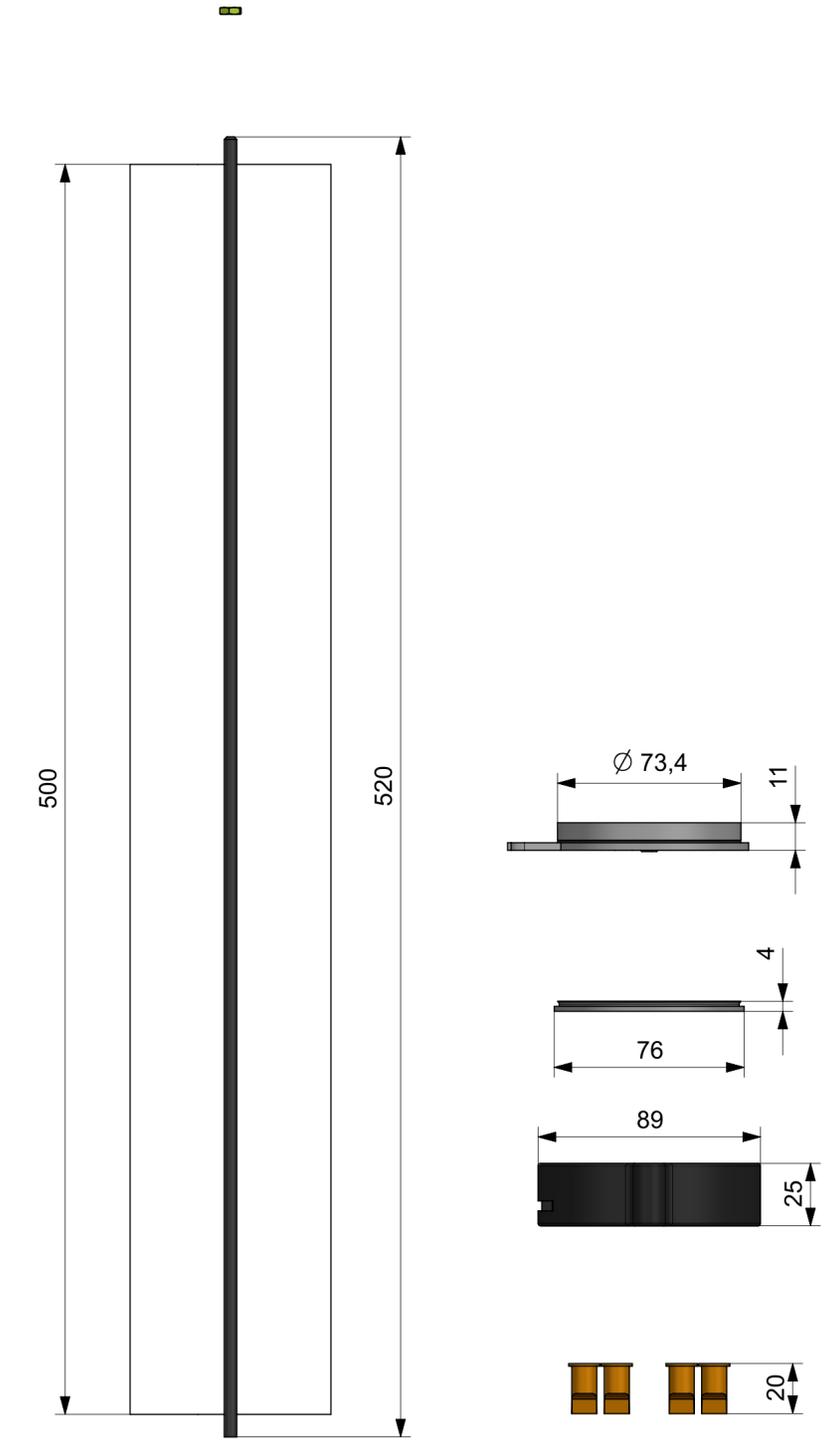
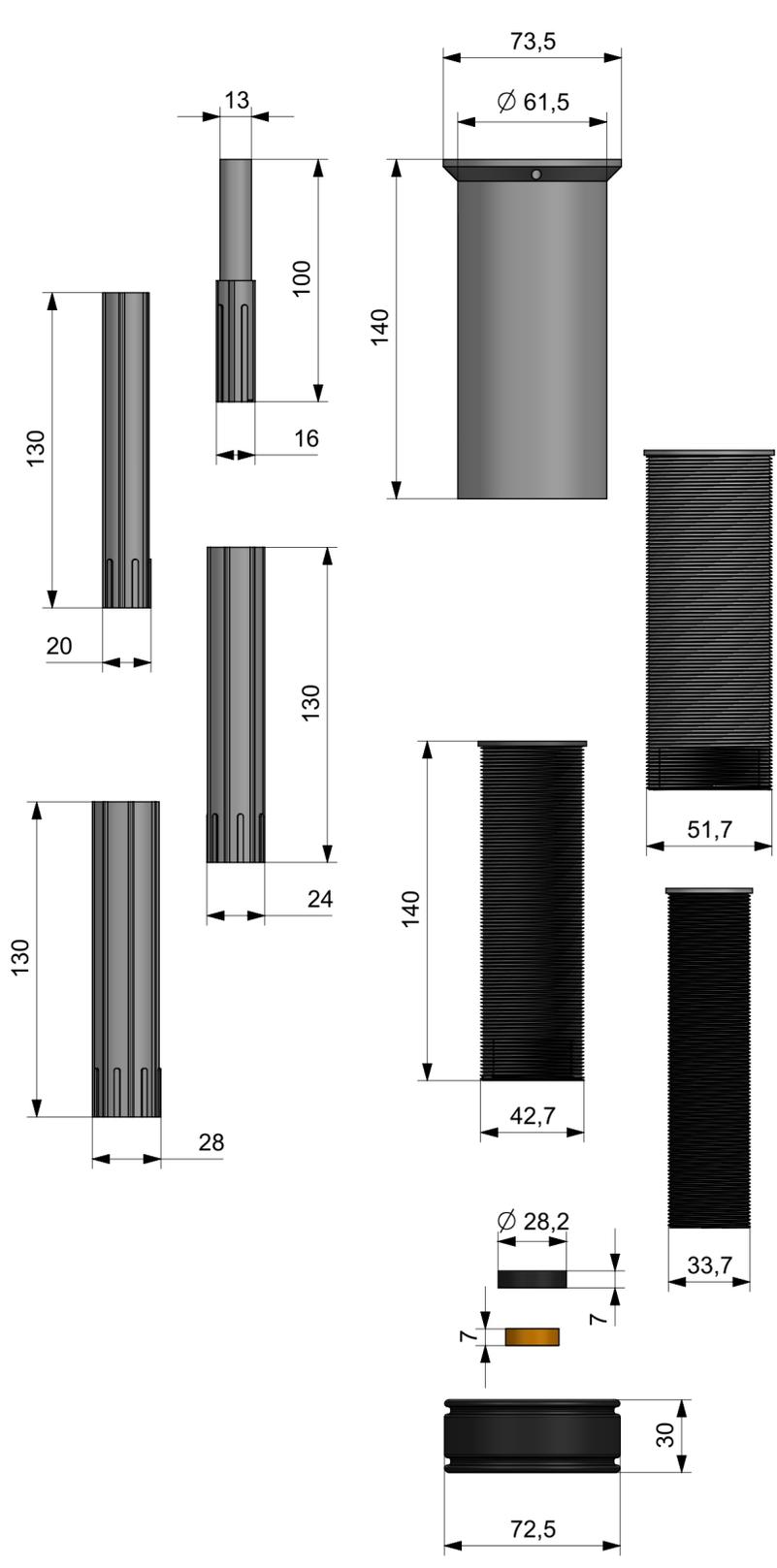


SCALE 2:5

21	1	BODENTEIL_DUESE_ET1	[Bodenplatte]
20	1	KOPFTEIL_ET2	[Kopfteil]
19	1	ACRYLGLASROHR_ET1	[Acrylglas-Rohr]
18	1	HALTERUNG_ET1	[Halterung für den Lagerplatz]
17	1	SAEULE_5_ET1	[Gewinderohr 2]
16	1	SAEULE_6_ET1	[Gewinderohr 1]
15	1	SAEULE_4_ET1	[Gewinderohr 3]
14	1	SAEULE_7_ET1	[Aufnahme Teleskopgewinde]
13	1	SAEULE_3_ET1	[Innensäule 1]
12	1	SAEULE_2_ET1	[Innensäule 2]
11	1	SAEULE_1_ET1	[Innensäule 3]
10	1	MOTOR_ET1	[Adapter von Säule zu Schrittmotor]
9	1	KOLBEN_ET1	[Kolben]
8	2	GEWINDESTANGE_ET1	[Gewindestange M5]
7	1	HALTERUNG_ROBOTER_ET1	[Halterung für den Roboterarm]
6	1	KONFIGURIERE_VERSCHLUSS_EINSATZ_ET1	[Einsatz zwischen Düsen und Verschluss]
5	1	KONFIGURIERE_VERSCHLUSS_ET2	[Drehbarer Verschluss]
4	6	ENTENVENTIL_ET2	[Entenschnabelventil]
3	4	SECHSKANTMUTTER_DIN439_M5	[Sechskantmutter M5]
2	1	KUGELLAGER_ADAPTER_ET1	[Adapter von Kugellager zum Teleskopgewinde]
1	1	RILLENKUGELLAGER 608	[Rillenkugellager 608]
Pos.	Anzh.	File Name	Benennung

Index	Werkstoff	Ersatz fuer		
Datum	Gewicht	Ersetzt durch		
Benennung		Massstab	Datum	Name
Dossievorrichtung Stueckliste		1:2.5	07.06.2020	chnie
BAT Christoph Niederberger		Gezeichnet		
		Geprueft		
		Freigeig.		
		Format	Zeichnungs-Nr.	Blatt
		A2	Stueckliste-et	1/1

Max. Rauheit ( Ra in µm ) der N-Klassen Max. Roughness ( Ra in µm ) of N-Classes	Allgemeintoleranzen für spanabnehmende Bearbeitung / General tolerances for untoleranced dimensions						
N12 50   N8 3.2   N4 0.2	0,5 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000
N11 25   N7 1.6   N3 0.1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
N10 12,5   N6 0.8   N2 0.05	0,2 - 0,5	> 0,5 - 3	> 3 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400
N 9 6,3   N5 0,4   N1 0,025	±0,1	±0,2	±0,5	±1	±2	±4	
Metr. ISO-Gew. Mutter, Bolzen 6H 6g Metr. ISO threads nut, bolt 6H 6g	Winkel/Angles mm / 100mm						
	≤ 10	> 10 - 50	> 50 - 120	> 120 - 400	> 400		
	±1,8 / ±1	±0,9 / ±30'	±0,6 / ±20'	±0,3 / ±10'	±0,15 / ±5'		
Allgemeintoleranzen fuer Blechteile General tolerances for sheet metal parts	≤ 15	> 15 - ≤ 100	> 100 - ≤ 500	> 500 - ≤ 1000	≤ 1000		
	±0,5	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0		



Max. Rauheit ( Ra in µm ) der N-Klassen Max. Roughness ( Ra in µm ) of N-Classes	N12 50 N8 3,2 N4 0,2 N11 25 N7 1,6 N3 0,1 N10 12,5 N6 0,8 N2 0,05 N 9 6,3 N5 0,4 N1 0,025			
Metr. ISO-Gew. Mutter , Bolzen Metr. ISO threads nut , bolt	6H 6g 6H 6g			
Allgemeintoleranzen fuer Blechteile General tolerances for sheet metal parts	≤ 15	> 15 ≤ 100	> 100 ≤ 500	> 500 ≤ 1000
	± 0,5	± 1,0	± 1,2	± 1,5

Index	Werkstoff	Ersatz fuer		
Datum	Gewicht	Ersetzt durch		
Benennung		Massstab	Datum	Name
Dossier-Vorrichtung Masse BAT Christoph Niederberger		1:2	07.06.2020	chnie
		Gezeichnet		
		Geprueft		
		Freigeig,		
		Format	Zeichnungs-Nr.	Blatt
		A2	Masse-et1	1/1



# LR Mate 200iD/4S (Kurzer Arm)



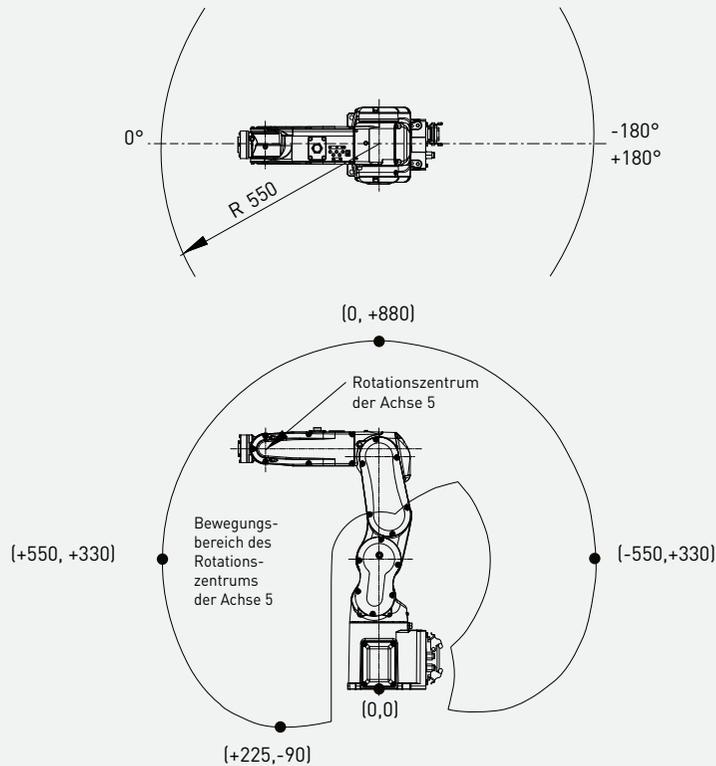
Max. Gewicht am Handgelenk: **4 kg**



Max. Reichweite: **550 mm**

Achszahl	Wiederholgenauigkeit (mm)	Gewicht der Mechanik (kg)	Arbeitsbereich (°)							Achsgeschwindigkeit (°/s)							A4 Moment/Trägheit (Nm/kgm <sup>2</sup> )	A5 Moment/Trägheit (Nm/kgm <sup>2</sup> )	A6 Moment/Trägheit (Nm/kgm <sup>2</sup> )
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	E1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	E1			
6	± 0.01*	20	360	230	402	380	240	720	-	460	460	520	560	560	900	-	8.86/0.2	8.86/0.2	4.9/0.067

## Arbeitsbereich



### Robot

	LR Mate 200iD/4S
Roboter aufstellmaße [mm]	160 x 160
Bodenmontage	●
Deckenmontage	●
Wandmontage	●



### Steuerung

	R30iB
Schaltschranktyp Open Air	○
Schaltschranktyp Mate	●
Schaltschranktyp A	-
Schaltschranktyp B	-
iPendant Touch (Standard)	●

### Stromanschlüsse

Elektrische Spannung 50/60Hz, 3 Phasen [V]	-
Elektrische Spannung 50/60Hz, 1 Phase [V]	200-230
Durchschnittliche Leistung [kW]	0.5

### Integrierte Funktionen

Integrierte Signale am Oberarm In / Out (Haltesignale)	6/2
Integrierte Luftzufuhr	1

### Umgebung

Schalleistungspegel [dB]	64.7
Umgebungstemperatur [° C]	0-45

### Schutzart

Mechanik Standard/optional	IP67
Handgelenk & A3 Arm Standard/optional	IP67
Reinraumklasse (ISO Klasse 4)	-

● Standard    ○ Auf Anfrage    - Nicht verfügbar    ( ) mit Hardware- und/oder Software-Option    \*basierend auf IS09283