

**FACHHOCHSCHULE KÄRNTEN**  
STUDIENGANG WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN  
EUROPASTRASSE 4  
9524 VILLACH/ST. MAGDALEN  
ÖSTERREICH



PROJEKTBERICHT  
**Fliesenqualitätserkennungseinrichtung**  
*Projekt 4*

Verfasser\*innen: Ing. Jessica Maria Pregl

Maximilian Müller

Danijel Pacnik

Simone Leitner

Betreuung: FH-Prof. Mag. Phil. Dipl.-Ing Dr. techn. Bernhard Heiden MBA,  
FH Kärnten University of Applied Science

Feldkirchen in Kärnten, am 16.03.2023



## Kurzfassung

Die Aufgabenstellung betrifft die Durchführung bzw. Lösung einer gegebenen Problemstellung in zugeteilten Teams von vier Personen vor.

Die Zielsetzung ergibt sich wie folgt:

- Anwendung des bisher Gelernten und der persönlichen Erfahrungen in einem konkreten Projekt
- technischen Aufgabenstellung durchführen
- Team von min. 3 bis max. 4 Personen
- Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Lösung
- Selbstständige Entwicklung eines Vorgehenskonzepts und Wahl von geeigneten Methoden in Bezug auf Projektplanung
- Selbstständige Abwicklung des Plans in Bezug Projektmanagement
- Ableitung von Forschungsfragen und Beantwortung dieser im Rahmen der Dokumentation der Projektergebnisse
- Verknüpfung von Theorie- und Praxiswissen
- Anwendung wissenschaftlicher Methoden

Zugeteilte Problemstellung/ Aufgabenstellung

- Es soll eine CNC gesteuerte Scanvorrichtung, um Muster auf Flächen zu erkennen hergestellt werden. Diese Muster sollen mittels einer Künstliche Intelligenz (Algorithmus) klassifiziert werden.
- Als Anwendungsbeispiel soll ein modellhaftes Produktionssystem einer Fliesenqualitätserkennungseinrichtung hergestellt und experimentell betrieben werden: Fliesen laufen auf einem Förderband und werden dann gescannt und qualitätsgeprüft.
- CNC-Implementierung des Scavorgangs, des Transportvorgangs und eines Sortiersystems.
- Mustererkennung der Form von Qualitätsmerkmalen mittels einer künstlichen Intelligenz
- Ermittlung der experimentellen Rahmenbedingungen.

Zugeteilte Forschungsfragen:

Wie kann mit einer geeigneten CNC-Microcontroller Regelung eine Fliesenqualitätserkennungseinrichtung praktisch in einem Prototyp umgesetzt und hinsichtlich Mustererkennung optimiert werden?

Zusätzliche Anforderung:

Möglichst kostengünstige Projektumsetzung

# **Abstract**

The task concerns the implementation or solution of a given problem in assigned teams of four people.

The objective is as follows:

- Application of what has been learned so far and personal experience in a specific project
- Carrying out technical tasks
- Team of minimum 3 to maximal 4 people
- Development of a high-quality solution
- Independent development of a procedural concept and selection of suitable methods in relation to project planning
- Independent implementation of the plan in relation to project management
- Deriving research questions and answering them as part of the documentation of the project results
- Linking of theoretical and practical knowledge
- Application of scientific methods

Assigned problem/task

- A CNC-controlled scanning device is to be produced in order to recognize patterns on surfaces. These patterns are to be classified using an artificial intelligence (algorithm).
- As an application example, a model production system of a tile quality detection device is to be produced and operated experimentally: Tiles run on a conveyor belt and are then scanned and quality checked.
- CNC implementation of the scanning process, the transport process and a sorting system.
- Pattern recognition of the form of quality features using artificial intelligence
- Determination of the experimental framework.

Assigned research questions:

How can a tile quality detection device be practically implemented in a prototype with a suitable CNC microcontroller and optimized regarding to pattern recognition?

Additional requirement:

Project implementation that is as cost-effective as possible

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	I
Abstract.....	II
1 Einleitung.....	5
1.1. Motivation .....	5
1.2. Problemstellung .....	5
1.3. Forschungsfragen und -ziele .....	5
1.4. Methodisches Vorgehen.....	5
1.5. Struktur der Arbeit.....	6
2 Stand der Technik .....	9
2.1 Einleitung .....	9
2.2 Die eigentlichen Themen zum Stand der Technik.....	9
3 Umsetzung.....	11
3.1 Einleitung .....	11
3.2 Konzepte .....	14
3.2.1 Konzepte des Prototypen.....	14
3.2.2 Konzept der Musterfliesen .....	19
3.3 Analyse .....	20
3.4 Implementierung.....	21
4 Evaluierung .....	22
4.1 Herstellung der Musterfliesen /Pregl.....	22
4.1.1 Verwendete Programme: .....	22
4.1.2 Verwendete Werkzeuge: .....	23
4.2 Herstellung Fördereinheit/ Müller:.....	46
4.2.1 Verwendete Programme: .....	46
4.2.2 Antriebssystem .....	47
4.2.3 Rahmenkonstruktion .....	50
4.2.4 Führungssystem.....	59
4.2.5 Elektrische Schaltung .....	64
4.3 Das Bildverarbeitungsprogramm / Leitner .....	69
4.3.1 Einführung.....	69
4.3.2 Die verwendete Software .....	69
4.3.3 Matlab-Desktop.....	69
4.3.4 Programmablauf .....	71
4.3.5 Kommunikation zwischen Matlab und Arduino .....	72
4.3.6 Bildverarbeitung .....	75
4.3.7 createMask1 .....	80

4.3.8	Testablauf.....	87
4.4	CNC Implementierung / Pacnik.....	89
4.4.1	Mikrokontroller .....	89
4.4.2	Arduino Uno: .....	89
4.4.3	Arduino IDE : .....	89
4.4.4	CNC-Programmierung .....	90
4.4.5	Arduino Programm.....	91
5	Reflexion / Ergebnisse / Zusammenfassung.....	104
5.1	Resultate .....	104
5.2	Diskussion.....	105
	Literaturverzeichnis.....	107
	Abbildungsverzeichnis.....	108
	Anhang .....	113

# 1 Einleitung

## 1.1. Motivation

Das Projekt „Fliesenqualitätserkennungseinrichtung“ muss im Rahmen des Lehrplans in verschiedene Lehrveranstaltungen im vierten und fünften Semester des Studiums WING Vollzeit berufsbegleitend an der FH Kärnten University of Applied Science durchgeführt werden.

Dazu wurden verschiedene Problemstellungen verschiedenen Viererteams von Studenten auf Vollzeit und berufsbegleitenden Studium zugewiesen. Gruppe 4 wurde dabei das Projekt „Fliesenqualitätserkennungseinrichtung „samt Forschungsfrage und Zielsetzung zugeteilt. Die Motivation hinter diesem Projekt besteht darin die nötigen ECTS-Punkte zu erhalten.

## 1.2. Problemstellung

- Es soll eine CNC gesteuerte Scavvorrichtung, um Muster auf Flächen zu erkennen hergestellt werden. Diese Muster sollen mittels eines Künstliche Intelligenz (Algorithmus) klassifiziert werden.
- Als Anwendungsbeispiel soll ein modellhaftes Produktionssystem einer Fliesenqualitätserkennungseinrichtung hergestellt und experimentell betrieben werden: Fliesen laufen auf einem Förderband und werden dann gescannt und qualitätsgeprüft.
- CNC-Implementierung des Scavvorgangs, des Transportvorgangs und eines Sortiersystems.
- Musterkennung der Form von Qualitätsmerkmalen mittel KI.
- Ermittlung der experimentellen Rahmenbedingungen.
- Dieses Projekt ist begründet, dass es ein Praxis Beispiel aus der Industrie war.

## 1.3. Forschungsfragen und -ziele

Wie kann mit einer geeigneten CNC-Microcontroller Regelung eine Fliesenqualitätserkennungseinrichtung praktisch in einem Prototyp umgesetzt und hinsichtlich Mustererkennung optimiert werden?

## 1.4. Methodisches Vorgehen

Durch Brainstorming in der Projektgruppe wurden einzelnen Konzepte, die darauffolgend näher beschrieben werden, erstellt. Durch Vorkenntnisse von einzelnen Vorlesungen und Vorbildungen wurde so ein Prototyp erstellt. Für die Programmierung wurden etliche YouTube-Videos zu Hilfe gezogen. Ebenso die Hilfe von Programmierern wurde in Anspruch. Hilfreich war auch die Mathwork Website.

Gemeinsam mit unserem Projektbetreuer, FH-Prof. Mag. Phil. Dipl.-Ing Dr. techn. Bernhard Heiden MBA, gelang es uns einen Prototyp herzustellen.

## 1.5. Struktur der Arbeit

Nach Abstimmung über das Konzept wurde zum gewählten Konzept ein Projektstrukturplan erstellt:

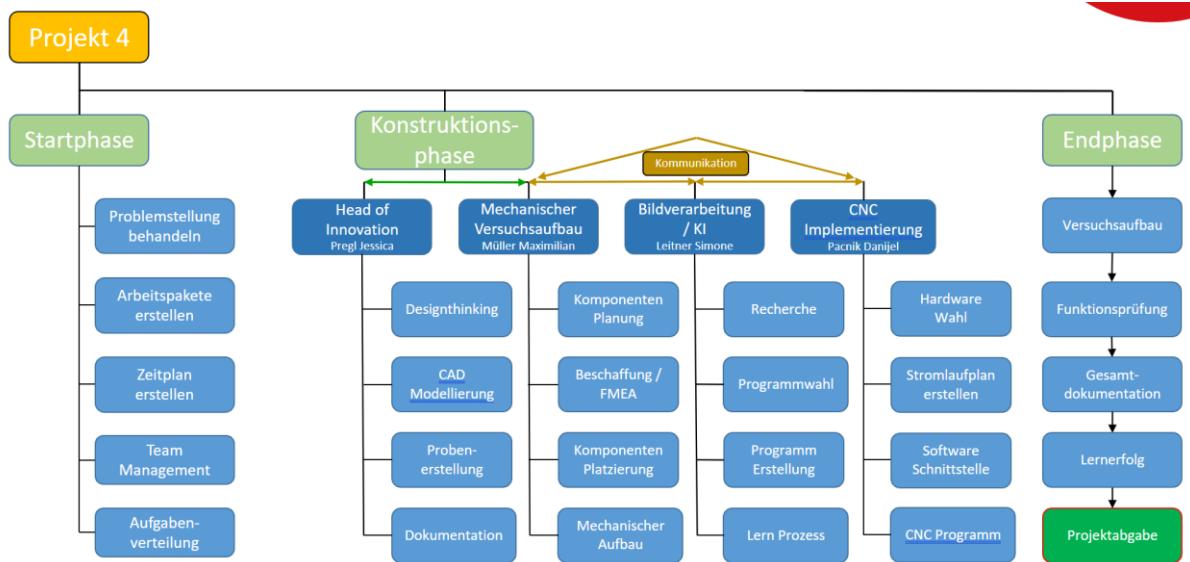


Abbildung 1: Projektstrukturplan

Zudem wurde ein Zeitplan erstellt und anhand der Vorgabe zu den Meilensteinen seitens der Professoren:

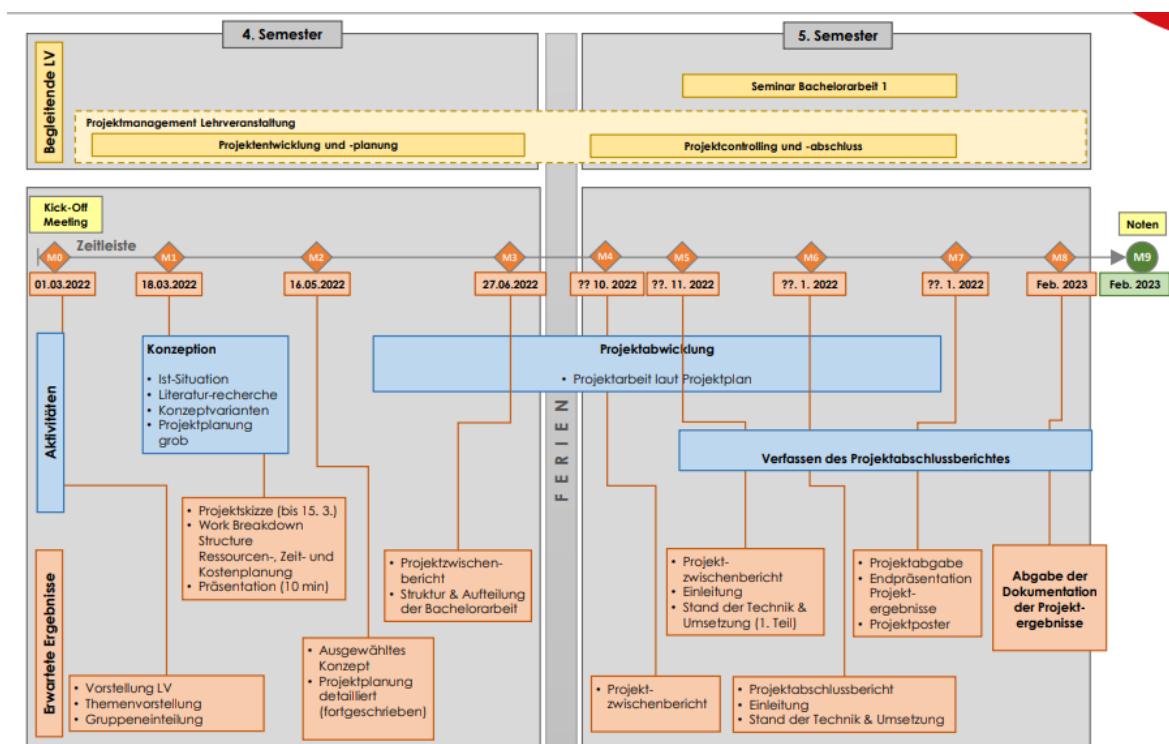


Abbildung 2: Zeitvorgaben seitens der FH

## Erstellter Zeitplan:

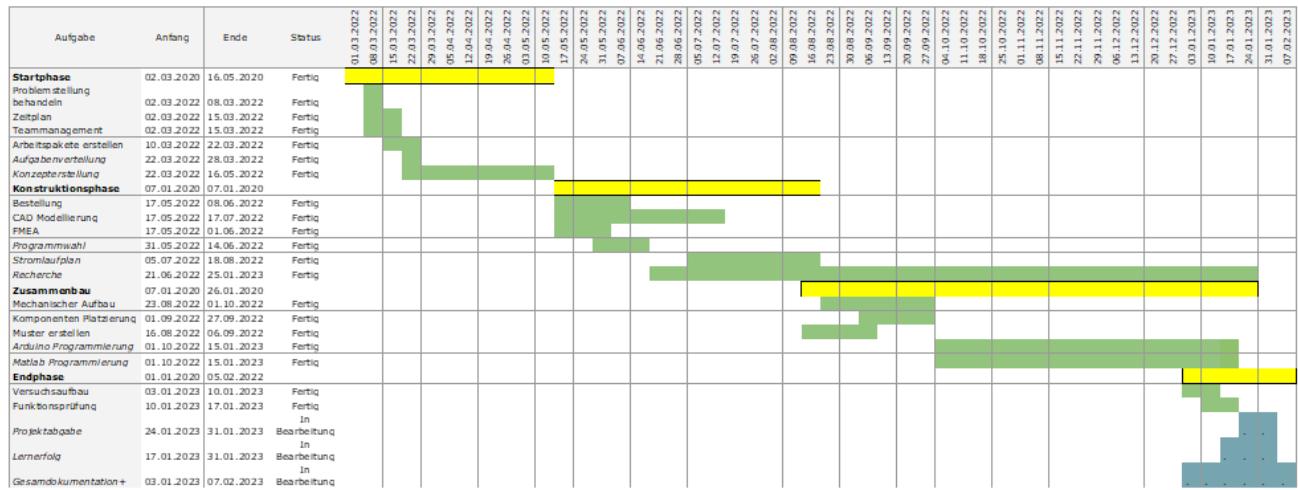


Abbildung 3: Zeitplan

Zudem wurde eine erste grobe Kosten- Aufwandschätzung durchgeführt mit folgender Annahme; Arbeitszeit pro Tag 2,67h – mit 45 Euro pro Person

Kostenträger	Zeit [days]	Zeit [h]	Kosten [€]
<b>Budget</b>			1000,00
<b>Material (eigen)</b>			120,00
Bereitgestelltes Material			0,00
Schrittmotor 2x			60,00
Arduino			25,00
US Abstandssensor			5,00
<b>Material, Produkte gesamt</b>			210,00
<b>Startphase</b>	55,00	146,85	6608,25
Zeitplan erstellen, Teammanagement	5,00	13,35	600,75
Pflichtenheft, Arbeitspakte	3,00	8,01	360,45
Konzept, Stromlaufplan, Materialbeschaffung	114,00	304,38	13697,10
<b>Konstruktionsphase</b>	115,00	307,05	13817,25
Konstruktion Fördersystem	61,00	162,87	7329,15
CNC Implementierung	50,00	133,50	6007,50
Bildverarbeitung	108,00	288,36	12976,20
<b>Endphase</b>	62,00	165,54	7449,30
Prüfen	51,00	136,17	6127,65
Kriterien	12,00	32,04	1441,80
Abgabe	1,00	2,67	120,15
<b>Ingeneursleistungen gesamt</b>	637,00	1700,79	76535,55

Tabelle 1: Kosten-Aufwandschätzung

Risikoanalyse:

Zudem erfolgte eine Überlegung der möglichen Risiken, woraus folgende erste Abschätzung erfolgte:

RISIKOANALYSE Fliesenqualitätserkennungseinrichtung			
Projektnummer	4		
Kunde	FH-Villach		
Anlage	Fliesenqualitätserkennungseinrichtung		
Machbarkeitsprüfung Angebote eingeholt von	Hardware <input checked="" type="checkbox"/>	Software <input checked="" type="checkbox"/>	Subfirmen
	nicht relevant	geprüft	Risiko
Werkstatt	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fremdfirmen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Sonstigen Bedingungen machbar:</b>			
Termine	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Personalkapazität	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Normen/Vorschriften	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Behördenauflagen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Technische Schnittstellen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Kaufmännische Bedingungen geklärt:</b>			
Bindefrist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Preissetzung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pönale	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zahlungsbedingungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Garantie	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Finanzierung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gewährleistung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eigentumsübergang	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gefahrenübergang	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Haftungsbegrenzung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dokumentationsumfang	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Montage / Inbetriebsetzung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausschluss von Folgeschäden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Allgemeine Lieferbedingungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabelle 2: Risikoanalyse

## 2 Stand der Technik

### 2.1 Einleitung

Der Einsatz von Bildverarbeitung hat sich in vielen Bereichen der Industrie bewährt, wo er Anwendern hilft, Qualität und Effizienz im Produktionsumfeld zu verbessern. Schnelle und zuverlässige Inspektion rund um die Uhr macht die industrielle Bildverarbeitung zu einer unverzichtbaren Technologie in der Qualitätskontrolle. Ihr rasanter technischer Fortschritt treibt die Leistungsfähigkeit von Bildverarbeitungssystemen entscheidend voran und eröffnet eine Vielzahl an neuen Anwendungsmöglichkeiten. Eine wichtige Rolle dabei spielen die stetig steigenden Inspektionsgeschwindigkeiten, 3D-Imaging, der Einsatz von Bildverarbeitung im nicht-sichtbaren Spektrum, die Kombination verschiedener Beleuchtungstechniken, die Integration von Deep Learning und Machine Learning sowie die zunehmende Verwendung von Bildverarbeitung in der Robotik und Embedded Vision. [8]

Industrie 4.0, das Internet der Dinge (IoT), Cloud-Computing sowie der breite Einsatz von künstlicher Intelligenz, maschinelles Lernen und viele andere Technologien stellen Anwender und Entwickler von Bildverarbeitungssystemen vor große Herausforderungen bei der Auswahl des für ihre Applikation am besten geeigneten Systems. Dennoch wird Bildverarbeitung nicht nur in hochautomatisierten Prozessen eingesetzt, sondern auch in manuellen Montageprozessen. [8]

### 2.2 Die eigentlichen Themen zum Stand der Technik

#### Automatisierte Inspektion:

Automatisierte Inspektionssysteme zur Qualitätskontrolle kommen in den unterschiedlichsten Branchen und Prozessen zum Einsatz. Auch wenn sich die Konfigurationen stark unterscheiden, haben doch alle Bildverarbeitungssysteme eines gemeinsam: Sie sind in einem Prüfprozess integriert und mit einem Ausschleusmechanismus verbunden. Produkte oder Komponenten werden oft mit hohen Geschwindigkeiten geprüft und auf der Grundlage der durchgeföhrten Messungen als Gut- oder Schlechtteil klassifiziert. Die verschiedenen Bildverarbeitungssysteme reichen von einer eigenständigen intelligenten Kamera, bei der die gesamte Verarbeitung und Messung in der Kamera selbst durchgeführt und ein Pass/Fail-Ergebnis an den Ausschleusen zurückgegeben wird, bis hin zu PC-basierten Systemen mit mehreren Kameras und/oder mehreren Prüfstationen.

Der Schlüssel zum Erfolg ist die Fähigkeit, ein Bildverarbeitungssystem unter Berücksichtigung der für das Industriemfeld spezifischen Anforderungen in einen Prozess zu integrieren. Bildverarbeitungssysteme lassen sich entweder von Anfang an in neue Prozesse integrieren oder auch in bestehendes Nachrüsten. Mit dem Aufkommen von Embedded-Vision-Systemen werden sie zunehmend auch in OEM-Geräte integriert. [8]

#### Prozesssteuerung:

Der Einsatz von automatisierter Bildverarbeitung zur Qualitätskontrolle reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass ein nicht vorschriftsmäßig gefertigtes Produkt den Endverbraucher erreicht, signifikant. Aber in Verbindung mit statistischen Verfahren zur Prozesskontrolle und Feedback lassen sich damit nicht nur Toleranzwerte überprüfen, sondern auch Trends auf Basis der Messdaten analysieren und Änderungen am Prozess vornehmen.

Auf diese Weise können Maßnahmen zur Anpassung des Fertigungsprozesses ergriffen werden, bevor ein Produkt außerhalb der festgelegten Toleranzwerte hergestellt wird. Hier folgt der logische Schritt in die Industrie 4.0, wo Prozesse mit Hilfe von Big Data optimiert werden sollen, basierend auf dem Feedback der verschiedenen Sensoren, die den Prozess überwachen. Dazu gehören Standardsensoren ebenso wie intelligente Vision-Sensoren sowie hochkomplexe Bildverarbeitungssysteme und Subsysteme. [8]

### Qualität einer Fliese

Unabhängig von den technischen Eigenschaften einer Fliese kann diese eine sehr hohe oder weniger hohe Qualität haben.

Die Qualität einer Fliese wird bewertet durch die Faktoren:

- Maßhaltigkeit
  - 1) Die Maßhaltigkeit einer Fliese bezieht sich sowohl auf die Winkligkeit der Kanten, die Kantenlängen als auch die Planmäßigkeit der Fliese. Festgelegt sind die Anforderungen in der DIN EN 14411
- Qualität der Glasur/Oberfläche [9]
  - 1) Die Fliesenglasur (oder bei unglasierten Fliesen die Oberfläche der Fliesen) kann qualitative Probleme aufweisen in Form von: Glasurpickeln, Glasurfehlstellen, Glasurstichen, Oberflächeneinschlüssen schlechtem Musterdruck in Form von parallelen Linen (Digitaldruckverfahren). Sollten Fliesen einen oder mehrere dieser Oberflächenfehler ausweisen so haben diese eine schlechte Qualität [9]
- Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften
  - 1) Wie bereits dargelegt sind die oben erwähnten Eigenschaften der Fliese kein Qualitätskriterium als solches. Sehr wohl aber die Einhaltung dieser zugesicherten Eigenschaften. Wenn eine Fliese als frostsicher, also mit einer Wasseraufnahme von unter 0,5% ausgewiesen ist und dieser Wert deutlich überschritten wird, wodurch die Frostsicherheit nicht mehr gewährleistet ist, dann kann man von einem Qualitätsmangel sprechen, da die zugesicherte Eigenschaft fehlt. Wenn die Fliese aber von vornherein nicht als frostsicher eingestuft wurde und die anderen Qualitätsmerkmale einhält so hat die Fliese wiederum keinen qualitativen Mangel und deshalb keine schlechtere Qualität wie eine Fliese mit geringerer Wasseraufnahme. [9]

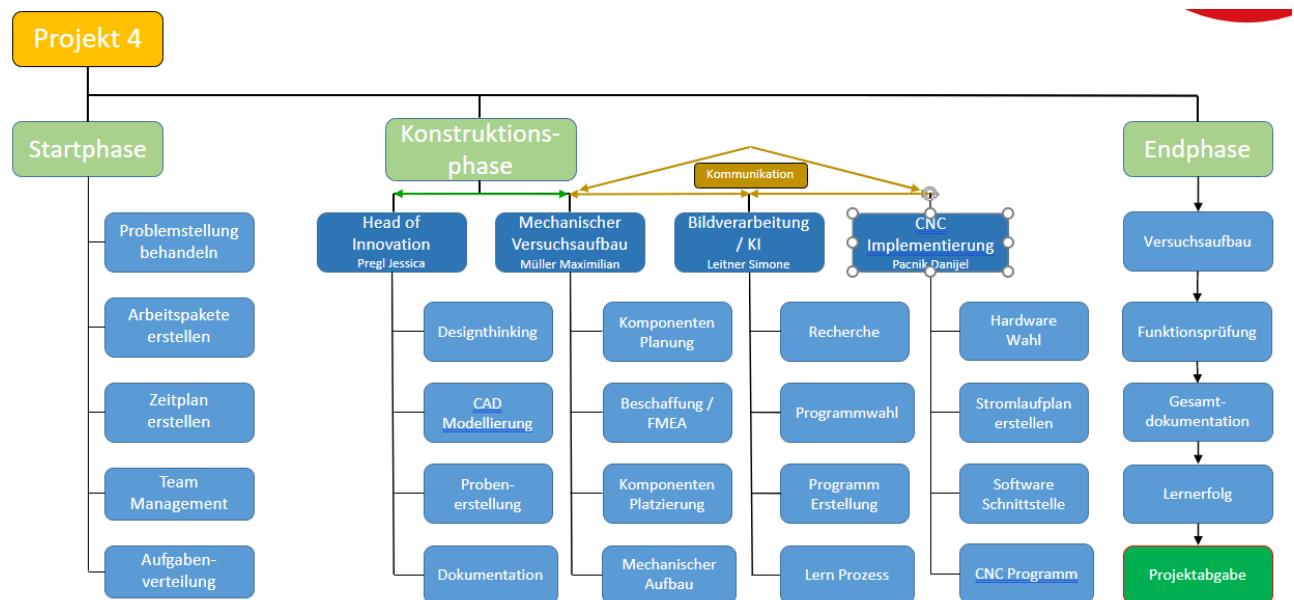
### 3 Umsetzung

#### 3.1 Einleitung

Am Beginn der Umsetzungsphase wurden folgende Aktionen getätigt:

##### Projektstrukturplan Detail:

Erstellung eines detaillierten Projektstrukturplanes:



**Abbildung 4 Projektstrukturplan im Detail**

##### Arbeitspakete:

Erstellung von vier grundlegenden Arbeitspaketen welche die ganze Gruppe betreffen.

ARBEITSPAKET Nr. 1		WING Semester 3 /4	
Projekt:	Fliesenqualitätserkennungseinrichtung	Datum:	11.03.2022
ARBEITSPAKET:	Planung	Bearbeiter:	Pregl Jessica
Verteiler:			
Jessica Pregl      Simone Leitner      Maximilian Müller      Danijel Pacnik			
<b>Arbeitspaket-Ziel</b> Projektplanung, Projektrahmen, Projektvorarbeiten			
<b>Inhalt des Arbeitspaketes</b>		<b>Erliebigungsmerke</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ist-Struktur</li> <li>- Literatur-recherche</li> <li>- Erstellen einer Projektstruktur</li> <li>- Erstellen eines groben Zeitplans</li> <li>- Erstellen der Arbeitspaket</li> <li>- Entscheidung für Konstruktion treffen (Konzeptvarianten)</li> <li>- Materialbeschaffung</li> <li>- Budgetierung</li> <li>- 1. Präsentation</li> </ul>			

**Abbildung 5: Arbeitspaket 1**

<b>ARBEITSPAKET Nr. 2</b>	
<b>Projekt:</b> Fliesenqualitätserkennungseinrichtung	<b>WING Semester 3 /4</b>
<b>ARBEITSPAKET:</b> Constructionphase	Datum: 11.03.2022 Bearbeiter Pregl Jessica Abteilung: WING bb & vz
<b>Verteiler:</b> Jessica Pregl Simone Leitner Maximilian Müller Danijel Pacnik	
<b>Arbeitspaket-Ziel</b> Machbarkeit, Konstruktion, technische Umsetzung.	
<b>Inhalt des Arbeitspaketes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ausgearbeitet Konzeptvariante (detailliert)</li><li>- Proof of Concept (PoC)</li><li>- Projektplanung detailliert</li><li>- Musterstücke erstellen</li><li>- Prototyping</li><li>- Gehäusebau</li><li>- Umsetzung</li><li>- Präsentationsabwicklung (Projekt –Zwischenstände)</li><li>- Programmierung (Microcontroller)</li><li>- Sensorajustierung</li><li>- Bildverarbeitung</li><li>- Verifizierung anhand eines Testkatalogs</li></ul>	<b>Erledigungsvermerke</b>

**Abbildung 6: Arbeitspaket 2**

<b>ARBEITSPAKET Nr. 3</b>	
<b>Projekt:</b> Fliesenqualitätserkennungseinrichtung	<b>WING Semester 3 /4</b>
<b>ARBEITSPAKET:</b> Endphase Funktion	Datum: 11.03.2022 Bearbeiter: Pregl Jessica Abteilung: WING bb & vz
<b>Verteiler:</b> Jessica Pregl Simone Leitner Maximilian Müller Danijel Pacnik	
<b>Arbeitspaket-Ziel</b> Funktionsüberprüfung	
<b>Inhalt des Arbeitspaketes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Komponenten Plättierung</li><li>-Überprüfung der Funktion</li><li>-Stand der Technik</li></ul>	<b>Erledigungsvermerke</b>

**Abbildung 7: Arbeitspaket 3**

<b>ARBEITSPAKET Nr. 4</b>	
<b>Projekt:</b> Fliesenqualitätserkennungseinrichtung	<b>WING Semester 3 /4</b>
<b>ARBEITSPAKET:</b> Endphase Dokumentation	Datum: 11.03.2022 Bearbeiter Pregl Jessica Abteilung: WING bb & vz
<b>Verteiler:</b> Jessica Pregl Simone Leitner Maximilian Müller Danijel Pacnik	
<b>Arbeitspaket-Ziel</b> Projekt Dokumentation, Projektabgabe	
<b>Inhalt des Arbeitspaketes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Erstellen der Projektabchlussberichte</li><li>-Stand der Technik</li><li>-Endpräsentation – Projektergebnisse</li><li>-Abgabe Dokumentation – Projektendergebnisse</li></ul>	<b>Erledigungsvermerke</b>

**Abbildung 8: Arbeitspaket 4**

## Kostenaufstellung

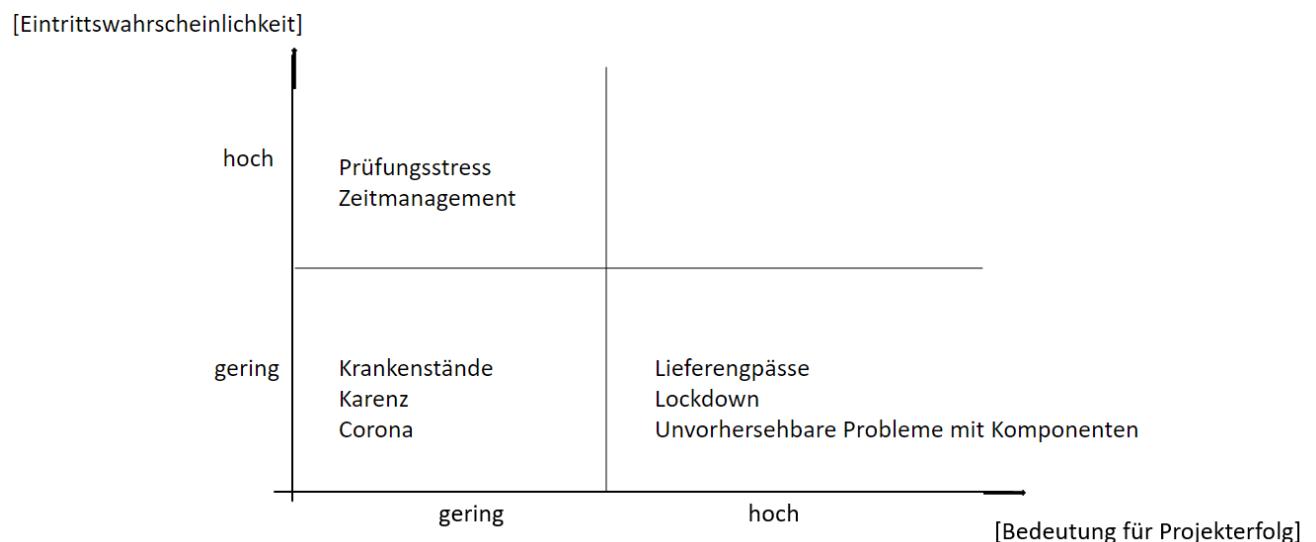
Erstellung einer detaillierten Kostenplanung:

Produkt	Beschreibung	Menge	Preis
Gummi/Stoff-Matte	1100x1,5x600	1	€ 41,84
Führungswalzen	30x160	2	€ -
Lager	8x22x7	3	€ 13,62
Achse	M8x185	1	€ 18,00
Kleinteile	Muttern, U-Scheiben		€ 5,00
Material	Holz, Alu, Blech		€ 50,00
12V DC Motor	0,98Nm/12v/7,92w	1	€ 53,03
L298N-Hbrücke		1	€ 4,45
5V Schrittmotor		1	€ 20,53
Motorhalter	Selbstfertigung	2	€ -
Arduino		2	€ 48,72
Ultraschall-sensor Modul	HC-SR04	1	€ 3,99
USB	Type B	1	€ 15,98
Fertigungsmaterial	Fräser, Muster	1	€ 86,40
Jumper Cables	0,75	1	€ 15,00
<b>Total</b>			<b>€ 376,56</b>

**Tabelle 3: Kostenaufstellung**

## Risikomanagement „Eisenhower- Matrix“

Erstellung einer Risikoabschätzung mittels „Eisenhower – Matrix“



**Abbildung 9: Eisenhower - Matrix Risikomanagement**

## 3.2 Konzepte

### 3.2.1 Konzepte des Prototypen

Zu Beginn des Projektes steht die „Idee“. Aufgrund der gegebenen Aufgabestellung konzipierte das Team folgende Konzeptvorschläge:

#### Konzept 1:

Bei Konzept 1 sollten die Musterfliesen über ein Förderband in Richtung der Bilderkennung transportiert werden. Vor der aufgebauten Bildverarbeitung soll die Musterfliese durch einen kapazitiven Sensor erkannt werden und die Fliese unterhalb der Bilderkennung zur Bildverarbeitung gestoppt werden. Die Bilderkennung und Bildverarbeitung soll mittels Laptop / Computer und einer Kamera erfolgen. Je nach Ergebnis der Bildverarbeitung, „fehlerhaft“ oder „fehlerfrei“, soll die Fliese anschließend sortiert werden. Das heißt, dass schlechte Fliesen aussortiert. Hierzu kam der Vorschlag Roboterarme zu verwenden, da sich diese im FH- Eigentum befinden sollten (altes Projekt). Es stellte sich allerdings heraus, dass diese sich nicht länger im Lager befanden.

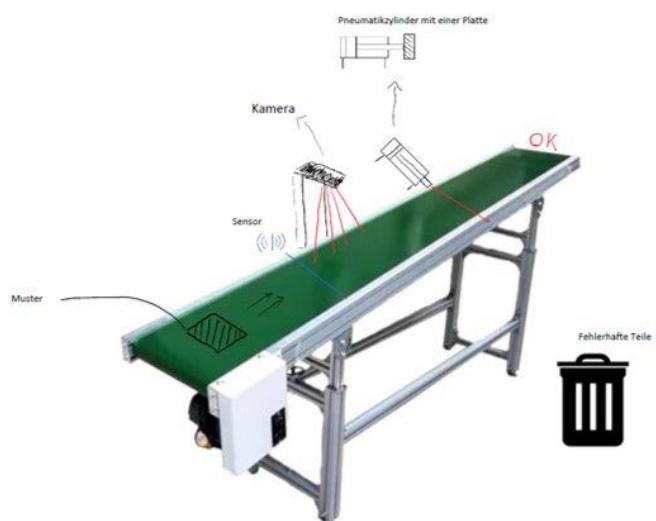


Abbildung 10: Konzeptprinzip für Konzept 1

Da das Projekt zusätzlich so kostengünstig wie möglich gestaltet werden soll, muss für Konzept 1 auch das Förderband eigenständig gebaut werden:

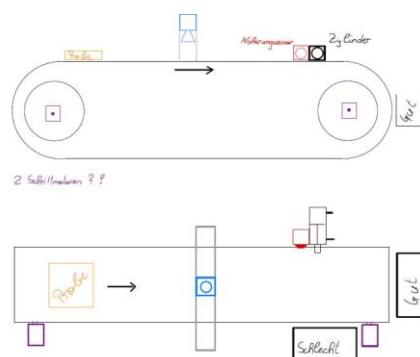


Abbildung 11: Konzeptprinzip für Förderband aus Konzept 1

## Konzept 2:

Konzept 2 sieht eine Turmstruktur vor. Dabei ist der Turm mit einem Arbeitspodest verbunden. Durch ein eigenständig gedrucktes 3D Reservoir sollten die Fliesen transportiert und eingeführt werden. Unter dem Arbeitspodest sollte hierzu ein Näherungssensor angebracht werden. Durch die Rotation von Schrittmotoren sollten die Fliesen bewegt werden. Des Weiteren sollte die Bildverarbeitung über einen Laptop mit Microcontroller Arduino- Schnittstelle sowie einer Kamera erfolgen. Wie bei Konzept 1 sollen auch hier die Fliesen sortiert werden.

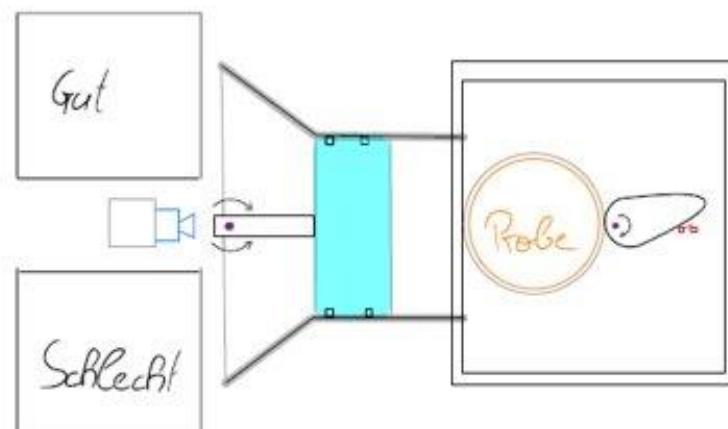
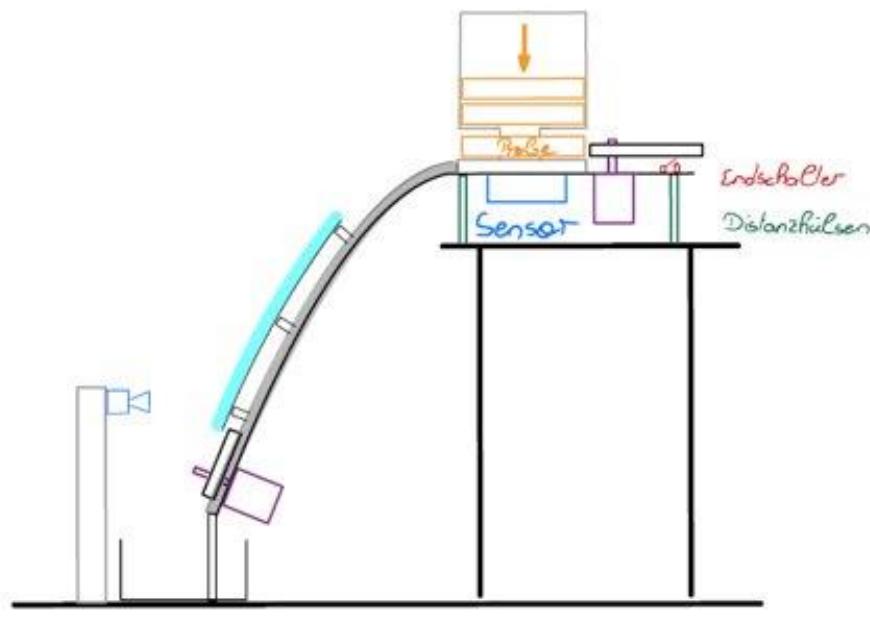
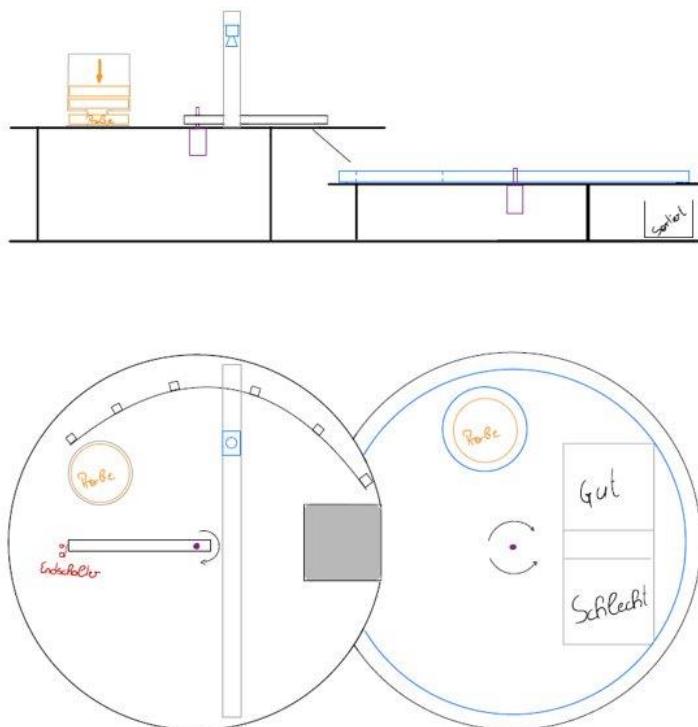


Abbildung 12: Konzeptprinzip Konzept 2

### Konzept 3:

Konzept 3 beinhaltet 2 kreisrunde Arbeitsplatten mit unterschiedlichem Höhenniveau. Die beiden Platten sollten mit Schrittmotoren und Microcontroller angesteuert werden. Die Bildverarbeitung erfolgt wieder über Laptop/ Computer und mit einer Kamera. Die Proben werden hierbei über ein Probenreservoir mit offenen Seitenwenden auf die runden Platten aufgelegt. Durch die Rotation der Platten wird die Probe unter die Bildverarbeitung geschleppt und rutscht danach auf die untere Platte. Dort wird sie durch einen Endschalter aussortiert oder eingesortiert. Die Mitschleppung auf der oberen Platte erfolgt durch einen Greifer.



**Abbildung 13: Konzeptprinzip zu Konzept 3**

Nach Absprache im Team und mit unserem Projektbetreuer, FH-Prof. Mag. Phil. Dipl.-Ing Dr. techn. Bernhard Heiden MBA, entschieden wir uns für eine abgewandelte Version von Konzept 1, da diese zum Einen am häufigsten praktische Anwendung in der Industrie findet. Zudem wurde beschlossen, da es sich laut Aufgabenstellung nur um ein modellhaftes Produktionssystem handelt, dass nicht unbedingt Fliesen als Probestücke zur Bildverarbeitung verwendet werden müssen, sondern eigene Proben erstellt werden. Diese Proben werden an das umzusetzende Konzept angepasst.

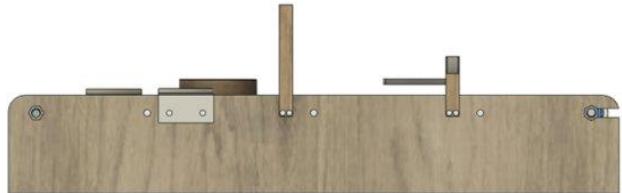
Ausgearbeitetes Konzept:



**Abbildung 14: Modell in Fusion 360**



**Abbildung 15: Draufsicht**



**Abbildung 16: Seitenansicht**

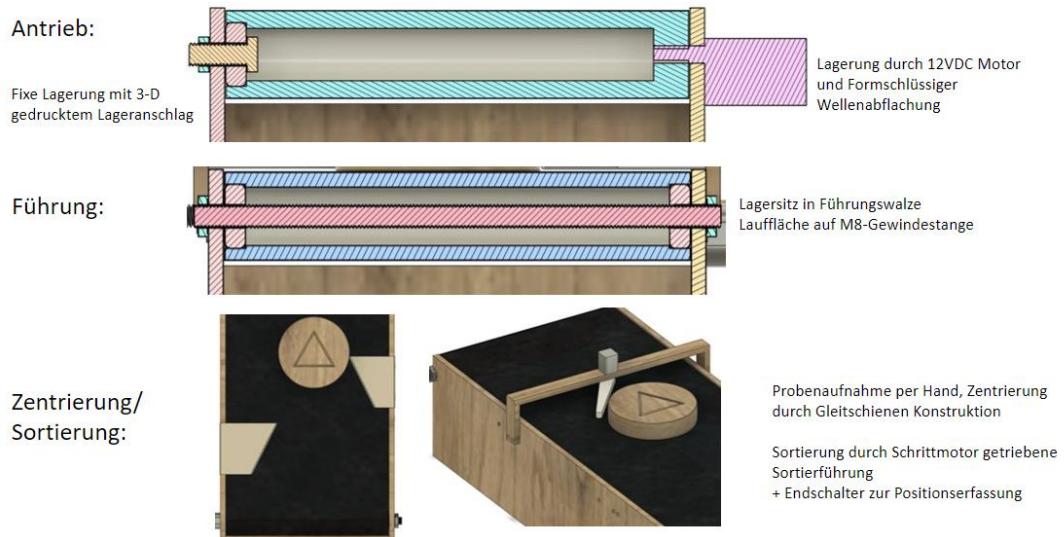
Der Prototyp soll Modellmaße von 550mm x 170mm x 88mm haben.

Das finale Konzept sieht vor, dass die Musterfliesen über ein eigens angefertigtes Förderband in Richtung der Bilderkennung transportiert werden. Dabei wird die Musterfliese durch Abgrenzungen mittig unter der Kamera zentriert. Vor der aufgebauten Bildverarbeitung wird die Musterfliese durch einen Ultraschall Sensor erkannt und die Musterließe wird unterhalb der Bilderkennung zur Bildverarbeitung gestoppt. Die Bilderkennung und Bildverarbeitung sollen mittels Laptops / Computer und einer Kamera erfolgen. Je nach Ergebnis der Bildverarbeitung, „fehlerhaft“ oder „fehlerfrei“, soll die Fliese anschließend sortiert werden. Dazu dient ein Endschalter welche die Fließe auf die richtige Laufbahn bringt (links fehlerfrei, rechts / fehlerhaft) das heißt, dass schlechte Fliesen werden aussortiert. Die Ansteuerung erfolgt über einen Arduino Uno Micro Controller. Die Bildverarbeitung erfolgt über das Programm Matlab.

Konzept Förderband:



**Abbildung 17: Förderbandkonzept**



**Abbildung 18: Fördereinheit**

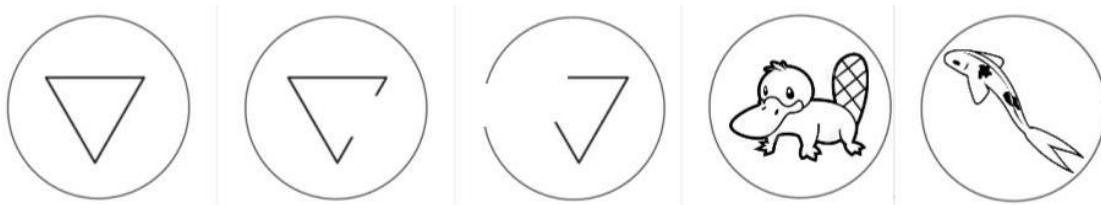
Die genaue Herstellung sowie der Aufbau wird unter 4.2. Herstellung Fördereinheit/Müller erläutert.

### 3.2.2 Konzept der Musterfliesen

Da der Umgang mit normalen Fliesen recht unhandlich ist werden eigene „Musterfliesen“ gefertigt. Daher werden die Muster aus einer beschichteten Siebdruckplatte gefräst in verschiedenen Varianten. Die Beschichtung ist glänzend und simuliert daher eine reguläre Fliesenoberfläche. Die runde Form wurde gewählt da wir nur ein modellhaftes Produktionssystem umsetzen.

#### Varianten der Musterfliesen:

- Variante 1: Fehlerfrei
- Variante 2: Fehler 1
- Variante 3: Fehler 2
- Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier
- Variante 5: Sondermotiv 2 Koi



**Abbildung 19: Varianten der Musterfliesen**

Diese fünf Varianten wurden gewählt um im weiteren Verlauf damit die Bildverarbeitung (Mustererkennung) zu programmieren. Variante 1 soll dabei fehlerfrei erkannt werden, Variante zwei und drei sollen mit Fehler erkannt werden und zudem die Genauigkeit des Systems überprüfen. Die Sondermotive Koi und Schnabeltier müssen auf jeden Fall als Fehler erkannt werden.

### 3.3 Analyse

Da die Fliesenqualitätserkennungseinrichtung die Fliesen laut Problemstellung auf einem Förderband transportieren wird, war uns klar, dass wir einen Gleichstrommotor benötigen werden. Gleichstrommotoren sind wegen ihres hohen Drehmoments und ihres geringen Wartungsaufwands ideal für den Transport von hohen Lasten. Dazu kann noch beliebig die Geschwindigkeit geändert werden. Am Anfang war uns aber noch nicht klar, wie groß wir das Projekt skalieren werden, denn je nach Größe des Förderbands, werden stärkere/schwächere Komponenten benötigt.

Nach ein paar Brainstorming Sessions, haben wir uns schlussendlich für die kostengünstige Entscheidung entschieden, wo das Ganze von einem Arduino Mikrokontroller gesteuert wird. Dies begrenzt unsere Komponenten von 5 bis 12V Spannung. Grund für die kostengünstige Varianten liegt daran, dass die Projektmitglieder wenig Erfahrung mit Mikrokontrollern verfügen und bei eventuellen Fehlern die Komponenten günstig ersetzt werden können. Dazu war uns bekannt, dass die Arduino Plattform über zahlreichen Quellen verfügt, die für die Recherche benötigt werden.

Mit dieser Information waren die restlichen Komponenten leicht zu definieren. Die Fliesenqualitätseinrichtung muss laut Problemstellung die Muster zusätzlich noch scannen, prüfen und sortieren. Für den Scan wird eine Kamera benötigt, die mit einem USB-Kabel angeschlossen wird und für das Sortieren ein Schrittmotor, da man mit diesem die Schritte steuern kann. Für die Prüfung selbst haben wir uns für Matlab entschieden, da jeder schon die erste Erfahrung mit diesem Programm hatte und die Lizenzen für die FH-Studenten kostenlos zu Verfügung stehen.

Zusätzlich legten wir auch den Versuchsaufbau, die restlichen benötigten Funktionen und Komponenten fest, um den reibungsfreien Ablauf zu ermöglichen. Darunter fallen die Lichtschranke, die die Muster erkennen soll, Taster für Ein- und Ausschalten das Lagern um die Drehbewegungen zu übertragen, Endschalter für das Begrenzen der Schrittmotorbewegung und die Führungswalzen.

### 3.4 Implementierung

#### Einkauf

Der Einkauf der benötigten Komponenten erfolgte über die FH Kärnten. Die Bestellung wurde am 8. Juni 2022 bei Herrn. Tober Reinhard aufgegeben. Die Komponenten wurden zuvor ausgewählt und von dem Projektbetreuer FH-Prof. Mag. Phil. Dipl.-Ing Dr. techn. Bernhard Heiden MBA freigegeben. Die Bestellung erfolgte durch Online – Shops. Da zwei Shops nicht auf der Partner- Liste der FH Kärnten standen, mussten zur Bestellung Angebote eingeholt werden.

Alle Komponenten wurden am 05. Juli.2022 geliefert.

Produkt	Menge	Preis
Gummi/Stoff-Matte	1	€ 41,84
Lager	3	€ 16,34
12V DC Motor	1	€ 84,55
L298N-Hbrücke	2	€ 8,90
Schrittmotor	1	€ 33,12
Arduino	2	€ 48,72
Ultraschall-sensor M	1	€ 3,83
USB	1	€ 7,99
Klippschalter	1	€ 2,30
Material Muster	1	€ 103,68

**Abbildung 20: bestellte Waren**

## 4 Evaluierung

### 4.1 Herstellung der Musterfliesen /Pregl

#### 4.1.1 Verwendete Programme:

- Fusion 360:

Fusion 360 ist eine von Autodesk entwickelte Softwareanwendung für kommerzielles Computer-Aided Design (CAD), Computer-Aided Manufacturing (CAM), Computer-Aided Engineering (CAE) und Leiterplattendesign (PCB). Es ist für Windows und macOS verfügbar, mit vereinfachten Anwendungen für Android und iOS. Fusion 360 wird als kostenpflichtiges Abonnement lizenziert, wobei es eine kostenlose, limitierte, nicht kommerzielle persönliche Edition für zu Hause gibt. Fusion 360 verfügt über integrierte Funktionen für 3D-Modellierung, Simulation und Dokumentation. Es kann Fertigungsprozesse wie Zerspanung, Fräsen, Drehen und additive Fertigung verwalten. Es verfügt auch über EDA-Funktionen (Electronic Design Automation) wie Schema-Design, PCB-Design und Komponentenmanagement. [10]



Abbildung 21: Fusion 360° Logo

- Estlcam V11:

Estlcam ist eine PC-Software für Windows die es erlaubt G-Codes für Zeichnungen zu erstellen (CAM-Funktion). Gleichzeitig dient es als CNC-Steuersoftware, es steuert dazu über USB eine Estlcam-Controller-Steuerplatine an, diese erzeugt die Steuersignale für die Motoren der Maschine. Estlcam kann dazu bis zu 3 Achsen ansteuern, perfekt also für CNC-Fräsen und einfache Sondermaschinen. Es kann auch nur für CAM verwendet werden, die erzeugten G-Code-Programme können auch für andere Steuerungen wie Mach3, Eding usw. verwendet werden. Viele Postprozessoren für andere Steuersysteme sind enthalten. [11]



Abbildung 22: Estlcam V11 Logo

#### 4.1.2 Verwendete Werkzeuge:

- CNC-Maschine: Marke Eigenbau by Michael Wettl



Abbildung 23: CNC außen



Abbildung 24: CNC innen

Die verwendete CNC – Maschine wird über einen Arduino angesteuert:



Abbildung 25: CNC- Ansteuerung/ Verdrahtung

Der verfügbare Fahrweg: 27,5 mm x 37mm x 10 mm



Abbildung 26: CNC-Fahrweg



Abbildung 27: Schaffräser, Gravierstichel mit 30° Spitze

- Weitere verwendete Werkzeuge:

- Stichsäge, Marke Makita
- Bandschleifmaschine mit Schleifbock, Marke Meister Tool
- Kompressor, Marke AGRE BOSS 3000
- Akku Bohrer, Marke Makita
- Gravierstichel mit 30° Spitze
- Schaftfräser

Arbeitsfolge Musterfliesen:

Nach Absprache im Team wurden folgenden Designvarianten beschlossen:

- Varianten:
- Variante 1: Fehlerfrei
- Variante 2: Fehler 1
- Variante 3: Fehler 2
- Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier
- Variante 5: Sondermotiv 2 Koi



**Abbildung 28: Umsetzung der Muster Variante 1 - 5**

Die Musterfliesen wurden aus einer beschichteten Siebdruckplatte (braun) ausgefräst, Die Beschichtung simuliert den natürlichen Fliesenglanz. Die Plattenstärke beträgt 10 Millimeter. Zudem haben die Fliesen einen Durchmesser von 70 Millimeter, bzw. einen Radius von 35 Millimeter.

Zuerst wurden die fünf Designvarianten (Variante 1: Fehlerfrei, Variante 2: Fehler 1, Variante3: Fehler 2, Variante 4: Sondermotiv, Schnabeltier, Variante 5: Sondermotiv 2 Koi) jeweils einzeln im Programm Fusion360 zu 3D- Zeichnungen / 3D- Modellen umgewandelt und der dazugehörige G-Code erstellt.

Der G-Code, auch DIN- Code genannt, ist die Maschinensprache mit deren Hilfe der User die CNC- Maschine ansteuert und anhand derer die CNC- Maschine die gewünschte Position/ Tiefe anfährt und ausfräst bzw. graviert. Das Programm Estlcam V11 verarbeitet hierbei den G- Code und steuert die verwendete CNC- Maschine.

Zu Beginn muss sichergestellt werden, dass das zu bearbeitende Werkstück sicher eingespannt ist: Dazu wird die Siebdruckplatte auf die Grundplatte niedergeschraubt und gehalten wird durch PVC- Halterungen.

Durch richtiges Einspannen, was als Sicherheitsmaßnahme, wird verhindert, dass lose Teile herumgeschleudert und Menschen verletzen werden.

Des Weiteren muss im Programm Estlcam V11 vor Verwendung jedes einzelnen Werkzeugs (Gravierstichel mit 30° Spitze, Schaftfräser) der Nullpunkt der Z – Achse im Koordinatensystem eingelernt werden: Hierzu muss die Spitze des Werkzeugs minimal über der Oberfläche des Werkstücks (Siebdruckplatte) angesetzt werden. Damit das

Werkzeug nicht direkt aufliegt kann ein Stück Papier verwendet werden. Ist der Nullpunkt der Z- Achse richtig gesetzt muss er gespeichert werden:

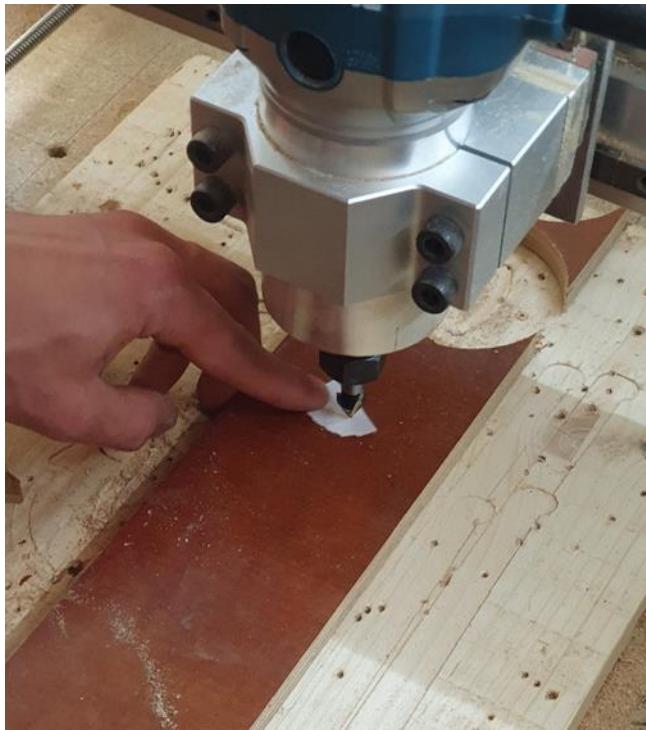


Abbildung 29: CNC-Koordinaten setzen



Abbildung 30: Nullpunkt setzen CNC

Danach kann mit der Erstellung der Designvarianten begonnen werden:

#### Erstellung Variante 1: Fehlerfrei:

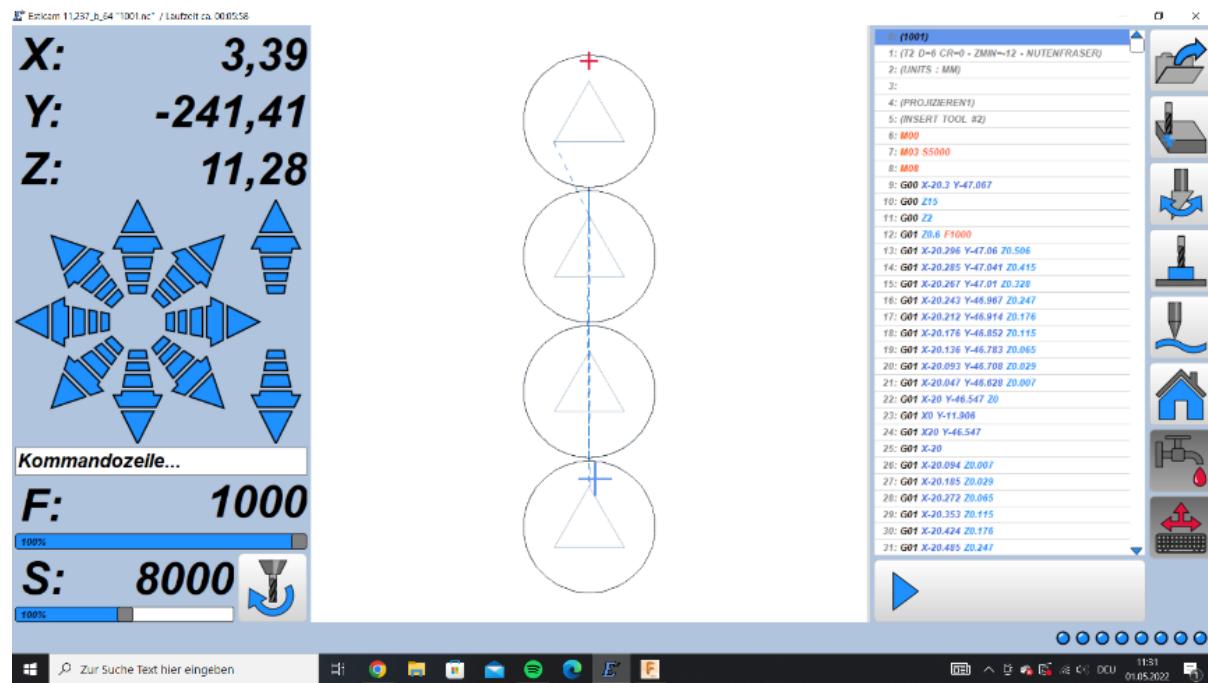
Arbeitsfolge an CNC – Maschine für Variante 1: Fehlerfrei

- 2) Design erstellen  
Design mittels Paint Skizze erstellt
- 3) Design in 3D- Zeichnung / Modell umwandeln



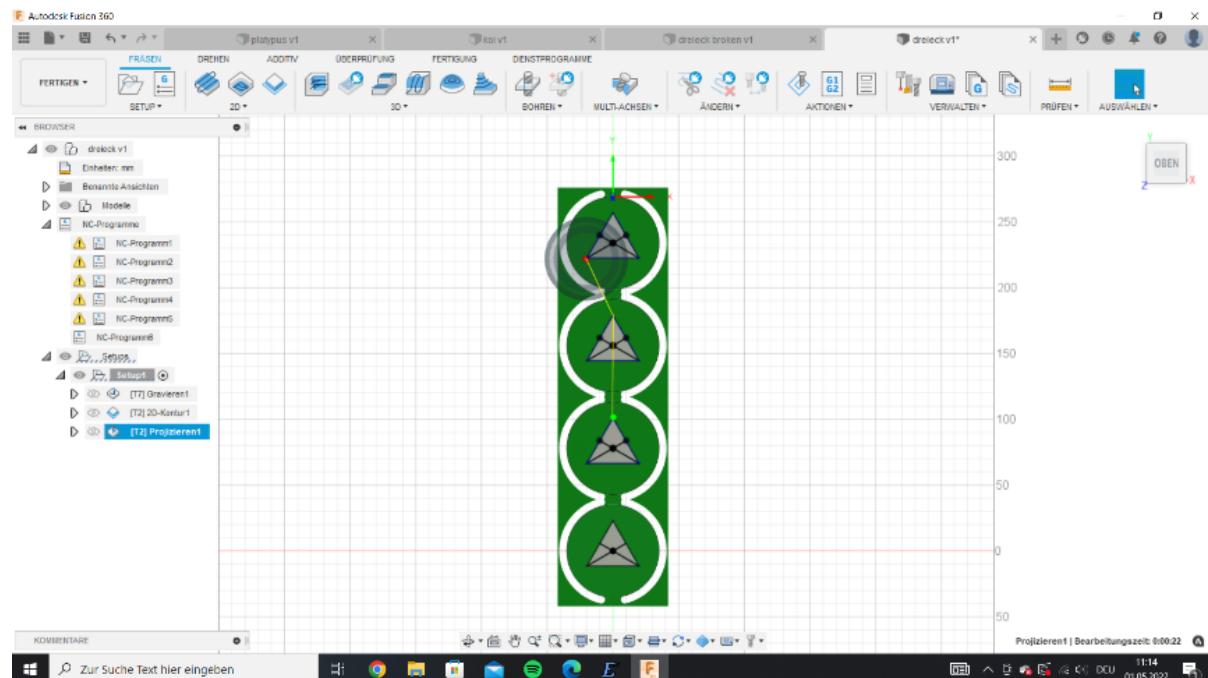
Abbildung 31: Variante 1: Fehlerfrei

### Visualisierung des Fahrwegs im Estlcam V11 Programm:



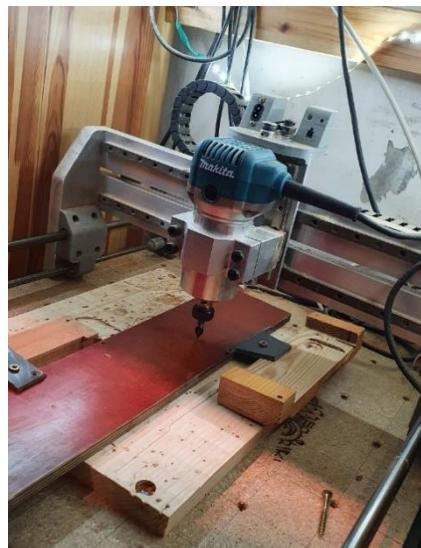
**Abbildung 32: Visualisierung des Fahrweges von Variante 1**

Visualisierung des Rohwerkstückes nach dem Fräsen im Programm Fusion 360. Gegenzeichnet in grüner Farbe.



**Abbildung 33: Visualisierung der Rohwerkstücke nach dem Fräsen (Fusion360)**

- 4) G-Code erstellen
- 5) Werkmaterial einspannen



**Abbildung 34: Werkstück einspannen**

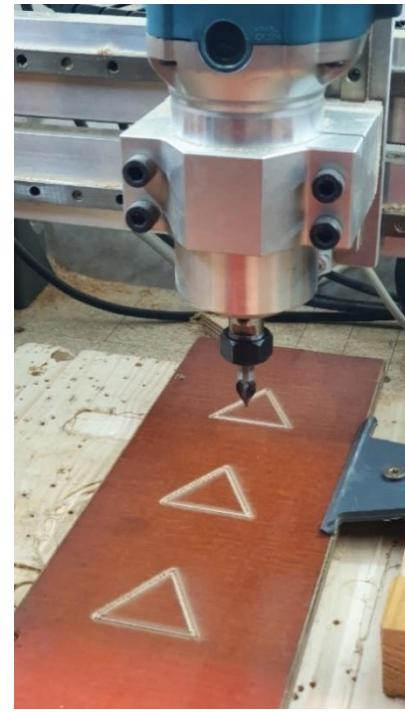
- 6) Gravieren (Nach Nullpunkt Kalibrierung Z- Achse)

Verwendetes Werkzeug:

- Gravierstichel 30° Spitze



**Abbildung 35: Gravur Variante 1 Verlauf**



**Abbildung 36: Gravur Variante 1**

- 7) Werkzeugwechsel
- 8) Fräsen (mit Steg)
- Schaftfräser



**Abbildung 37: Schafffräsen Variante 1 Verlauf**



**Abbildung 38: Variante 1 Schafffräsen**

Fertig gefräste Variante 1 mit Stegfunktion (aus Fusion360 generiert):

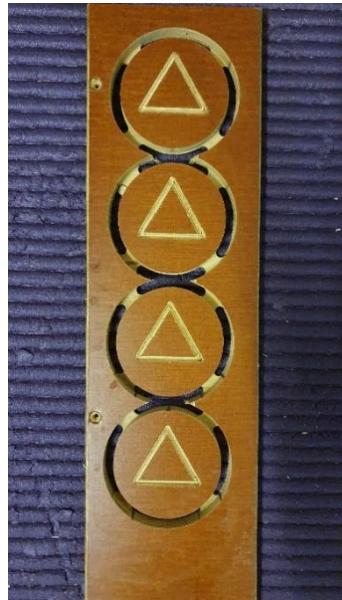


Abbildung 39: Stegfräsen aus Fusion360



Abbildung 40: Stegfunktion

Die Haltestegfunktion wurde ausgewählt, um Beschädigungen beim Fräsen von mehreren Musterfliesen auf einmal zu vermeiden, da der Steg die Musterfliesen zusammenhält und so keine losen Werkstücke während des Prozesses im Fräsbereich auftreten. [13]

#### Erstellung Variante 2: Fehler 1

Arbeitsfolge an der CNC – Maschine für Variante 2: Fehler 1

- 1) Design erstellen  
Design mittel Paint Skizze erstellt
- 2) Design in 3D- Zeichnung / Modell umwandeln

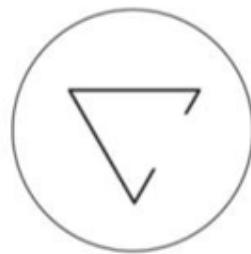
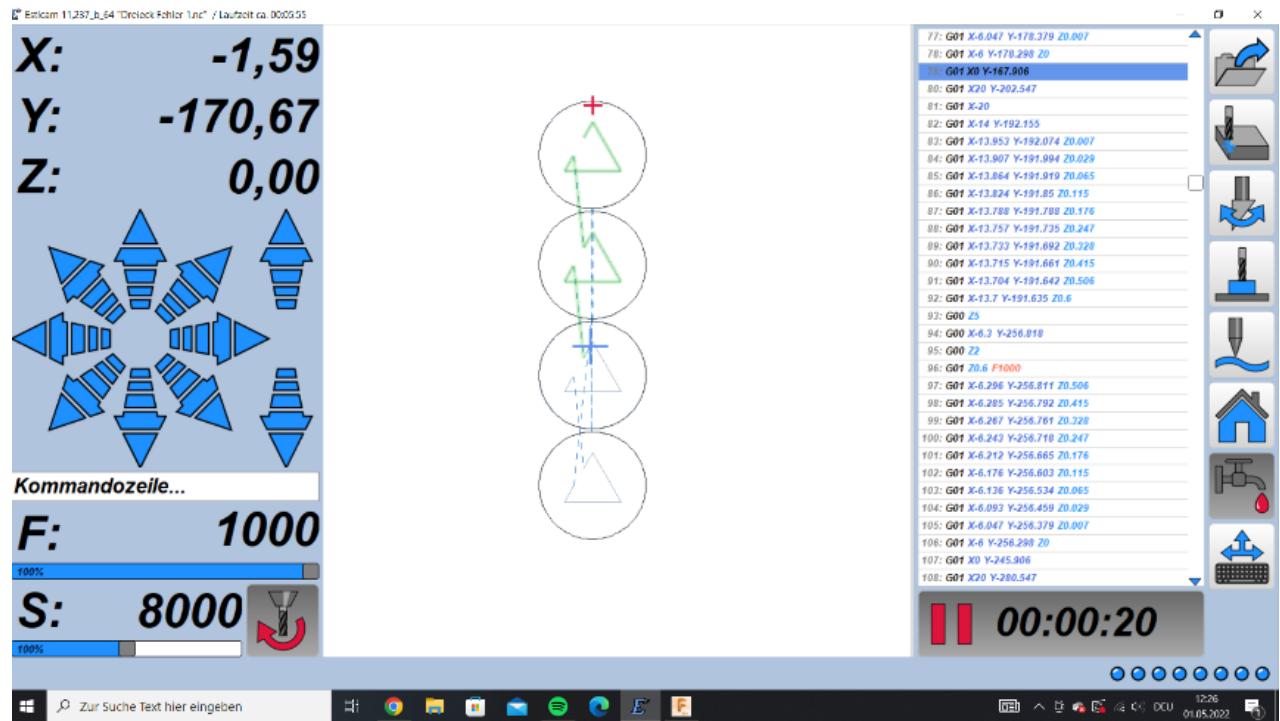


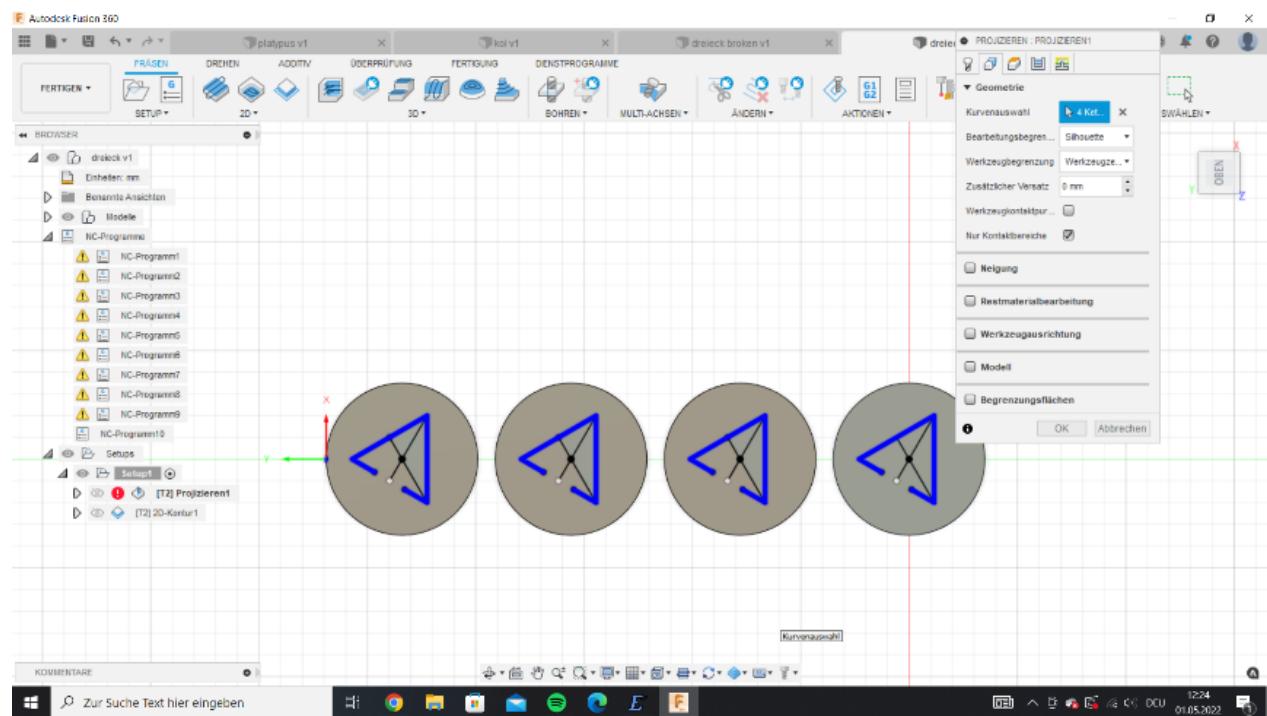
Abbildung 41: Variante 2: Fehler 1

## Visualisierung des Fahrwegs im Estlcam V11 Programm:



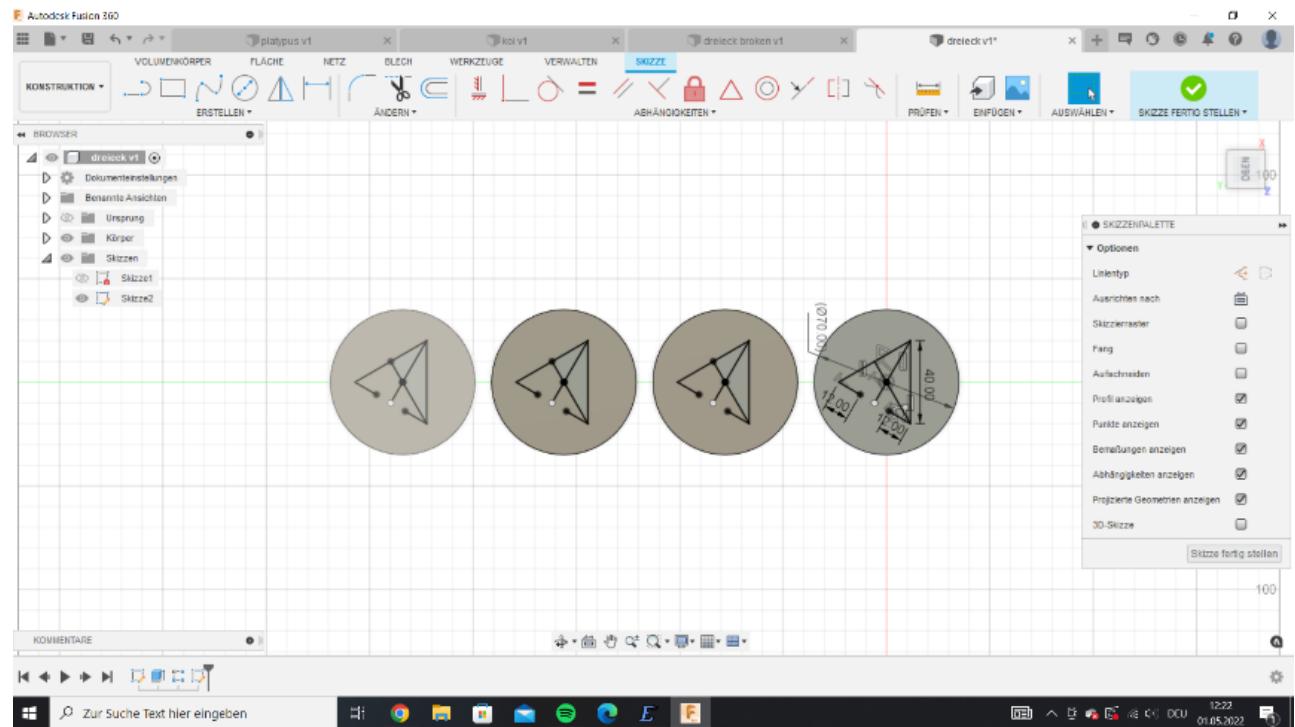
**Abbildung 42: Visualisierung der Gravur mit Fusion360**

Visualisierung der Gravur nach dem Gravieren im Programm Fusion360. Gegenzeichnen in blauer Farbe.



**Abbildung 43: Gravur für Variante 2**

Darstellung 3D Modell / Zeichnung im Fusion360 Programm mit Teilbemaßungen:



**Abbildung 44: Variante 2 3D Modell/ Zeichnung im Fusion360 Programm mit Teilbemaßung**

3) G-Code erstellen

- 4) Werkmaterial einspannen
- 5) Gravieren (Nach Nullpunkt Kalibrierung Z- Achse)

Verwendetes Werkzeug:

- Gravierstichel 30° Spitze



**Abbildung 45: CNC Gravur Variante 2**

6) Werkzeugwechsel



**Abbildung 46: Werkzeugwechsel auf Schafffräser, Variante 2**

Wechsel von Gravierstichel auf Schaftfräser mit erneuter Nullpunkteinstellung nach Werkzeugtausch.

7) Fräsen (mit Steg), Schaftfräser verwendet



**Abbildung 47: Umrandung Fräsen Variante 2**



**Abbildung 48: Fräsen Variante 2**

Fertig gefräste Variante 2 mit Stegfunktion (aus Fusion 360 generiert).

### **Erstellung Variante 3: Fehler 2**

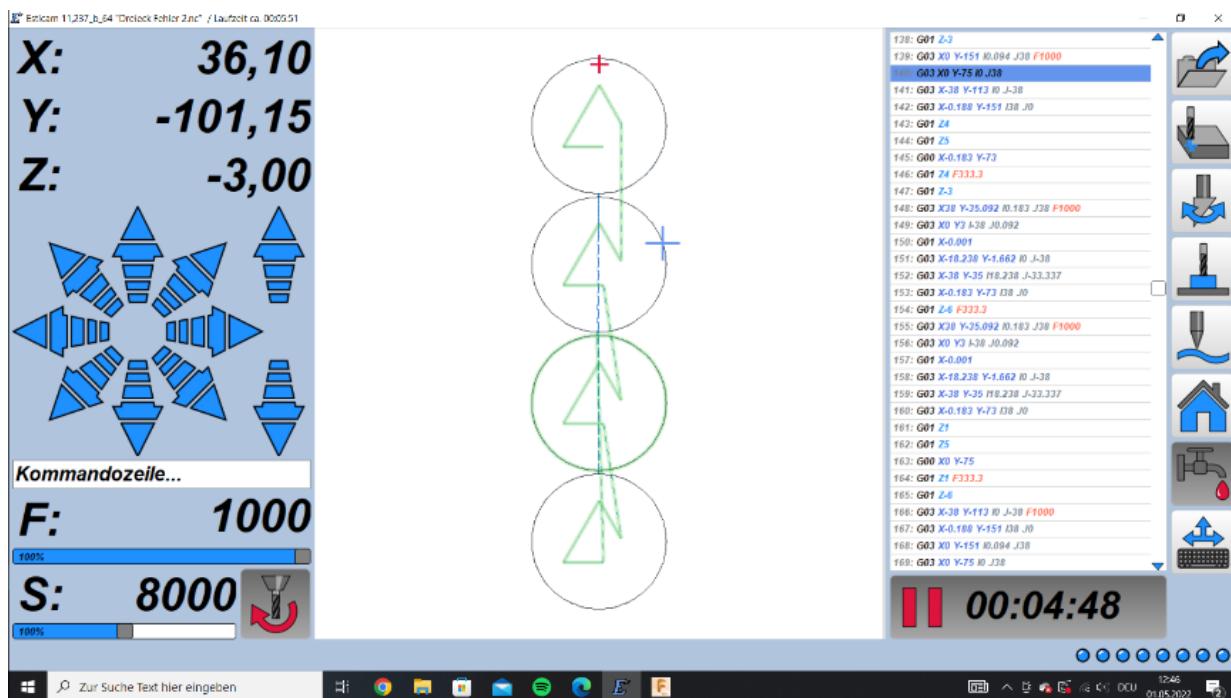
Arbeitsfolge an CNC – Maschine für Variante 2: Fehler 1

- 1) Design erstellen  
*Design mittels Paint Skizze erstellt*
- 2) Design in 3D- Zeichnung / Modell umwandeln



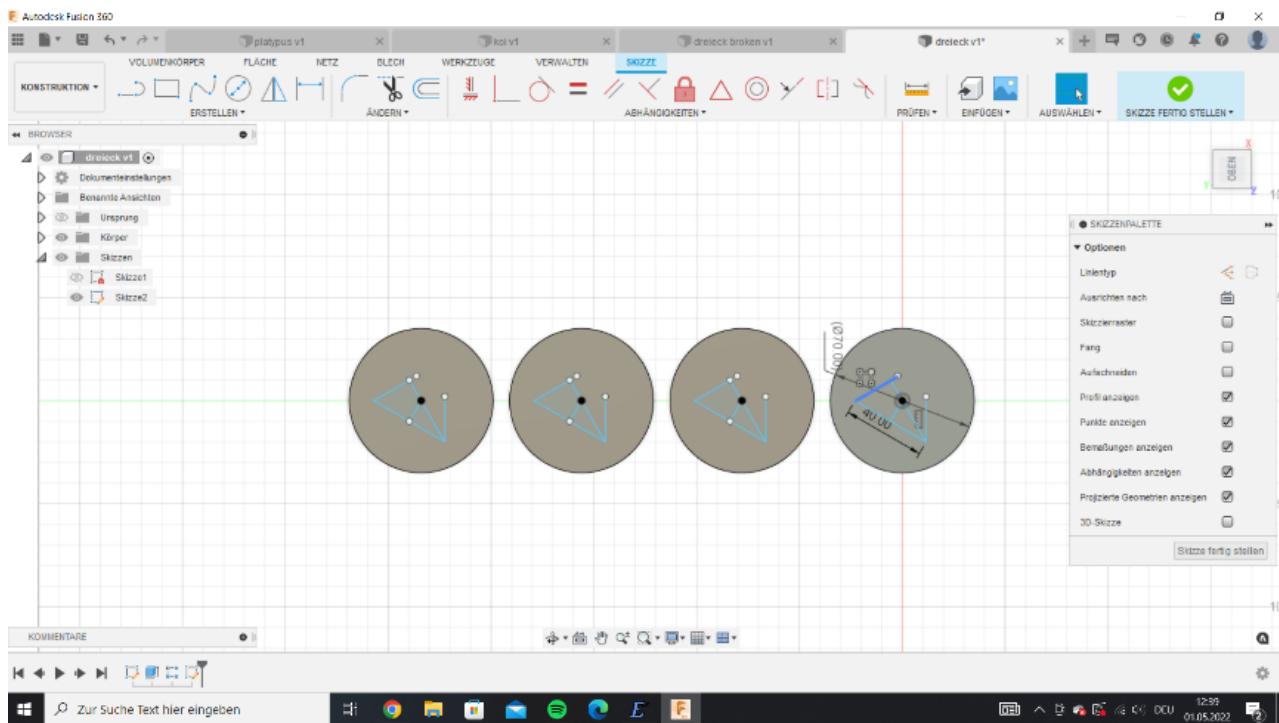
**Abbildung 49: Variante 3: Fehler 2**

## Visualisierung des Fahrwegs im Estlcam V11 Programm:



**Abbildung 50: Visualisierung Fahrweg Variante 3**

Darstellung 3D Modell / Zeichnung im Fusion360 Programm mit Teilemaßungen.



**Abbildung 51: Darstellung 3D Modell/Zeichnung im Fusion360 mit Teilbemaßungen Variante 3**

- 3) G-Code erstellen
  - 4) Werkmaterial einspannen
  - 5) Gravieren (Nach Nullpunkt Kalibrierung Z- Achse)

## Verwendetes Werkzeug:

- Gravierstichel 30° Spitze



**Abbildung 52: Gravierstichel**

- 6) Werkzeugwechsel  
Wechsel von Gravierstichel mit 30° Spitze auf Schaftfräser.
- 7) Fräsen (mit Steg)  
Schaftfräser verwendet

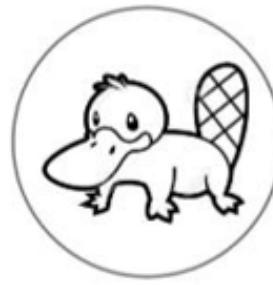


**Abbildung 53: Schaffräsen Variante 3**

#### **Erstellung Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier**

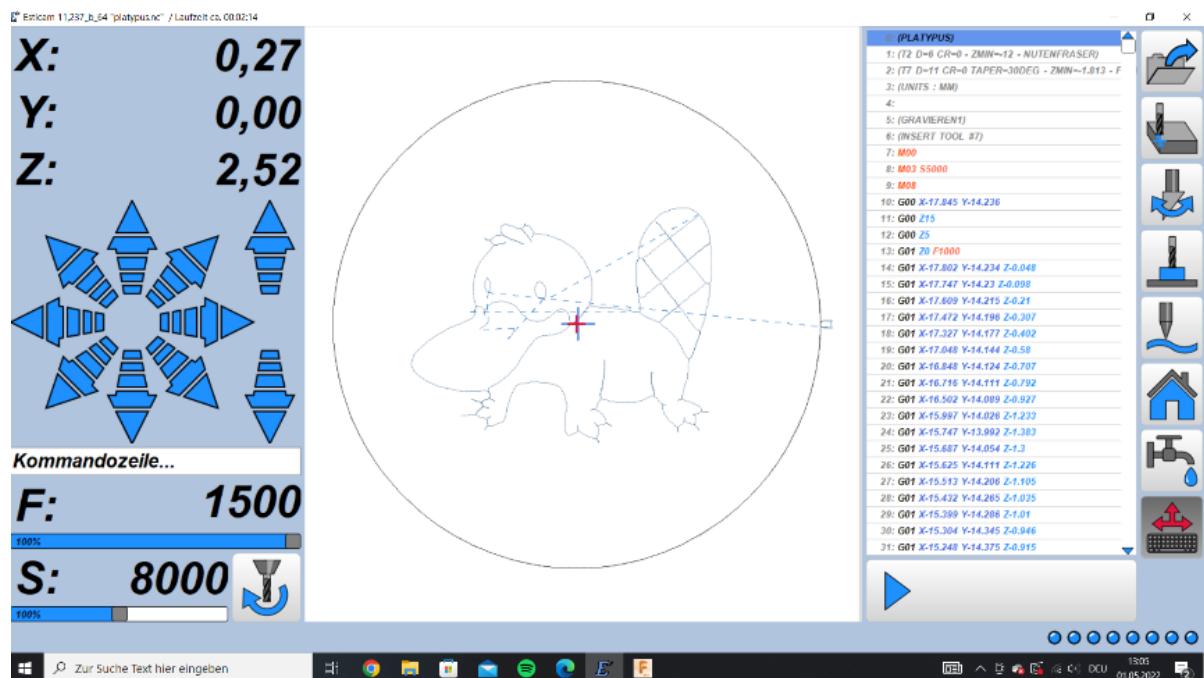
Arbeitsfolge an CNC – Maschine für Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier

- 1) Design erstellen  
Design mittel Paint Skizze erstellt
- 2) Design in 3d- Zeichnung / Modell umwandeln



**Abbildung 54: Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier**

Visualisierung des Fahrwegs im Estlcam V11 Programm:



**Abbildung 55: Visualisierung Fahrweg Variante 4 Platypus**

- 3) G-Code erstellen
- 4) Werkmaterial einspannen
- 5) Gravieren (Nach Nullpunkt Kalibrierung Z- Achse)

Verwendetes Werkzeug:

- Gravierstichel 30° Spitze



**Abbildung 56: Variante 4 Gravur fertig**



**Abbildung 57: Gravur Variante 4**

- 6) Werkzeugwechsel  
Wechsel von Gravierstichel mit 30° Spitze auf Schaftfräser.
- 7) Fräsen (mit Steg)  
Schaftfräser verwendet



**Abbildung 58: Umrandung Variante 4**



**Abbildung 59: Schaftfräsen Variante 4**

## Erstellung Variante 5: Sondermotiv 2 Koi

Arbeitsfolge an CNC – Maschine für Variante 5: Sondermotiv 2 Koi

- 1) Design erstellen  
Design mittel Paint Skizze erstellt
- 2) Design in 3d- Zeichnung / Modell umwandeln



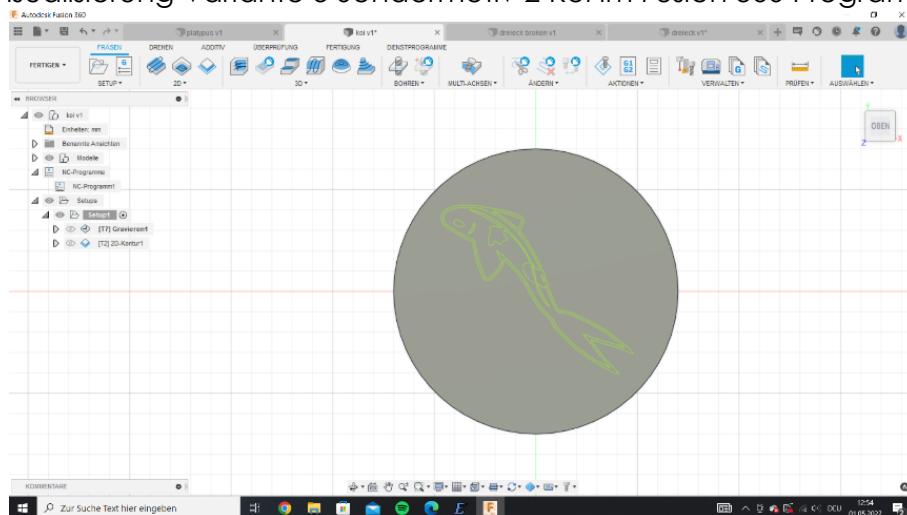
**Abbildung 60: Variante 5: Sondermotiv 2 Koi**

Visualisierung des Fahrwegs im Estlcam V11 Programm:



**Abbildung 61: Visualisierung Fahrweg Variante 5 KOI**

Visualisierung Variante 5 Sondermotiv 2 Koi im Fusion 360 Programm



**Abbildung 62: Visualisierung Variante 5 Sondermotiv 2 Koi im Fusion 360 Programm**

- 3) G-Code erstellen
- 4) Werkmaterial einspannen
- 5) Gravieren (Nach Nullpunkt Kalibrierung Z- Achse)

Verwendetes Werkzeug:

- Gravierstichel 30° Spitze



**Abbildung 63: Gravur Koi**

- 6) Werkzeugwechsel



**Abbildung 64: Werkzeugwechsel Variante 5**

### 7) Fräsen (mit Steg)



**Abbildung 65: Fräsen Koi**



**Abbildung 66: Variante 5 Sondermotiv 2 Koi Fräsen**

Sichtbare Haltestege an den Musterfliesen:



**Abbildung 67: Haltesteg**

Nachdem die fünf Varianten (Variante 1: Fehlerfrei, Variante 2: Fehler 1, Variante3: Fehler 2, Variante 4: Sondermotiv, Schnabeltier, Variante 5: Sondermotiv 2 Koi) gefräst und graviert wurden müssen sie vom Haltesteg entfernt werden.



**Abbildung 68: Samples aus der CNC**

Zum Entfernen des Haltestegs wurde eine Stichsäge verwendet:

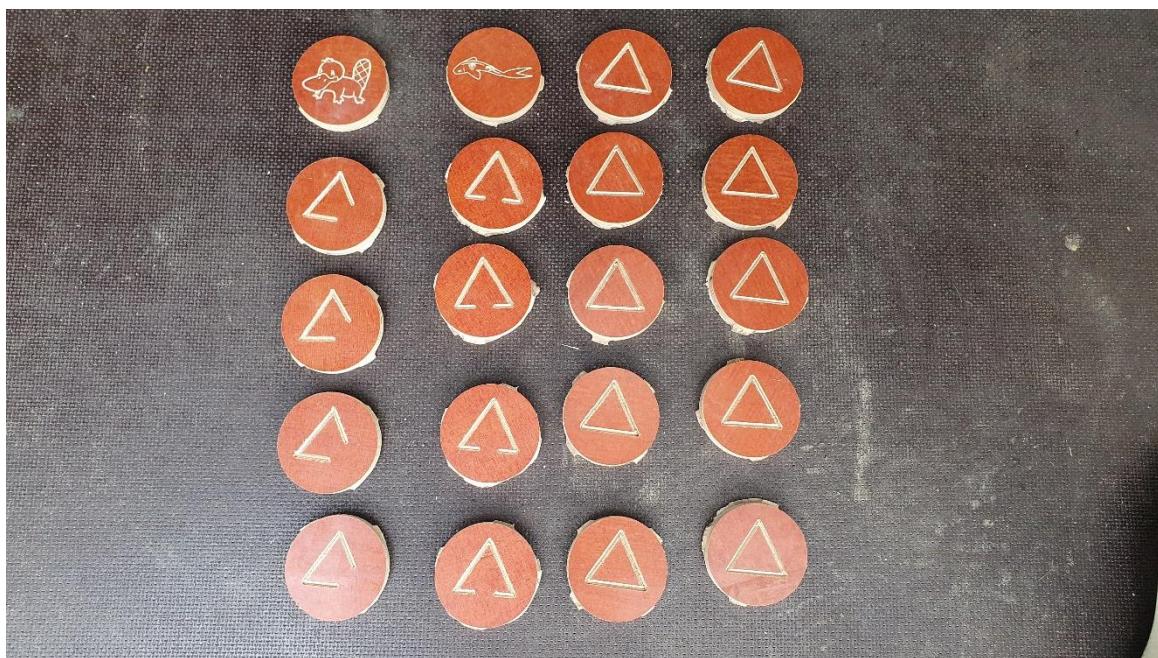


**Abbildung 69: Nachbearbeitung mit Stichsäge**



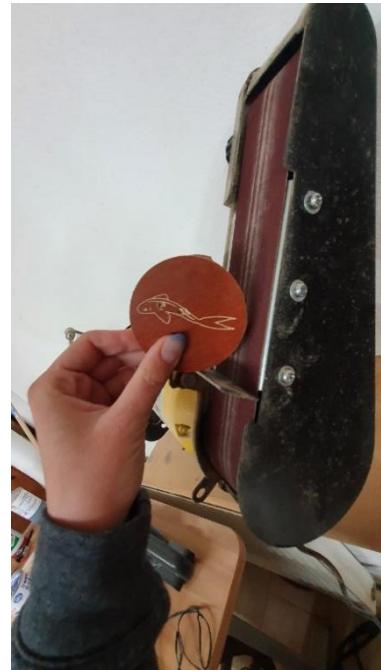
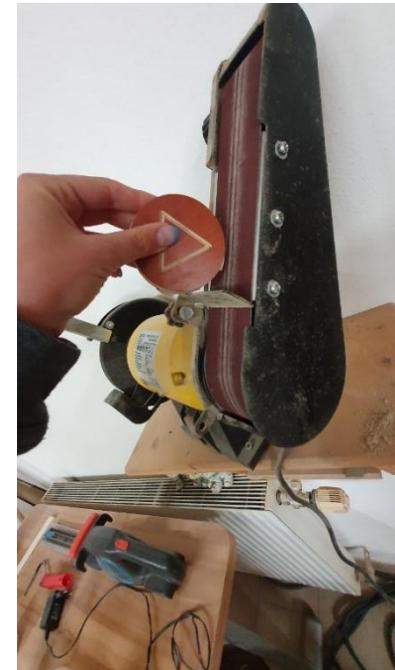
**Abbildung 70: Werkstück**

Nachdem die Musterfliesen vom Steg ausgelöst wurden, erfolgt die Nachbearbeitung.



**Abbildung 71: unbearbeitete Musterstücke**

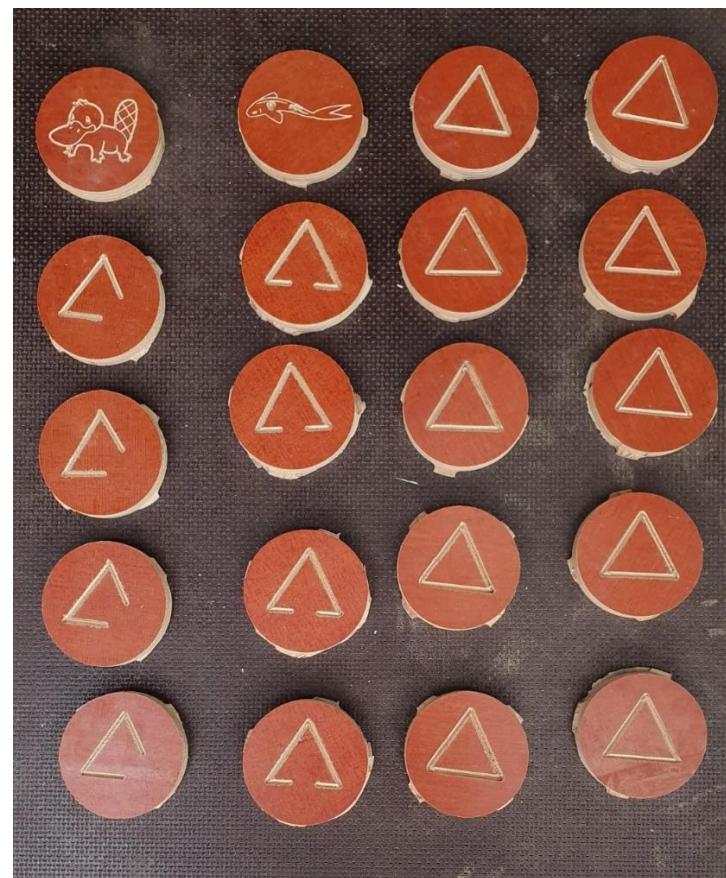
Da nicht alle Stegreste mit der Stichsäge entfernt werden konnten, mussten die Musterfliesen nochmals geschliffen werden. Hierzu wurde eine Bandschleifmaschine mit Schleifbock verwendet. Das verwendete Schleifpapier besitzt die Körnung 150.

**Abbildung 72: Schleifen****Abbildung 73: Nachbearbeitung Variante 5****Abbildung 74: Schleifen an Bandschleifmaschine**

Nach dem Schleifen wurden die Musterfliesen mittels Druckluft gereinigt. Dazu wurde ein Kompressor mit passendem Aufsatz verwendet.

**Abbildung 75: Reinigung mit Druckluft****Abbildung 76: Markierte Muster****Abbildung 77: Lagerbox**

Insgesamt wurden 24 Musterfliesen gefertigt.



**Abbildung 78: Musterfliesen**

Genaue Auflistung nach Varianten:

Variante	Stückzahl
<b>Variante 1: Fehlerfrei</b>	10
<b>Variante 2: Fehler 1</b>	4
<b>Variante 3: Fehler 2</b>	4
<b>Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier</b>	1
<b>Variante 5: Sondermotiv 2 Koi</b>	1
<b>Prototyp (verschiedene)</b>	4

**Tabelle 4: Anzahl der Varianten**

Zusätzlich zur Mustererkennung wurden folgende Dinge durchgeführt:

- Erstellen der Dokumentation
- Grober erster Projektstrukturplan
- Projektzeitachse
- Phaseneinteilung zum Zeitplan
- Gantt Chart zum Zeitplan
- Erste Abschätzung / Risikoanalyse

- Erstellung der Arbeitspakete
- Bestellung der Teile und Abwicklung

## 4.2 Herstellung Fördereinheit/ Müller:

### 4.2.1 Verwendete Programme:

#### Fusion 360:

Fusion 360 ist eine von Autodesk entwickelte Softwareanwendung für kommerzielles Computer-Aided Design (CAD), Computer-Aided Manufacturing (CAM), Computer-Aided Engineering (CAE) und Leiterplattendesign (PCB). Es ist für Windows und macOS verfügbar, mit vereinfachten Anwendungen für Android und iOS. Fusion 360 wird als kostenpflichtiges Abonnement lizenziert, wobei eine kostenlose, limitierte, nicht kommerzielle persönliche Edition für zu Hause gibt. Fusion 360 verfügt über integrierte Funktionen für 3D-Modellierung, Simulation und Dokumentation. Es kann Fertigungsprozesse wie Zerspanung, Fräsen, Drehen und additive Fertigung verwalten. Es verfügt auch über EDA-Funktionen (Electronic Design Automation) wie Schema-Design, PCB-Design und Komponentenmanagement. [10]

#### Estlcam V11:

Estlcam ist eine PC-Software für Windows die es erlaubt G-Codes für Zeichnungen zu erstellen (CAM-Funktion). Gleichzeitig dient es als CNC-Steuersoftware, es steuert dazu über USB eine Estlcam-Controller-Steuerplatine an, diese erzeugt die Steuersignale für die Motoren der Maschine. Estlcam kann dazu bis zu 3 Achsen steuern, perfekt also für CNC-Fräsen und einfache Sondermaschinen. Es kann auch nur für CAM verwendet werden, die erzeugten G-Code-Programme können auch für andere Steuerungen wie Mach3, Eding usw. verwendet werden. Viele Postprozessoren für andere Steuersysteme sind enthalten. [11]

#### PrusaSlicer Version 2.4.2:

Die Slicer Software vom gleichnamigen Hersteller von FDM-Druckern erlaubt es aus stl Dateien einen G-Code zu erstellen, welcher über ein Speichermedium in den Drucker geladen werden kann und somit die digitale Datei realisieren lässt.



**Abbildung 79: PrusaSlicer Version 2.4.**

## 4.2.2 Antriebssystem

### Inhaltliche Richtungsgebung

Die mechanische Umsetzung der Projektarbeit „Fliesenqualitätserkennungseinrichtung“ wurde begonnen mit der Konstruktion der Antriebseinheit, wodurch alle weiteren Komponenten darauf aufbauend um dessen Funktion herum konstruiert wurden.

Zur Realisierung sind ausschließlich in Privatbesitz befindliche Maschinen und Hilfsmittel verwendet worden.

Zur Komponentenbestimmung wurden die selbst erlangten fachlichen Kenntnisse herangezogen um eine fehlerfreie Funktionalität gewährleisten zu können.

#### Herstellung der Walzkörper:

Verwendetes Werkzeug / \*Material:

- Zollstock, Messschieber
- Marker
- Fuchsschwanzsäge
- Schraubstock
- FDM-Drucker, Prusa i3 MK3S+
- Bandsäge
- Stanzzange
- PVC Wasserrohre (155 x 40)
- Kugellager (8 x 22 x 7), ABEC 5
- Stahlachse (170 x 8), Edelstahl
- PLA Filament, schwarz [12]

Die Fördereinheit der Projektarbeit besteht aus zwei identisch abgelängten PVC-Wasserrohren mit einer Bemaßung von 155 x 40 mm und einer Wandstärke von 2 mm, die in jedem handelsüblichen Baumarkt erhältlich sind. Mittels Handsäge und Bandschleifer wurden diese auf Maß gebracht und entgratet. Im folgenden mussten nun die Lagerungen entsprechend der Walzen entwickelt und konstruiert werden, welche mittels FDM-Druckverfahren realisiert wurden. Es wurde ein Prusa i3 MK3S+ verwendet mit einem PLA Druckfilament in der Farbe schwarz.



Abbildung 80: Drucker Front



Abbildung 81: Drucker Seite

Zur Konstruktion aller 3D-gedruckten Bauteile wurde die CAD-Software „Autodesk Fusion 360“ verwendet. Folglich auch für die Lagerhalter der An- und Abtriebs-Walzen.



**Abbildung 82: Lagerblock Antriebsseite**

In der Abbildung 83 erkennt man die fertige Lagerkonstruktion, welche für die aktive und passive Führungswalze verwendet wurde. Um eine problemlose Drehmomentübertragung zu ermöglichen sind Stege zur formschlüssigen Passung vorgesehen worden (Abb. 86)



**Abbildung 83: Lagersitz**

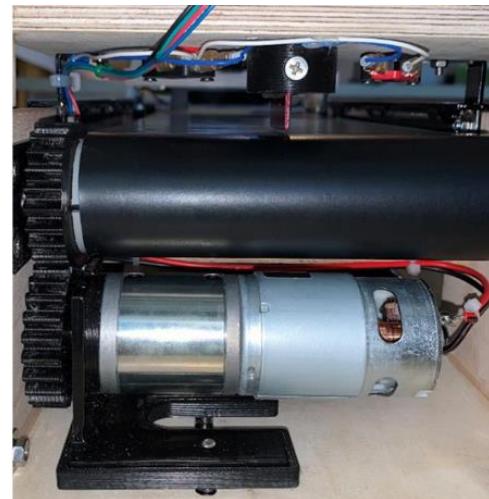
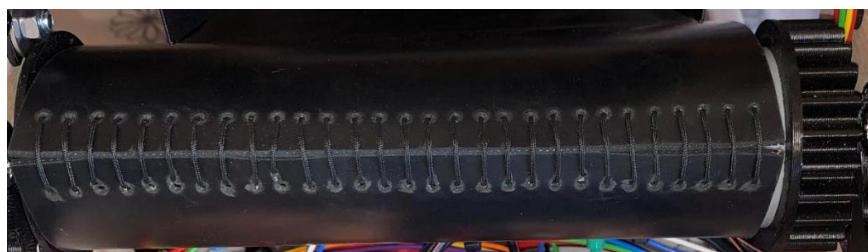
Das Zahnradprofil wurde mit folgenden Parametern gewählt:

- $m = 2$  (Modul)
- $\alpha = 20^\circ$  (Eingreifwinkel)
- $n = 24$  (Zähnezahl)
- $r = 1 \text{ mm}$  (Zahnradius)
- $t = 12 \text{ mm}$  (Materialstärke)
- $d = 22 \text{ mm}$  (Durchmesser)

In der Konstruktion wurde ein Lagersitz vorgesehen, welcher ein Kugellager der Dimension  $8 \times 22 \times 7 \text{ mm}$  mittels Presspassung hält. Als Lageranschlag wurde ein Kegel zwischen innerem Lagerläufer und äußerer Rahmenbande auf eine  $8 \text{ mm}$  Stahlachse aufgeschoben. Die Achse wurde mittels Bandsäge und anschließender Nachbearbeitung auf  $178 \text{ mm}$  zugeschnitten, um einen Angriffspunkt für die Achshalterung zu ermöglichen. Passivseitig ist ein ähnliches Konstrukt angebracht, lediglich ohne Getriebefunktion, was eine Verschiebung der gesamten Förderstrecke aus der Mitte zur Folge hat.

**Abbildung 84: Passiver Lagerhalter**

Für den Antrieb wurde ein 12VDC Getriebemotor verwendet, welcher mit seiner Motorachse ein Flächengepresstes Zahnrad hält. Durch die Getriebeübersetzung von 1:1 wurde hier auf umständliche Berechnungen verzichtet, da die Drehzahl über die Spannungsversorgung geregelt werden kann. ( $0 \sim 60$  rpm). Eine eigens gefertigte Motoraufnahme wurde aus Stahlteilen geschweißt mittels MAG-Schweißverfahren und anschließend in Schwarz-glanz pulverbeschichtet (RAL 9005). Um Vibrationen bestmöglich zu vermeiden, steht das Antriebspaket auf einem Dämpfungsbett aus PLA. Das Förderband besteht aus einem Gummistreifen mit der Bemaßung 150 x 1000x 1 mm. Die beiden Enden wurden im gleichmäßigen Abstand gestanzt und mit einem Faden genäht, um einen Bruch bestmöglich vorzubeugen.

**Abbildung 85: Förderband****Abbildung 86: Antrieb****Abbildung 87: Baseballnaht**

Um nun folglich ein funktionsfähiger Prototyp fertigen zu können, musste im nächsten Arbeitsschritt die Rahmenkonstruktion gefertigt werden. Da das gesamte Projekt im Inside-Out Prinzip konstruiert wurde, muss sich der Rahmen an die bereits gegebenen Maße der Fördereinheit fügen

## 4.2.3 Rahmenkonstruktion

### Inhaltliche Richtungsgebung

Der Rahmen und alle Anbauteile müssen ein problemloses Ineinandergreifen gewährleisten und ausreichend Steifigkeit für die Fördereinrichtung liefern. Daher sind Genauigkeit und die Verwendung der richtigen Materialien ausschlaggebend für den Problemlosen Aufbau des Prototyps. Alle Holzelemente wurden CNC-gefräst mit einer StepCraft Fräsmaschine. Das Programm Estlcam V11 verarbeitet hierbei den G-Code und steuert die verwendete CNC- Maschine. Der Rahmenaufbau wurde mit einem Exoskelett-System entworfen, um bestmöglich gegen Verziehen und Instabilitäten geschützt zu sein. Alle für den Aufbau notwendigen Arbeitsschritte wurden ausschließlich im eigenen Arbeitsumfeld gefertigt und bearbeitet. Hierzu gelten die Arbeitsverfahren und die Nutzung der verwendeten Materialien.



## Umsetzung

### Herstellung der Rahmenkonstruktion:

Verwendetes Werkzeug / Material:

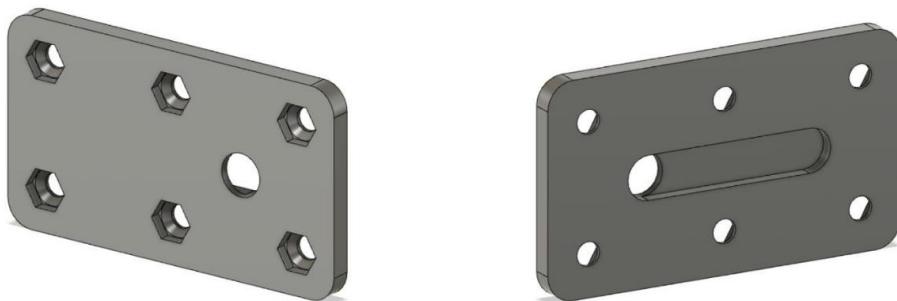
- CNC- Fräser, StepCraft 420 CK
- Bandsäge, Epple bs125gs
- Ständerbohrmaschine, Quntum b25
- WIG – Schweißapparat, EWM Tetrix plus AC/DC
- Schweißtisch
- Aluminiumwinkel
- Sperrholzplatten, 8mm / 15mm
- Konstruktionshölzer Rundstab, lamelliert
- M8 Muttern, rostfrei
- M4 Schraubengewinde, 50mm
- M4 Muttern, rostfrei
- Unterlegscheiben, rostfrei
- "Plexiglas"
- Cuttermesser
- Biegemaschine
- Schleifmittel
- Körner
- Messschieber
- Pulverbeschichtungsgerät
- Pulverlacke

Vorab beginnt die Fertigung mit der Wahl der groben Grundform des Förderbandes. Hierzu wurde eine triviale Quader-Form gewählt, um Komplikationen in der Herstellung weitestgehend auszuschließen. Verwendet wurden für alle Holzapplikationen 8 mm Sperrholzplatten für die Seitenwände und 15 mm Holzplatten für Boden und Zubau-Anwendungen. Die grobe Holzbearbeitung wurde durch Verwendung eines CNC-Fräzers durchgeführt, um die Maßhaltigkeit bestmöglich einzuhalten zu können. Die Genauigkeit in diesem Arbeitsschritt ist von großem Interesse für das gesamte Erscheinungsbild des Prototyps. Für die Fräsarbeiten wurde eine StepCraft Fräsmaschine/Lasercutter mit der dazugehörigen Software Estlcam V11 verwendet. In der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** die Rechteckform einer Seitenwand ersichtlich mit den jeweiligen Aussparungen zur problemlosen Montage. Die Finalen Maße sind: 120 x 130 mm. Die ovale Langlochnut ist wichtig, um die Spannung des Förderbandes gezielt manipulieren zu können.

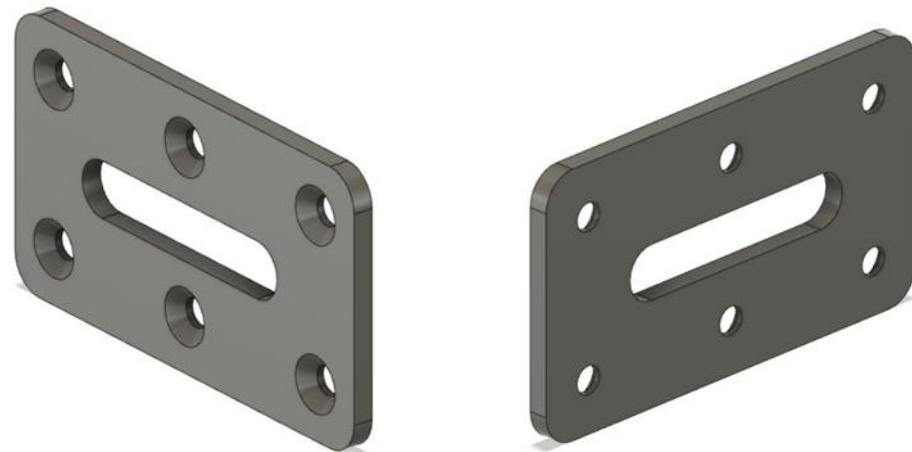


**Abbildung 89: Seitenwand**

Die beiden Löcher am rechten Fußende der Seitenwand wurden vorgesehen, um mit dem Boden eine Dübel-Leim-Passung zu realisieren. Im mittigen Bereich befindet sich ein weiteres Loch, um eine Querstrebe vorzusehen, wobei diese verwendet wird. Die weiteren Arbeitsschritte blieben undokumentiert, da sich die Arbeitsabfolge immer wiederholt. Das fertig gefräste Teil musste anschließend noch per Hand nachbearbeitet werden. Mit Feilen, Bandschleifer und Schleifpapier wurden ungewollte Fertigungs-rückstände abgetragen. Nur die reine Grundform wurde aus Holz gefertigt.

**Abbildung 90: Führung Außen 1 und Außen 2**

Die äußere Achsführung wird außen an der Seitenwand angebracht und hat lediglich eine Durchgangsbohrung zur Montage und Demontage der Walzkörper und eine Führungs-nut, welche als Förderband-Vorspannung verwendet wird. Eine beidseitige Verwendung ermöglicht die Aufnahme der Achse und somit der Walze und weiters des gesamten Antriebstrangs. Das Gegenstück dazu dient nicht nur als Führung der Achse, sondern auch als Anschlag der Lagerkegel um das Tangentialspiel zu eliminie-ren. Jedoch ist hier zu beachten, dass die Langlochnut durchgängig offen zu konstru-ieren ist.

**Abbildung 91: Führung Innen 1 und Innen 2**



**Abbildung 92: Frontansicht**

In der Abbildung erkennt man die fertige Führungskonstruktion.

Zusätzlich wurden noch M8 Muttern mit M4 Gewindestangen mittels WIG verschweißt, um die Spannung des Förderbandes rechts wie links konstant einstellen zu können.



**Abbildung 93: Spannschraube**

Die Verwendung von Holz erfolgte aufgrund der einfachen Handhabung und Bearbeitbarkeit, jedoch kann die Prototyp Konstruktion nicht aus einem Stück hergestellt werden, aufgrund des Bearbeitungsbauraums der CNC-Maschine und der natürlichen Krümmung des Holzes. Aus diesem Grund wurden alle Holzelemente auf ein notwendiges Minimum reduziert und für den restlichen Rahmenaufbau alternative Materialien verwendet.

Um nun die beiden Holzstrukturen miteinander zu verbinden, wurden Aluminiumwinkel abgelängt und angebracht. Um dem Prototypen eine farbliche Nuance zu verleihen, wurden metallische Elemente pulverbeschichtet. Hierzu werden nun die Rahmenwinkel benötigt, welche dem Förderband die benötigte Festigkeit geben. Da diese aus Aluminium bestehen sind sie gut zu bearbeiten und bieten einen gewissen Massenvorteil gegenüber Stahl. Die Winkel haben zwei unterschiedliche Formen, einerseits symmetrisch mit einer Seitenlänge von 15 x 15 mm, welche für den oberen Rahmenwinkel verwendet wurden, um nicht zu weit in den Arbeitsbereich zu ragen. Die andere Winkelform ist bemessen mit 15 x 30 mm. Diese Asymmetrie wurde genutzt, um einen breiten Auflagefuß für das Gestell zu ermöglichen. Die Länge der Aluminiumwinkel beträgt in etwa 520 mm, welche mit einer Bandsäge geschnitten und an der richtigen Stelle zur Befestigung gebohrt wurden. Nachträglich ist das Entgraten der Schnittkanten und der Bohrungen sehr wichtig, um die Passgenauigkeit der Bauteile zu gewährleisten.

## Pulverbeschichten

Pulverbeschichten ist ein Beschichtungsverfahren für elektrisch leitende und temperaturbeständige Materialien. Hierzu muss vorerst die Oberfläche des Werkstückes gereinigt und entfettet werden. Anschließend wird es so positioniert um ohne viel Bewegungsaufwand gebacken zu werden. Das Pulver selbst kann von namhaften Herstellern in unzähligen Farben und Variationen erworben werden. Durch elektrische Ladungsdifferenz zwischen positiv geladenem Pulver und geerdetem Werkstück haftet das Pulver an dem Objekt an.

### Vorbereitung

Das zu pulvernde Objekt muss sich im Endzustand der Bearbeitung befinden mit entsprechender Länge, Bohrungen, Oberflächenbearbeitung. Die Oberfläche muss rost-, verschmutzungs- und fettfrei sein. Eventuelle Aussparungen müssen mit Hitzebeständigem Klebeband abgeklebt werden. Bei nachträglichen Bearbeitungen wird andernfalls der Lack beschädigt und müsste erneut übergepulvert werden.

### Pulverprozess

Hierbei befindet sich das Objekt bereits aufgehängt mit Kupferdraht an einem Backblechgitter, um elektrische Ladung zu leiten. Nun wird eine Spannungsversorgung von 230 VDC und ein Druckluftanschluss mit einer Druckminderung von 1 Bar benötigt. Das Pulversetup wird neben dem Pulverobjekt platziert, um nicht zu viel Kabelweg zu benötigen. Nun wird der Spannungsbereich am Trafo des Pulvergerätes eingestellt, je nach Anwendungsbereich. Um eine elektrisch leitende Verbindung zu ermöglichen, muss eine Erdungsklemme angebracht werden. Die Ladung wird mittels Fußpedals aktiviert und muss während des Pulverprozesses durchgehend gedrückt werden. Durch das Ziehen des Abzugs der Pulverpistole wird das Pulverreservoir mit Druckluft verwirbelt, aus dem Pilgerschaft geblasen und mit Hilfe der Ladungselektrode positiv geladen. Durch Anpassungen von Spannung, Ladedruck, Verwirbelungsspitze und Beschichtungsdicke können unterschiedlichste Ergebnisse erzielt werden. Hierbei gilt die Devise bei Verwendung von Pulver „Lieber mehr als zu wenig“.



**Abbildung 95: Pulverbeschichtungsgerät**



Abbildung 96: Druckminderer 1 bar



Abbildung 97: Pulvertrafo



Abbildung 98: Pulverbeschichtung



Abbildung 99: Pulversetup

Im bedeckten Zustand ist darauf zu achten, das Werkstück nicht mehr zu berühren oder anecken zu lassen, da ansonsten die Gefahr besteht Pulver abzuschaben. Vorteilhaft sind weiters windstille Arbeitsumstände mit guter Belüftung.

### Backprozess

Da sich das Pulver ohne Nachbehandlung einfach ablösen würde muss das Werkstück gebacken werden. Hierzu wird das Backblech vorsichtig in einen eigens für ähnliche Verfahren verwendeten Ofen geschoben und erhitzt. Bei der Verwendung des schwarzen Pulvers (RAL 9005 Polyester Pulverlack, Schwarz glatt Hochglanz) ist die Brenntemperatur angegeben mit 180°C für 10min. (Eigene Anwendung: Umluft 195°C für die Zeit bis der Heizindikator des Ofens erlischt, da das Backblech in den kalten Ofen geschoben wird.) Abschließend muss nun nur noch darauf gewartet werden, bis das Objekt abgekühlt ist und bereit zur Verwendung ist.



**Abbildung 100: Brenntemperatur von Pulverlack**



**Abbildung 101: unbeschichtetes Bauteil**



**Abbildung 102: beschichtet Bauteil**

Das Pulververfahren kann sehr weitläufig eingesetzt werden durch die guten Schutzeigenschaften beispielsweise im Automobilbereich oder als optische Individualisierung. Beispiele dafür liefern Bremsanlagen, Motorapplikationen, Schweißgut etc.

Um nun die bauartbedingten Freiflächen zu füllen, wurden Plexiglasplatten verwendet. Diese Platten bestehen aus Polystyrol und sind somit leicht zu bearbeiten und eignen sich gut als Deko-Effekt aufgrund der Transparenz, um ins Innleben des Prototyps sehen zu können. Handelsübliche Kunststoffplatten können in jedem Baumarkt erworben werden, mit einer gewählten Abmessung von 1000 X 500 X 2,5 mm. Um die genaue Größe der Seitenfenster bestimmen zu können muss das Förderband im zusammengebauten Zustand und spannungsfrei gemessen werden, da sich die Abmessungen der beiden Seiten minimal unterscheiden ist jede Seite individuell auf die vorgesehene Freifläche angepasst. Um nun mit den Maßen aus den Seitenfenstern ein Stück aus dem Plexiglas zu schneiden, muss die Bruchkante mit einem Cuttermesser angerissen und anschließend gebrochen werden. Somit erhält man einen Kunststoffteil mit einer Größe welche gut handzuhaben ist und nun auf Maß gebracht werden kann.

In der Abbildung 104 erkennt man die zum Brechen verwendete Biegemaschine, welche gut geeignet ist für dünne Bleche im 2mm Bereich oder Sprödbrüche und bis zu einem Biegewinkel bis 95°.

Da man nun mit einer brauchbaren Größe arbeitet kann man das Plexiglas auf die gemessene Länge brechen. Hierzu wird die Länge in einem Messschieber eingestellt und durch zwei Anreißmarkierungen kann über die ganze Breite die Sollbruchstelle gezogen werden.

Beim Messen ist darauf zu achten eine Messtoleranz vorzusehen in etwa 0,5mm. Diese ist notwendig da der Bruch noch nachbearbeitet werden muss um die Bruchfläche plan zu schleifen.



**Abbildung 105: Sollmaß Seitenwand**

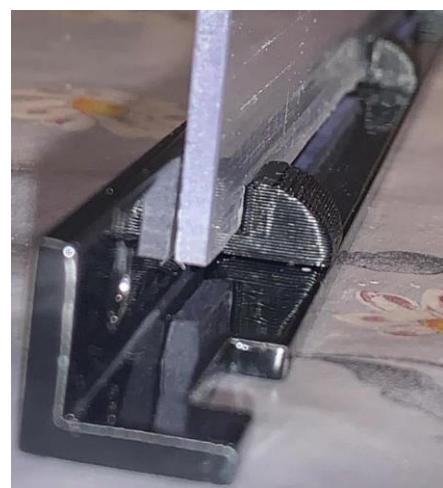


Wenn die Seitenfenster nun auf Maß gebrochen sind, müssen die Kunststoffteile noch exakt auf die gewollte Länge gebracht werden, dies geschieht mit einem Bandschleifer und einem Endgratwerkzeug.



**Abbildung 106: Endgraten**

Zur Fertigstellung der Rahmenkonstruktion werden nun noch kleine PLA-Halter benötigt, welche im oberen und im unteren Winkelprofil mit Kleber gefügt werden. Die Form wurde gewählt, um die seitliche Glasscheibe zwischen Führungskörper und Aluwinkel zu klemmen. Durch die beidseitige Befestigung wird das Glas gegen Herausfallen gesichert, bleibt aber dennoch herausnehmbar, wenn der obere Winkel entfernt wird.



**Abbildung 108: Glasführung**

## 4.2.4 Führungssystem

### Inhaltliche Richtungsgebung

In diesem Kapitel wird das Führungssystem behandelt, welches von großer Bedeutung für die Funktionalität ist. Einerseits besteht die Funktion der Führung der Testproben darin, die ankommenden Prüflinge in der immer gleichen Positionierung zu befördern, um die Erfassung mittels Sensoren und dem Bildverarbeitungsprogramm zu realisieren. Weitere Funktionalität besteht im Sortieren der erfassten Proben, welche durch die Aufgabenstellung gefordert war.



**Abbildung 109: Gesamtansicht**

In der Gesamtansicht erkennt man schön die ersten beiden Führungsvorrichtungen. Der Sortierschieber kann im hinteren Teil des Förderbandes nur erahnt werden, wird jedoch im späteren Verlauf dieses Kapitels näher behandelt.

## Umsetzung

### Herstellung des Führungssystems:

Verwendetes Werkzeug / Material:

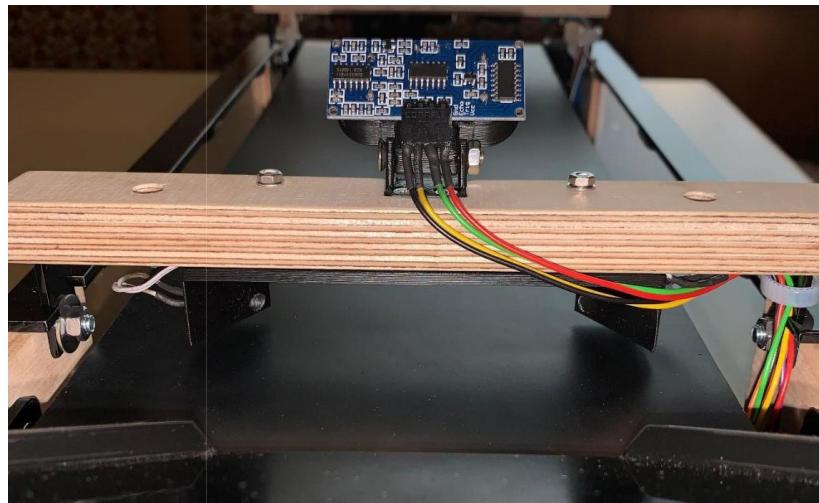
- Oszillation Stichsäge
- Bandschleifer
- Ständerbohrmaschine
- Aluminiumplatten
- Biegemaschine
- Schleifmittel
- Körner
- Messschieber
- Pulverbeschichtungsgerät
- Pulverlacke
- FDM-Drucker
- Schrittmotor
- LED, weiß
- Photoelement
- Gewindeschneidset

Der erste Bestandteil der Probenführung ist eine Rutsche mit verjüngend zulaufendem Auslass. Diese Funktion ermöglicht einen einfachen Einwurf per Hand und kann daher leicht reproduzierbar wiederholt werden. Jedoch wurde bei wiederholtem Einwerfen unter bestimmten Voraussetzungen eine Abweichung der gewollten Auswurfsposition festgestellt, wodurch eine zweistufige Führung notwendig wurde. Die erste Stufe besteht aus einem Aluminiumkörper, um eine leichte Bearbeitung zu ermöglichen. Hierzu mussten am Rahmen zwei Spoiler angebracht werden, welche mit ausreichend hohem Winkel ein Gleiten der Probekörper ermöglicht. Diese Spoiler wurden zudem mit einer Nut versehen um das Rutschen Element einfach befestigen und entnehmen zu können. Die Form der Rutsche wurde an die Nut angepasst und durch eine Auslassbreite von 74mm können die Proben mit einem Durchmesser von 70mm leicht ausgeworfen werden. Der Zuschnitt erfolgte mit Hilfe von Blechscheren, Oszillation Stichsäge und Schleifmedien, wie Feilen und Schleifpapier. Die Verengung wird durch aufgeboogene Laschen realisiert. Durch anschließendes Nachbearbeiten und Pulverbeschichten wird dem Rutschen Element das gewünschte Finish gegeben.



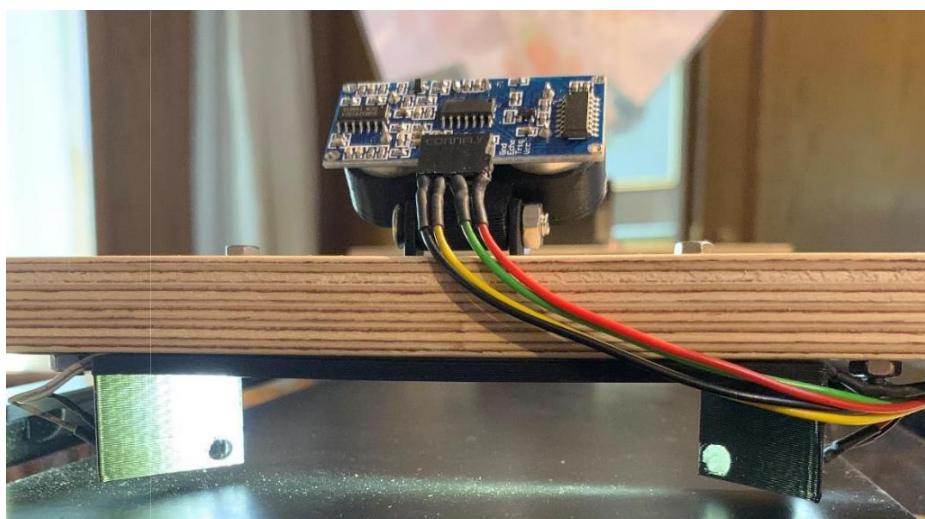
**Abbildung 110: Rutsche**

Durch den Beginn der Biegung hat das Aluminiumelement einen formschlüssigen Anschlag in der Nut, welcher eine einfache Handhabung garantiert. Somit kann die Rutsche einfach nach hinten hinausgezogen werden und umgekehrt wieder verbaut werden. Als zweite Sortierebene wurde eine 3D-gedruckte Verengung konstruiert, um etwaige Fehler der Rutsche auszugleichen. Dies wurde ersichtlich bei zahlreichen Testversuchen und bot somit eine Möglichkeit einige der verbauten Sensoren unterzubringen.



**Abbildung 111: Führungssystem**

In der Abbildung kann man beide Führungssysteme erkennen. Die zweite Verengung wurde mittels Portalbauweise realisiert und am Grundrahmen befestigt. Durch den nun vorhandenen Bauraum ergab sich die Möglichkeit der Verwendung eines Ultraschallsensors. Die Verengung selbst beinhaltet eine Lichtschranke, welche durch eine LED und einem Photoelektrischen Widerstand realisiert wurde. Durch die Abschottung der Lichtquelle bei vorbeifahrenden Körpern ändert sich der Widerstandswert des Photoelementes und eine Probe kann detektiert werden.



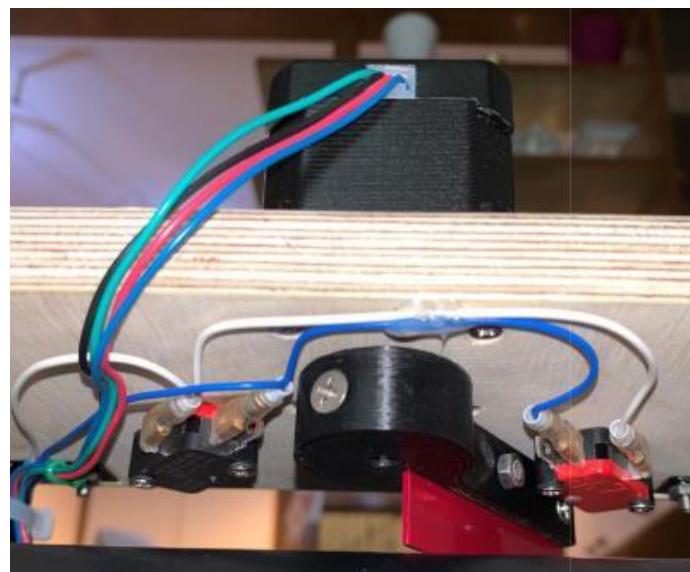
**Abbildung 112: Lichtschranke\_ein**

Im CAD-Modell kann man die Versenkungen der einzelnen Bauteile sehen. Zusätzlich ist die Aussparung für den Kabelkanal ersichtlich.

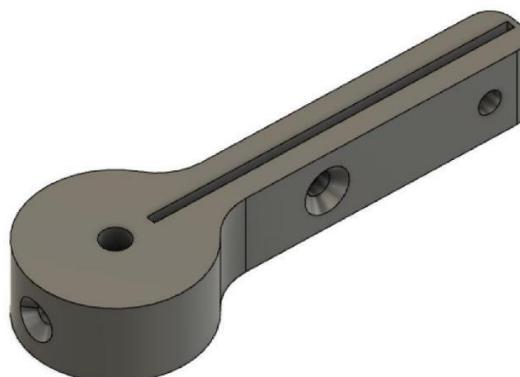


**Abbildung 113: CAD-Modell**

Das Letzte Element im Führungssystem ist der Sortierschieber, welcher durch die Aufgabenstellung vorgegebene war. Dieses Element wurde ebenfalls durch ein Portal realisiert. Die Sortierbewegung führt ein Schrittmotor aus, welcher über die Logik eines Arduinos angesteuert werden kann.



**Abbildung 114: Sortierschieber**



**Abbildung 115: Sortierschieber**

Die Sortiereinheit wurde auf die Welle des Schrittmotors aufgebracht und überträgt das Drehmoment über kombinierte Presspassung und Formschluss, durch die eingedrehte Schraube. Am Ende des vorgegebenen Drehwinkels befindet sich jeweils ein Endschalter, welcher als Schließer kontakt agiert. Beide Endschalter sind parallel geschalten, da im Programm ohnehin die Drehrichtung vorab festgelegt werden muss.

Durch die Aussparung kann Ein Aluminiumblättchen eingesetzt werden, welches Die Proben sortiert. Im hinteren Rundkörper befindet sich eine Senklochbohrung um die durchgeföhrte Achse zu klemmen. Hierzu wurde das Loch als Kernloch gedruckt und mit Einem Gewindeschneider fertiggestellt.



**Abbildung 116: Gewindeschneidset**

Das eingesetzte Aluminium musste sich der vorgegebenen Form anpassen und noch weit genug über den Schieberrand ragen, um eine Testprobe führen zu können. Be- maßung: 66,45 x 24,5mm. Das Aluminium wurde anschließend wieder pulverbeschichtet und verbaut. Durch die Sortierung können die Proben nun in Gut und Schlecht unterteilt werden.

## 4.2.5 Elektrische Schaltung

### Inhaltliche Richtungsgebung

Durch fertiggestellte Hardware ist das Förderband nun vollständig einsatzbereit, jedoch bedarf es an elektrischer Energie, um der Konstruktion zu aktivieren. Hierzu wurde eine eigens konstruierte Schaltungseinheit entworfen. Durch einen Arduino wird die Intelligenz des Systems realisiert. Die Wahl der Komponenten erfolgte aufgrund der eigenen Fachkompetenz und Erfahrungen im Bereich Elektrik. Vorab musste eine Grundidee der Funktion erstellt werden. Geplant wurde eine einzige Spannungsversorgung mit einem Labornetzgerät, welches begrenzt wird auf 12V und 2A. Zum Entwurf der Platinen wurde EAGLE verwendet, mit eigens konstruierten Libraries, um die Packages der Bauteile simulieren zu können. Für die genaue Funktion der Elektronik wird auf die angeführten Abbildungen verwiesen.



**Abbildung 117: Werkzeug**

### Umsetzung

#### Herstellung des Führungssystems:

Verwendetes Werkzeug / Material:

- CNC-Fräsmaschine
- Computer Software
- Lötstation
- 12VDC Getriebemotor
- Schrittmotor
- Endanschläge
- Arduino UNO
- DC/DC Stepdown
- DC/DC Potistepdown
- Platine
- Elektrische Bauteile
- Verkabelungswerkzeug

## Erstellung der Platinen

Bei der Verwendung des Routing Tool EAGLE können Bauteileigenschaften angepasst werden, wie beispielsweise Widerstandswerte, Kapazität, Pinbelegungen, Abmessungen. Somit musste von jedem Verwendeten Bauteil ein digitales Gegenstück angefertigt werden, hierbei können jedoch großteils bereits bestehende Libraries herangezogen werden.

Nun müssen die Komponenten in der vorgesehenen Pinbelegung verbunden werden, welche anschließend so platziert werden müssen um keine Überschneidung von Leiterbahnen vorzufinden, um eine problemlose Fertigung zu ermöglichen.

Das digitale Routing kann anschließend auf eine reale Platine übertragen werden, um gefräst zu werden.

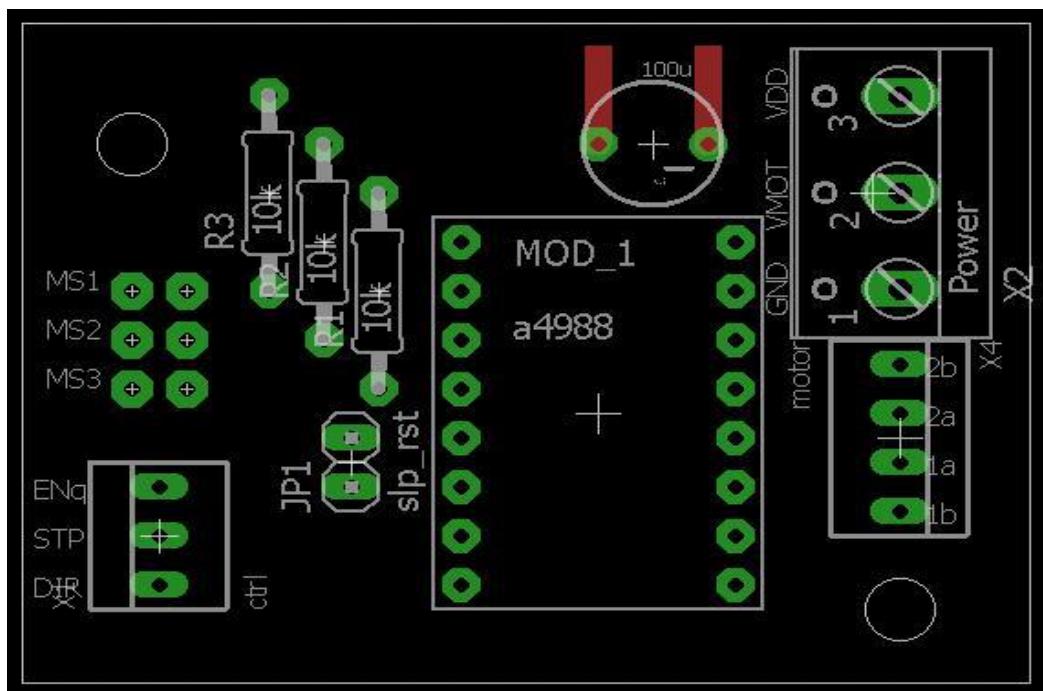


Abbildung 118: Stepper\_Treiber

Zur Konstruktion wurde einerseits ein Schrittmotor Treiber benötigt, welcher exakt an den verwendeten Schrittmotor angepasst wurde, um ihn mit dem Arduino steuern zu können.

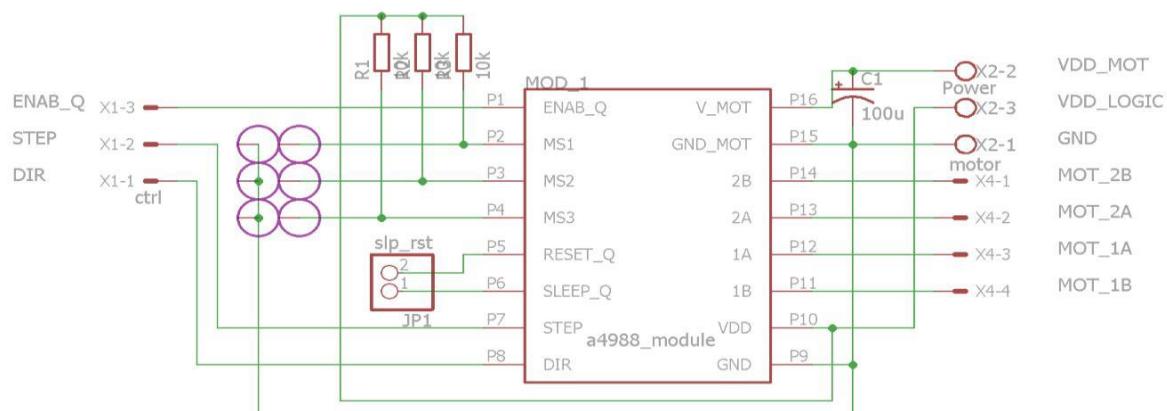
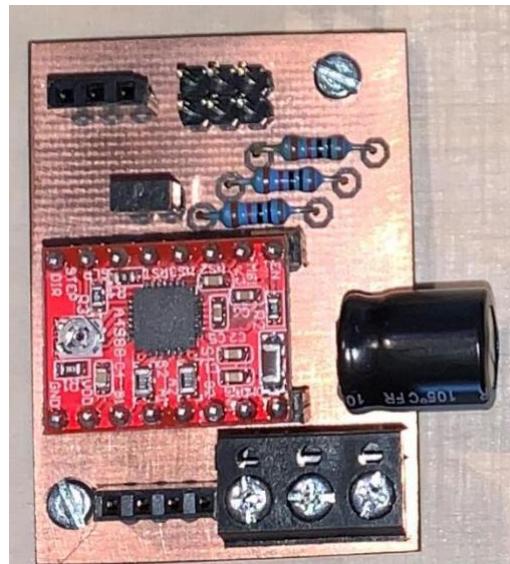


Abbildung 119: Stepper\_Treiber\_Routing

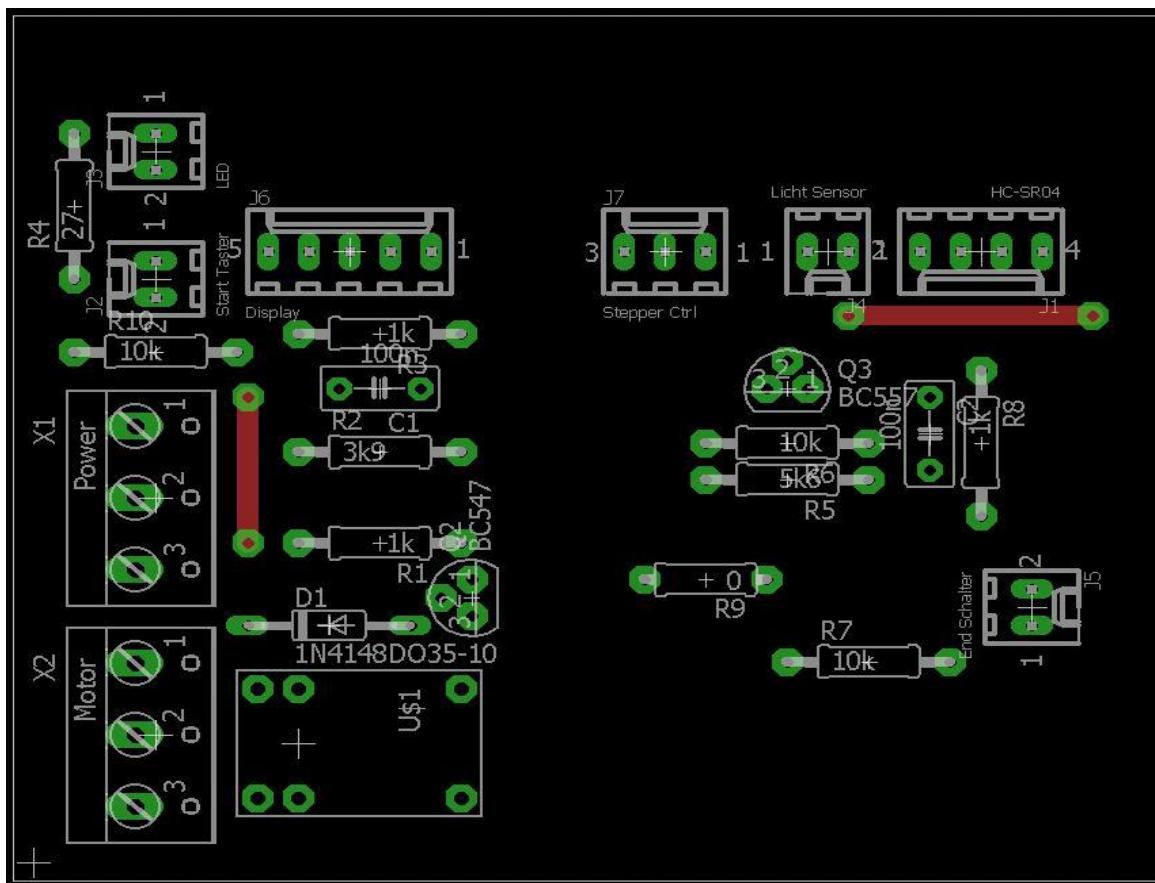
Die fertig gefräste Platine kann nun bestückt und an den Prototypen befestigt werden.



**Abbildung 120: Stepper\_Treiber**

Um alle Komponenten mit dem Arduino steuern zu können benötigt es nun einer Anschlussplatine in Form eines Arduino Shields.

Die Vorgehensweise ist identisch mit dem Schrittmotortreiber, jedoch muss immer die angesteuerte Komponente mitbedacht werden.



**Abbildung 121: Arduino\_Shield**

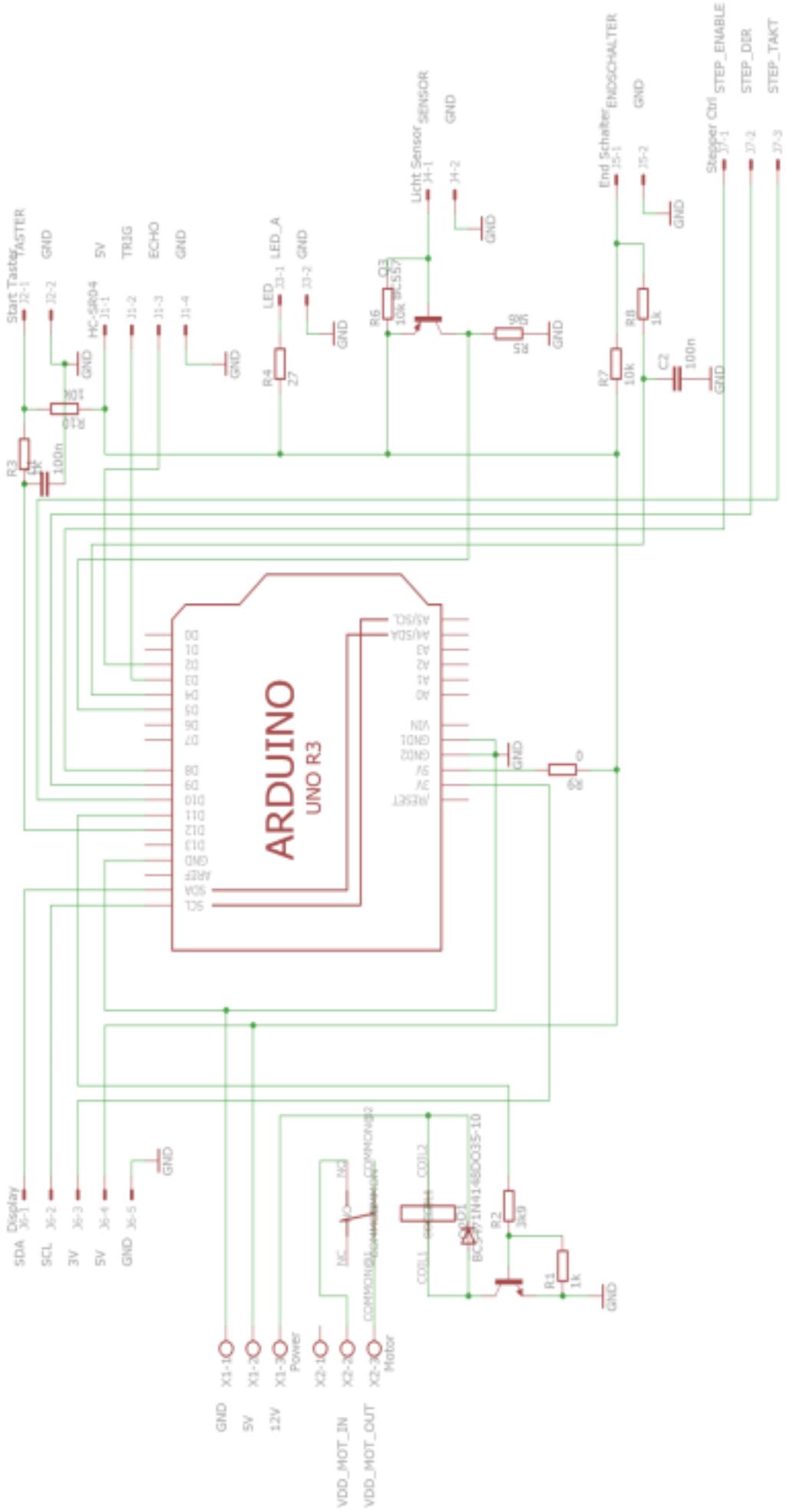
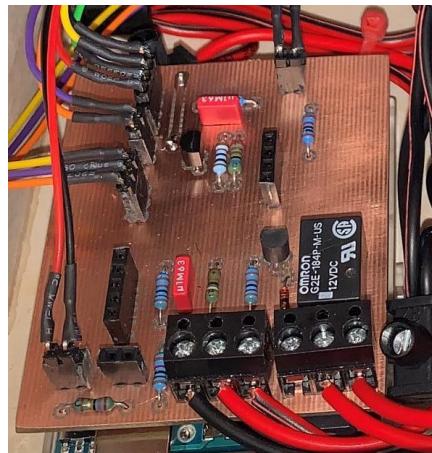


Abbildung 122: Schaltplan



**Abbildung 123: Arduino\_Shield**

Da die anderen Platinen bei Namenhaften Online Vertrieben gekauft wurden ist hierzu kein Eintrag vorhanden. Im finalen Vorgang befinden sich alle Bauteile an ihrem vorgesehenen Platz und müssen noch verkabelt werden. Hierzu wurde jedes Kabel einzeln ab gelängt und verarbeitet. Auch zu Sensoren und Aktoren müssen Kabel gezogen werden.



**Abbildung 124: Verkabelung**

Für die finalen Schritte wurde noch eine Schaltafel zur Steuerung der Anlage gefertigt. Diese ist wiederum aus Aluminium hergestellt und beinhaltet die 12V Anschlüsse, Potentiometer für den Getriebemotor, Startfaster und eine Aussparung zur Programmierung vom Arduino und 5V Spannungsversorgung zur Schaltung des Hilfsrelais, welches benötigt wird, um eine Steuerung des 12V Motors zu ermöglichen.



**Abbildung 126: Schaltafel**

## 4.3 Das Bildverarbeitungsprogramm / Leitner

### 4.3.1 Einführung

Um die Musterstücke zu klassifizieren und anschließend zu sortieren, wurde eine Computersoftware verwendet. In Projekt wurde mittels Matlab, die Bildverarbeitung durchgeführt und des Weiteren mit Arduino kommuniziert.

Es wurde eine Webcam der Firma CamPark verwendet.

#### Technische Details:

- Full HD 1920\*1080P
- USB2.0
- Focus Range 70mm to infinity
- Automatic White Balance
- Auto Focus



**Abbildung 127 CamPark PC02**

### 4.3.2 Die verwendete Software

Wie schon erwähnt, wurde mit dem Programm „Matlab“ gearbeitet. Matlab ist eine Multi-Paradigmen-Programmiersprache und numerische Rechenumgebung, die von MathWorks entwickelt wurde. Mit Matlab hat man viele Möglichkeiten. Matlab ermöglicht Matrixmanipulation, das Plotten von Funktionen und Daten, Implementierung von Algorithmen, die Erstellung von Benutzeroberflächen und sogar die Kommunikation mit anderen Programmen, welche in einer anderen Sprache geschrieben sind. Vorwiegend wird Matlab als mächtiger Taschenrechner benutzt, es kann jedoch viel mehr. Berechnungen benutzerfreundlich darstellen und diese miteinander verbinden. Der Standarddatentyp ist die Matrix (Matlab steht für Matrix laboratory), auch Skalare werden intern als 1x1 Matrizen gespeichert. Die Benutzerfreundlichkeit wird dadurch gesteigert, dass schon einige Funktionen und Standardalgorithmen vorgefertigt sind. Eine noch wichtige Funktionalität von Matlab sind die „Werkzeugkisten“, die in Matlab auch Toolboxes genannt werden.

Diese ermöglichen es im Handumdrehen kleine Programme, teils auch automatisch zu erstellen. Beispiele sind die Optimization toolbox, die Statistic toolbox und die Image Processing toolbox welche auch im Projekt verwendet wurde. [1]

### 4.3.3 Matlab-Desktop

Zuallererst öffnet man das Programm. Danach öffnet sich folgendes Fenster:

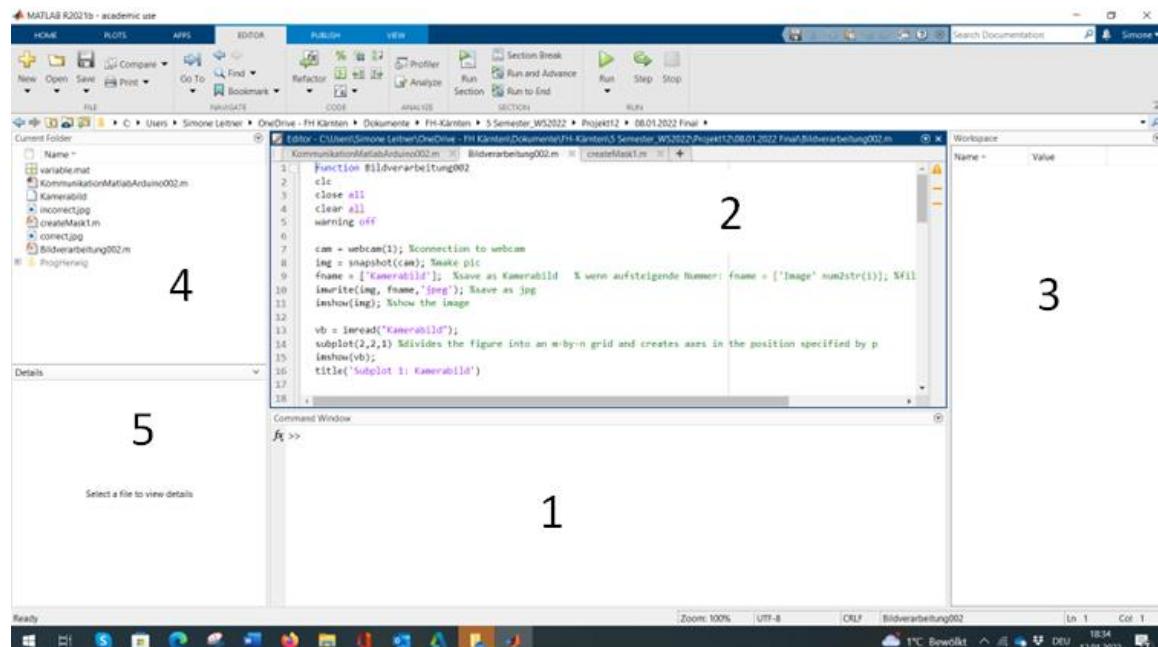
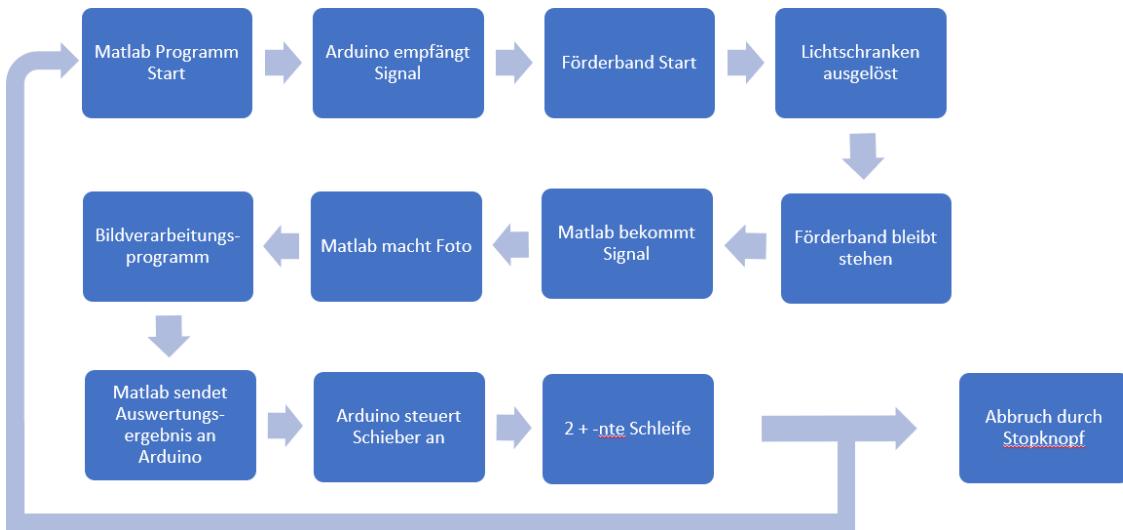


Abbildung 128: Matlab-Desktop

Der Matlab-Desktop besteht aus einem Command Window (1), dem Editor (2) dem Workspace (3), dem Current Folder (4) und den Details (5). Diese Bereiche können aber variieren, je nachdem welche Einstellungen getroffen werden. Das Command window unterstützt mit Informationen, gibt Anleitungen, erlaubt Einträge und gibt Fehlermeldungen aus. Matlab Befehle können entweder durch das Command window ausgeführt werden, oder durch Skripts oder Funktionen ausgeführt werden, welche im Editor erstellt und bearbeitet werden können. Diese Skripts werden dann mit der Erweiterung .m gespeichert. Alle aktuellen Variablen, als auch die Basisinformation davon, können im workspace ausgegeben werden. Mit einem Doppelklick in die Variable, öffnet sich diese und man kann Änderungen vornehmen. Der Current Folder zeigt, wo die aktuellen Files gespeichert sind. Im Details Bereich kann man Fotos, die über den Current Folder geöffnet werden, ansehen. [2]

#### 4.3.4 Programmablauf

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist der grobe Programmablauf abgebildet. Das Förderband startet über Matlab. Hierfür muss man auf der Editor-Leiste „Run“ ausführen. Danach beginnt das Programm und nach wenigen Sekunden startet das Förderband. Dafür bekommt Arduino einen Befehl zum Förderband starten und später, dann dass die Lichtschranke ausgelöst wurde, von Matlab. Die genauen Befehle werden in einem späteren Absatz genauer beschrieben. Nachdem die Lichtschranke ausgelöst wurde, bleibt das Förderband nach ein paar Momenten stehen. Danach bekommt Matlab von Arduino die Info, dass es nun ein Bild aufnehmen kann. Nachfolgend, wird in einem separaten Matlab-File die Bildverarbeitung durchgeführt. Nach diesem Schritt schickt Matlab die Ergebnisse an den Arduino weiter, welche dann basierend auf den Ergebnissen den Schieber ansteuert. So läuft das Ganze in Dauerschleife bis der Knopf am Förderband gedrückt wird.



**Abbildung 129: Programmablauf**

#### 4.3.5 Kommunikation zwischen Matlab und Arduino

Da Matlab mit Arduino und umgekehrt kommuniziert, wurde ein separates Matlab-File erstellt. Dieses File wurde „KommunikationMatlabArduino“ genannt. Im Anhang 1/Leitner ist das komplette Matlab-File hierfür ersichtlich.

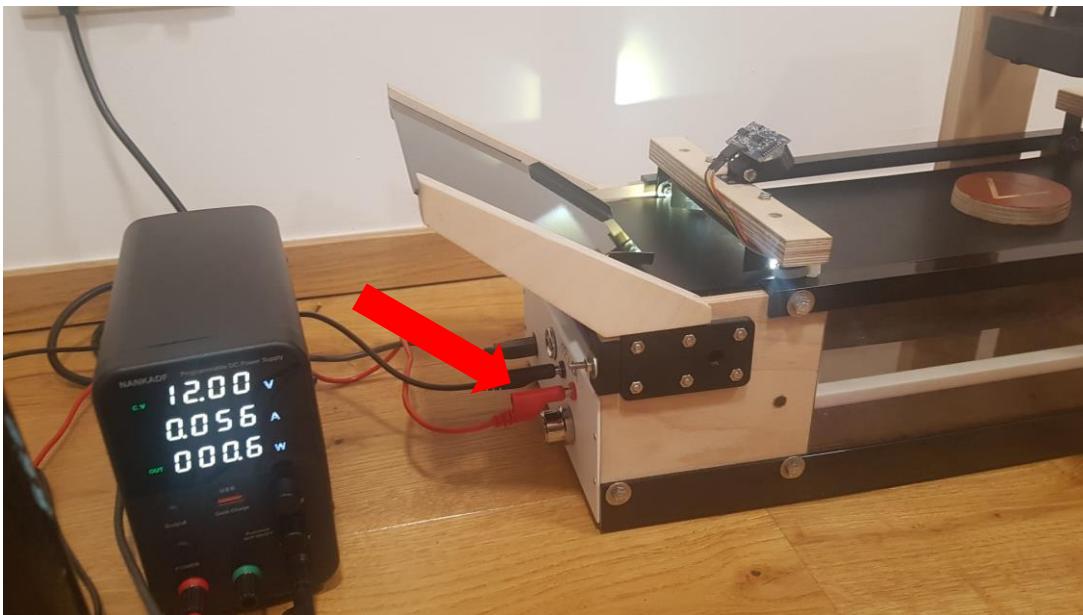
```
% Initialize Serial object
a = serialport('COM3',9600,'Timeout',10);
x = 0;

pause(3.0) %5 sec Pause
writeline(a,"x") % wenn arduino x erhält startet Förderband
```

**Abbildung 130: Förderbandstart**

Um eine Verbindung zum Arduino herzustellen (Abbildung 130), wird die Funktion „serialport“ verwendet. Die Syntax dazu lautet: `s = serialport(port, baudrate, Name, Value)`. Port ist der Serial port Name, diesen kann man aus dem Gerätanager auslesen. Alternativ kann man auch über das Command window „serialportlist“ eingeben, wo dann die verbundenen Ports aufgelistet werden. In unserem Fall wurde COM3 verwendet. Die baudrate ist die Kommunikationsgeschwindigkeit in bits pro Sekunde, hier 9600 bits/sec. Der Name und Value, steht für die Eigenschaften und die dazugehörigen erlaubten Werte. Hier stehen verschiedene Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Im Programm wurde Timeout verwendet. Timeout ist jene erlaubte Zeit, die zum Erstellen der Operationen zur Verfügung stehen. In der Funktion sind 10 Sekunden zum Lesen und Schreiben der Operationen erlaubt. Im weiteren Ablauf wird x gleich 0 gesetzt und eine Pause von 3 Sekunden wird eingeführt. Im weiteren Schritt wird ein „x“ an Arduino gesendet, somit weiß Arduino,

dass es das Förderband starten kann. Writeline schreibt einen ASCII Text an das zuvor angelegte und verbundene Serialport. Mit einem USB-Kabel, wie in Abbildung 131 ersichtlich, wurde die Verbindung zwischen Arduino und Computer hergestellt. [3]



**Abbildung 131: Serielle Schnittstelle**

In weiterer Folge (Abbildung 132) wird überprüft, ob der Knopf gedrückt wurde. Anhand von einer while-Schleife wird kontrolliert, ob  $x$  noch gleich 0 ist. Ist das der Fall wird sie so lange ausgeführt, bis  $x$  ungleich 0 ist. Ist while-Schleife wahr so wird mit der Funktion `read` fortgefahren. Hier werden Daten vom Serialport gelesen. Es wird ein Wert im Datenformat „char“ gelesen und in der Variable „`b`“ gespeichert. Mit `disp(b)` wird der Wert im Command window ausgegeben. Im if-Statement wird überprüft, ob das Serialport ein „e“ übergibt. Das bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Förderband stoppt und das Programm geschlossen werden soll.

Also wird aus dem  $x = 0$  ein  $x = 1$  und dem zufolge wird die while-Schleife nicht wiederholt. Das „if“ wird nur ausgeführt, wenn der Ausdruck in der Klammer wahr ist. Wichtig ist auch, den Befehl mit einem `end` zu beenden.

```

while (x == 0)
    b = read(a,1,"char");
    disp (b)
    if (b == 'e')
        x = 1;
        disp (x)
end

```

**Abbildung 132: Überprüfung, ob Knopf gedrückt ist**

Wenn der Knopf aber nicht gedrückt wurde, wird das Programm fortgefahrene. Wenn das Serialport ein „s“ ausgibt (Abbildung 133), wird das Förderband angehalten und es ist bereit ein Bild zu generieren. Um ein Bild zu generieren, muss das Programm in die Funktion „Bildverarbeitung002“ hineinspringen. Hier findet dann die Bildbewertung statt. Die Funktion „Bildverarbeitung002“ wird in einem anderen Absatz genauer beschrieben. In dieser Funktion werden zwei Werte gespeichert, welche die Beurteilung darstellen. Sie werden unter dem File „variable.mat“ gespeichert. Wenn mehrerer Abläufe hintereinander erfolgen, braucht die Software etwas Zeit, in diesem Fall wird eine Pause von einer Sekunde gemacht, um dieses File zu überschreiben und die neuen Daten zu speichern. Load ladet die Daten von „variable.mat“, einem MAT-file, in das workspace des Files „KommunikationMatlabArduino“.

```

if (b == 's')
    disp(a)

Bildverarbeitung002; %go to Bildverarbeitung002
pause(1.0)
load("variable.mat")

```

**Abbildung 133: Bildverarbeitungsprogramm**

Im nächsten Schritt (Abbildung 134) werden die Variablen die in „variable.mat“ gespeichert sind verwendet. Hierbei wird in einer if-Anweisung abgefragt, ob die Bedingung wahr ist, ist sie wahr, wird der erste Block abgearbeitet, ist sie nicht wahr, wird die else-Anweisung durchgeführt. Im ersten Block, also wenn das Musterstück ein korrektes ist, wird im Command window „Correct one“ ausgegeben. Dass aber nun auch der Arduino weiß, was er damit anfangen soll, wird mit Hilfe von „writeln“ ein Befehl übergeben. „Writeln“ wird dazu verwendet einen ASCII Datentyp zum Serialport zu schreiben. Die Funktion schreibt in die Variable a, welche das Serialport ist, eine 1. Für die 1 wird der Datentyp string verwendet. Hier ist darauf zu achten, dass auch bei der Arduino IDE ein string hinterlegt ist. Wenn dies dem Mikrocontroller korrekt übergeben wurde, bewegt er den Schieber nach links. Liegt aber ein schlechtes Musterstück vor, wird eine 0 übergeben und der Schieber bewegt sich nach rechts.

```

if (blackVb3 > 145518 && whiteVb3 > 1493108 )
    disp('Correct one')
    %arduino send number to arduino
    %pause(3.0)
    writeln(a, "1")           % c = correct

else
    disp('Incorrect one')
    %arduino send number to arduino
    %pause(3.0)
    writeln(a, "0")           % i = incorrect

```

**Abbildung 134: Ausgabe der Bildverarbeitung**

Nicht zu vergessen ist, alle if-Anweisungen mit einem „end“ zu beenden, ebenso die while-Schleife. Zum Schluss wird noch mit Hilfe von „clear device“ der Matlab workspace gezeigt.

#### 4.3.6 Bildverarbeitung

Um die Bilder auszuwerten, wurde das Matlab-File mit dem Namen „Bildverarbeitung002“ erstellt. Nachfolgend werden die einzelnen Teile dieses Programmes aufgelistet und beschrieben. Das vollständige File ist im Anhang 2/Leitner zu finden.

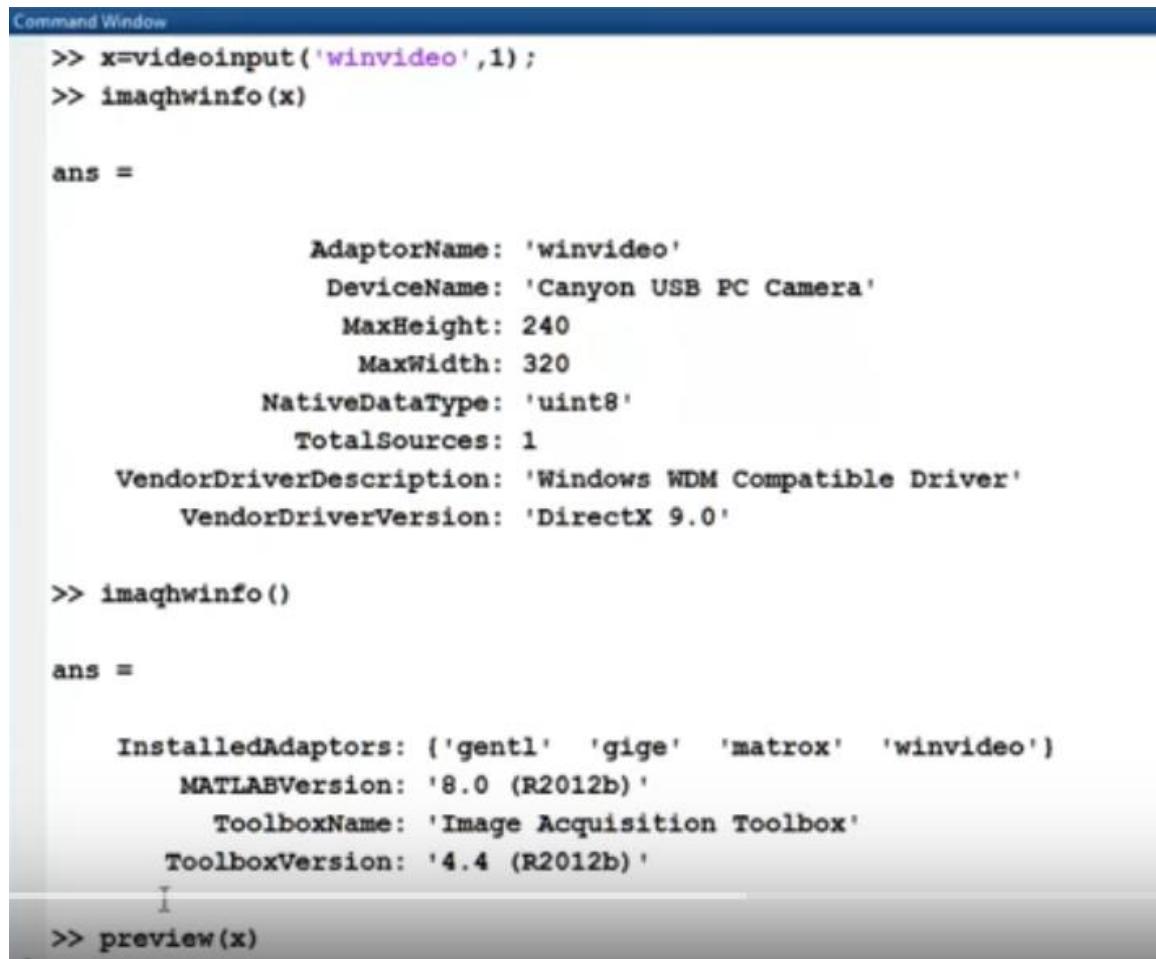
Um die Funktion Bildverarbeitung002 in KommunikationMatlabArduino verwenden zu können, muss sie als Funktion deklariert werden (Abbildung 135Abbildung 135). Man kreiert eine Funktion, um Inputs und Output zu erhalten und wie in diesem Fall sie in einem anderen File wieder zu verwenden. Am Ende dieser Funktion, also am Ende des Skripts, muss dies mit einem „end“ beendet werden, da sonst dieses Programm unendlich oft durchlaufen wird. Die Funktion clc löscht den Inhalt des Befehlsfensters. „close all“ schließt alle Abbildungen, die geöffnet worden sind. Die Funktion „clear all“ löscht alle vorhandenen Variablen und Funktionen. „warning off“ bedeutet, dass Matlab keine Warnungen ausgibt.

```
function Bildverarbeitung002
clc
close all
clear all
warning off
```

**Abbildung 135: Funktion Bildverarbeitung002**

Weiter geht es, dann mit der Bildverarbeitung. Zu allererst sollte man die Kameraverbindung prüfen (Abbildung 136). Hierfür gibt man jene Befehle in das Command window ein, welche in Abbildung 136 ersichtlich sind. Mit der Funktion preview kann man die Kamera einschalten und das Livebild sehen, dies ist hilfreich um die Position der Kamera richtig einzustellen. Es ist auch darauf zu achten, dass man die richtige Kamera verwendet. Dies ist mit der Funktion imaqhwinfo zu überprüfen. Eine andere Möglichkeit, wäre mit Hilfe von „webcamlist“ nach dem Namen der Kamera zu suchen. Hier werden dann alle vorhandenen Kameras aufgelistet. Eine andere Möglichkeit, wäre

es mit Hilfe von „webcamlist“ nach dem Namen der Kamera zu suchen. Hier werden, dann alle vorhandenen Kameras aufgelistet. [4]



```

Command Window
>> x=videoinput('winvideo',1);
>> imaqhwinfo(x)

ans =

    AdaptorName: 'winvideo'
    DeviceName: 'Canyon USB PC Camera'
    MaxHeight: 240
    MaxWidth: 320
    NativeDataType: 'uint8'
    TotalSources: 1
    VendorDriverDescription: 'Windows WDM Compatible Driver'
    VendorDriverVersion: 'DirectX 9.0'

>> imaqhwinfo()

ans =

    InstalledAdaptors: {'gentl'  'gige'  'matrox'  'winvideo'}
    MATLABVersion: '8.0 (R2012b)'
    ToolboxName: 'Image Acquisition Toolbox'
    ToolboxVersion: '4.4 (R2012b)'

I
>> preview(x)

```

**Abbildung 136: Kameraverbindung prüfen**

Wurde eine aufrechte Verbindung geschaffen, kann nun im Programm Bilverarbeitung002 fortgefahrene werden (Abbildung 137). Die Funktion „webcam“ wurde mit einem Index als Eingabeargument verwendet. Der Index entspricht der Reihenfolge der Kameras in dem vom „webcamlist“ zurückgegeben Zellenarray, wenn mehrere Kameras angeschlossen sind. Wurde mit „preview“ kontrolliert, ob die Kamera die richtige Position hat, kann ein Bild aufgenommen werden. Mit „snapshot“ wird ein einzelnes Bild mit der Kamera erfasst und weist es der Variable img zu. Das aufgenommene Bild ist immer ein RGB-Bild. Snapshot verwendet die Standardauflösung der Kamera.

Damit das Bild dann später verwendet werden kann, muss es gespeichert werden, was in der Variable fname unter dem Namen Kamerabild erfolgt. Das Bild wird dann in den Current folder gespeichert. Mit der Funktion „imwrite“ wird das Bild in eine Grafikdatei geschrieben. Eine Grafikdatei ist eine Computerdatei, die ein Bild oder eine Grafik im digitalen Format enthält. Grafikdateien sind oft groß und werden daher oft in komprimierten Formaten, wie auch hier verwendet, als jpeg gespeichert. Um das Ergebnis, des aufgenommenen Bildes visuell darzustellen, wird „imshow“ verwendet. Hierbei wird das Originalbild, also in RGB, wiedergegeben. [3]

```

cam = webcam(1); %connection to webcam
img = snapshot(cam); %make pic
fname = ['Kamerabild']; %save as Kamerabild % wenn aufsteigende Nummer: fname = [
['Image' num2str(i)]; %filename => Image1, Image2...
imwrite(img, fname, 'jpeg'); %save as jpg
imshow(img); %show the image

```

**Abbildung 137: Bild aufnehmen und speichern**

Um mit dem aufgenommenen Bild etwas anfangen zu können, muss es in das Skript bzw. in den Workspace eingelesen werden (Abbildung 138Abbildung 138). „imread“ liest Bilder einer Grafikdatei ein. Ist der Speicherort des Bildes nicht im selben Ordner wie das des Files, dann muss hier der noch genaue Pfad eingefügt werden. Zur besseren Übersicht, werden die Grafiken, in einem „subplot(m,n,p)“ dargestellt. Das Subplot unterteilt die aktuelle Abbildung in ein m-mal-n-Raster und erzeugt Achsen an der durch p angegebenen Position. Matlab positioniert die Unterdiagramme zeilenweise. Der erste Subplot ist die erste Spalte der ersten Zeile, der zweite Subplot ist die zweite Spalte der ersten Zeile, und so weiter. In Abbildung 138 wird ein 2-mal-2 Subplot erstellt, wo die erste Position mit dem Originalbild aufgefüllt wird. Anschließend wird die Grafik noch ausgegeben und im Subplot mit dem Titel „Subplot 1: Kamerabild“ versehen. [3]

```

vb = imread("Kamerabild");
subplot(2,2,1) %divides the figure into an m-by-n grid and creates axes in the
%position specified by p
imshow(vb);
title('Subplot 1: Kamerabild')

```

**Abbildung 138: Bild einlesen**

Weiters geht es dann mit einer Funktion die später noch genauer beschrieben wird. Kurz gesagt wird hier über das Kamerabild eine Maske gelegt (Abbildung 139). Das Bild wird dann wieder in einem Subplot dargestellt und mit dem Namen „Subplot 2: Bild mit Maske“ ausgeführt.

```

%create mask1
gs33 = createMask1(vb);
%figure;
subplot(2,2,2)
imshow(gs33);
title('Subplot 2: Bild mit Maske')

```

**Abbildung 139: Maske über Bild legen**

Nachfolgend werden Bildkorrekturen vorgenommen. Die Funktion „strel“ stellt eine morphologisches Struktierungselement her (Abbildung 140). Ein Structurelement ist eine binär bewertete Nachbarschaft, entweder 2-D oder mehrdimensional, in der die wahren Pixel in die morphologische Berechnung einbezogen werden und die falschen Pixel nicht. Das zentrale Pixel des strukturierenden Elements, das als Ursprung bezeichnet wird, identifiziert das Pixel in dem zu verarbeitenden Bild. In diesem Fall „strel(„disk“,r)“ wird ein scheibenförmiges Struktierungselement erzeugt, wobei r den Radius angibt, hier 15.

Danach wird unter Verwendung dieser Strukturelemente mit Hilfe von „imdilate“ das Bild ausgedehnt. Und im Anschluss wird das Ergebnis wieder in einem Subplot ausgegeben. [5]

```
%löcher füllen (create mask1)
ks33 = strel('disk', 15);
ls33 = imdilate(gs33, ks33);
%figure;
subplot(2,2,3)
imshow(ls33);
title('Subplot 3: Bild mit gefüllten Löchern')
```

**Abbildung 140: Bildbearbeitung**

„bwlabel“ kreiert ein 2-D binäres Bild (Abbildung 141).

```
%Label connected components in 2-D binary image (create mask1)
a33 = bwlabel(ls33);
%disp(a33);
```

**Abbildung 141: 2-D binäres Bild**

„medfilt2“ führt eine Medianfilterung des Bildes in zwei Dimensionen durch (Abbildung 142). Jedes Ausgabepixel enthält den Medianwert in einer 3-mal-3-Nachbarschaft um das entsprechende Pixel im Eingabebild. Insbesondere wird hier Salz- und Pfefferauschen aus dem Bild entfernt. [3]

```
%remove salt and pepper noise
b33 = medfilt2(a33);
subplot(2,2,4)
imshow(b33);
title('Subplot 4: Bild ohne noises')
```

**Abbildung 142: Punkte löschen**

Weiter geht es mit der Zählung der schwarzen Pixel. Dies wird gemacht um festzustellen ob es sich beim Probestück um ein gutes oder schlechtes Muster handelt. Zuerst wird das Graustufenbild binarisiert und zwar durch Schwellenwertbildung (Abbildung 143). „imbinarize(b33)“ erzeugt aus dem Graustufenbild „b33“ ein Binärbild, indem alle Werte oberhalb eines global festgelegten Schwellenwerts durch 1en ersetzt werden und alle anderen Werte auf 0en gesetzt werden. Dies wird Schwellenwertverfahren genannt. Da nun das Bild in 0en und 1en aufgeteilt wurde, muss man die schwarzen Pixel zählen, also alle 1en, da die 0en die weißen Pixel darstellen. Das Ganze funktioniert so, dass mit == Operator alle 1en gesucht werden und mit „sum“ die Summe des Arrays gemacht wird.

Zum Schluss wird noch die Anzahl der schwarzen Pixel im Command window ausgegeben. Um die weißen Pixel zu zählen, wird gleich vorgegangen, außer dass die 0en gesucht und gezählt werden. [3]

```
%count black pixel
bw33 = imbinarize(b33); %make a binary image
blackPixels1 = bw33== 1;
blackVb3 = sum(blackPixels1(:)); %zählt len (also schwarzanteil)
display(blackVb3);
```

**Abbildung 143: Schwarze Pixel zählen**

Im Anschluss nach der Zählung der jeweiligen Pixel, werden die Ergebnisse grafisch dargestellt (Abbildung 144). Die Auswertung erfolgt wieder in einer if-Anweisung. Hat das aufgenommene Bild des Musterstückes mehr als 145518 schwarze Pixel und mehr als 1493108 weiße Pixel, wird es als ein korrektes Stück erkannt und nachfolgend dann sortiert. In diesem Fall müssen beide Werte, also jene Anzahl der weißen und der schwarzen Pixel diese Bedingung erfüllen (mit && Operator deklariert), ansonsten wird die else-Anweisung durchführt und es wird auf die Seite, der nicht korrekten Stücke sortiert. Die Anzahl der Pixel wurde durch mehrere Probendurchläufe ausgetestet und so angepasst.

```
%display solution
if (blackVb3 > 145518 && whiteVb3 > 1493108)
    disp('Correct one');
    c = imread("correct.jpg");
    figure;
    subplot(1,1,1)
    imshow(c);
    title('Subplot 5: Bewertung')

else
    disp('Incorrect one');
    i = imread("incorrect.jpg");
    figure;
    subplot(1,1,1)
    imshow(i);
    title('Subplot 5: Bewertung')
    %arduino send number to arduino
end
save("variable.mat","blackVb3","whiteVb3")
```

**Abbildung 144: Auswertung**

In Abbildung 145 sieht man ein Beispiel eines weißen Bildes. In der Variable blackVb3 sind keine Pixel vorhanden, das heißt, dass keine 0 vorkommt, also kein schwarzer Pixel. In der Variable whiteVb3 hingegen sind 2073600 Pixel vorhanden.

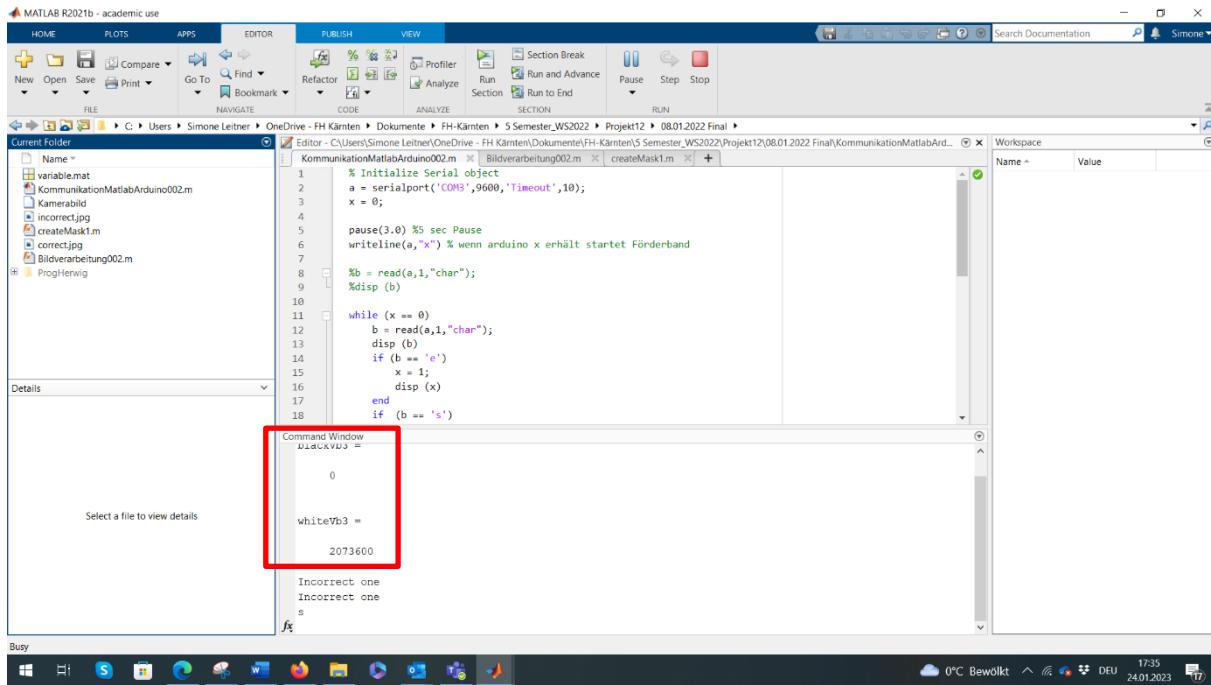
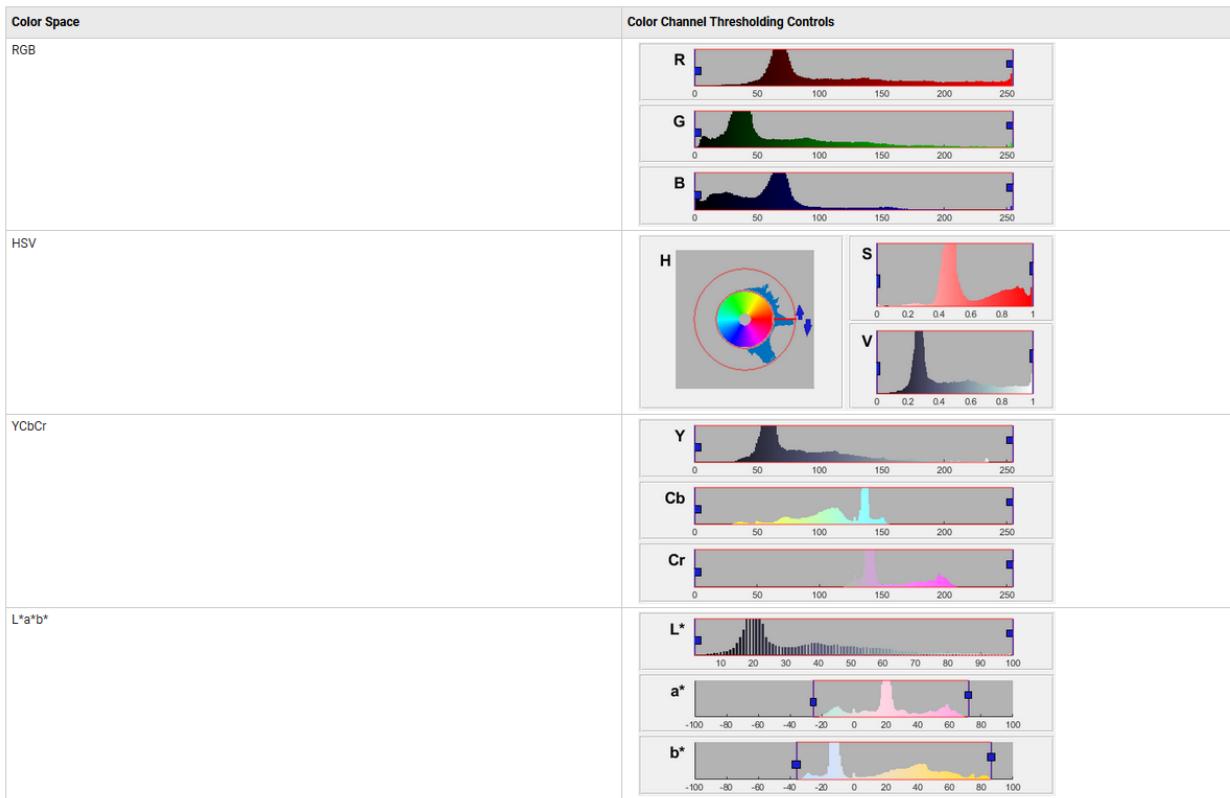


Abbildung 145: Pixel eines weißen Bildes

#### 4.3.7 createMask1

Das gesamte File ist im Anhang 3/Leitner zu finden.

Das File „createMask1“ dient dazu jene Farbbereiche, die auf der Musterscheibe vorkommen zu differenzieren. Hierfür wurde die App Color Thresholder verwendet. Diese generiert automatisch einen Code. Mit der App Color Thresholder kann man Farbbilder durch Schwellenwerte für die Farbkanäle auf der Grundlage verschiedener Farträume segmentieren. Mit dieser Anwendung kann man eine binäre Segmentierungsmaske für ein Farbbild erstellen. Color Thresholder unterstützt die Segmentierung in vier Farträume. In jedem Farbraum zeigt die Anwendung das Bild, die drei Farbkanäle und den Farbwert aller Pixel als Punkte in einem 3D-Farbraumdiagramm an. Man kann die in der Maske enthaltenen Farben auswählen, indem man die Farbkanalwerte in einem Fenster anzeigen lässt oder die ROI (Region of Interest) im Bild oder in der 3D-Farbraumdarstellung zeichnet. [3]



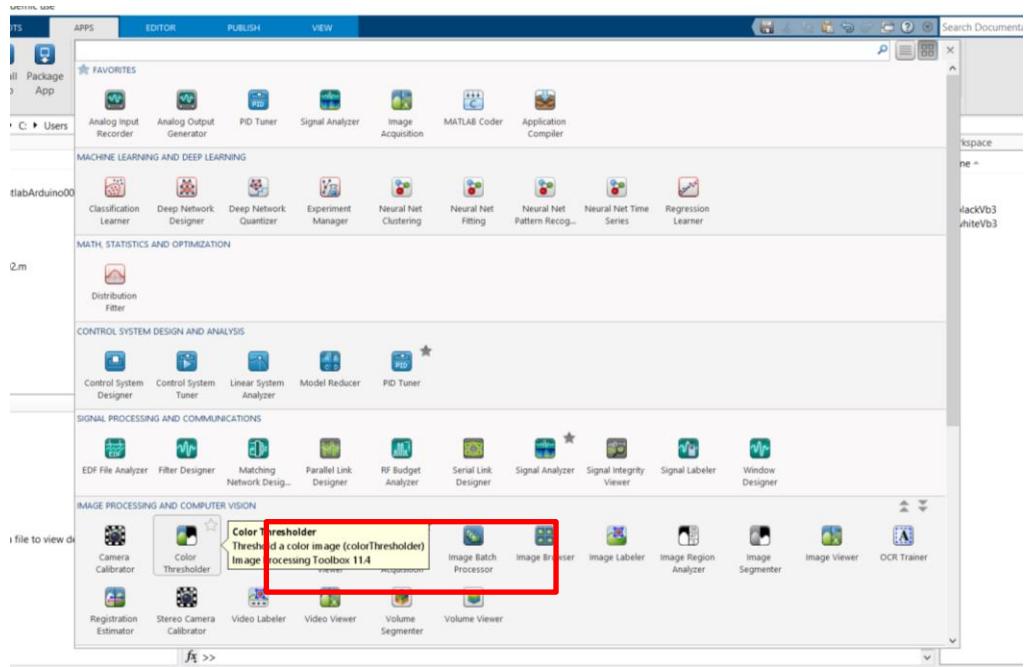
**Abbildung 146: Farträume in Color Thresholder App**

### Anwendung der Color Thresholding App

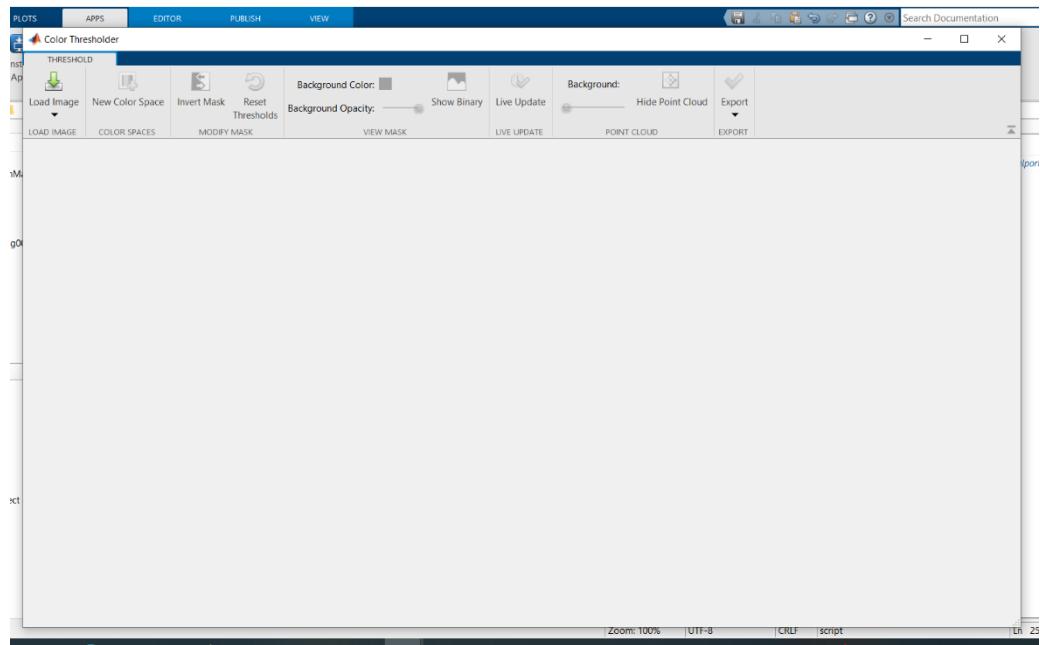
Hier wird nun gezeigt, wie ein Bild segmentiert und ein Maskenbild mit der App Color Thresholder erstellt wird. Bei der Musterscheibe wird das Muster (Dreieck) vom Hintergrund (Scheibe und Förderband) auf der Grundlage von Farbwerten segmentiert. Das Bild kann in mehreren der von der App unterstützten Farträumen segmentiert werden, da ein Farbraum eine bestimmte Farbe besser isolieren kann als ein anderer. Im Projekt wurde der RGB-Farbraum gewählt, da dieser das beste Ergebnis lieferte. In jedem der unterstützten Farträume kann man zunächst eine automatische Segmentierung durchführen, indem ein Bereich im Vorder- oder Hintergrund ausgewählt wird. Anschließend kann man die Segmentierung mithilfe der von der Anwendung bereitgestellten Farbkomponentensteuerungen verfeinern. Ist die Segmentierung abgeschlossen, werden die Ergebnisse gespeichert, ein Maskenbild erstellt und der Matlab-Code abgerufen, den die App zur Durchführung der Segmentierung verwendet. [3]

Ablauf, um mit Color Threshold zu arbeiten:

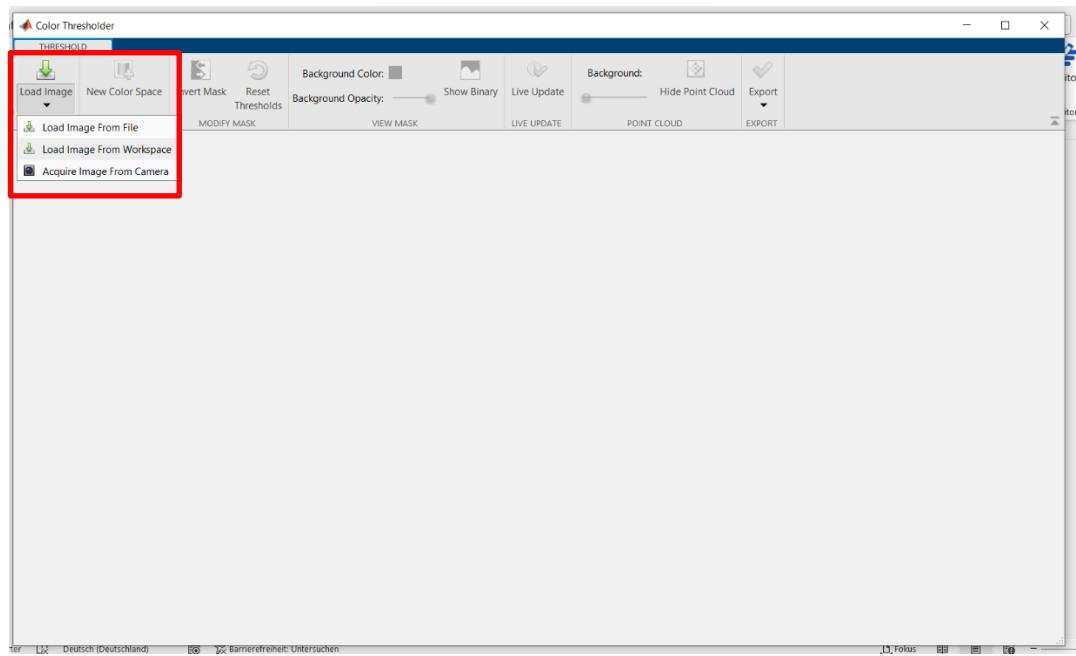
## 1. Öffnen von Color Thresholder



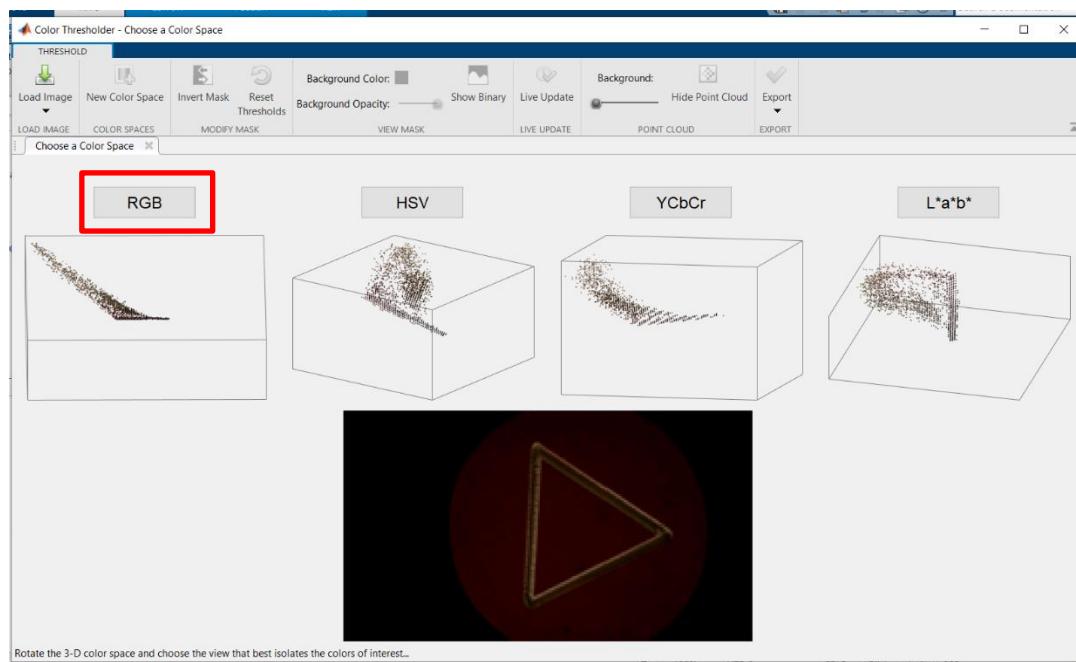
## 2. Oberfläche Color Thresholder App



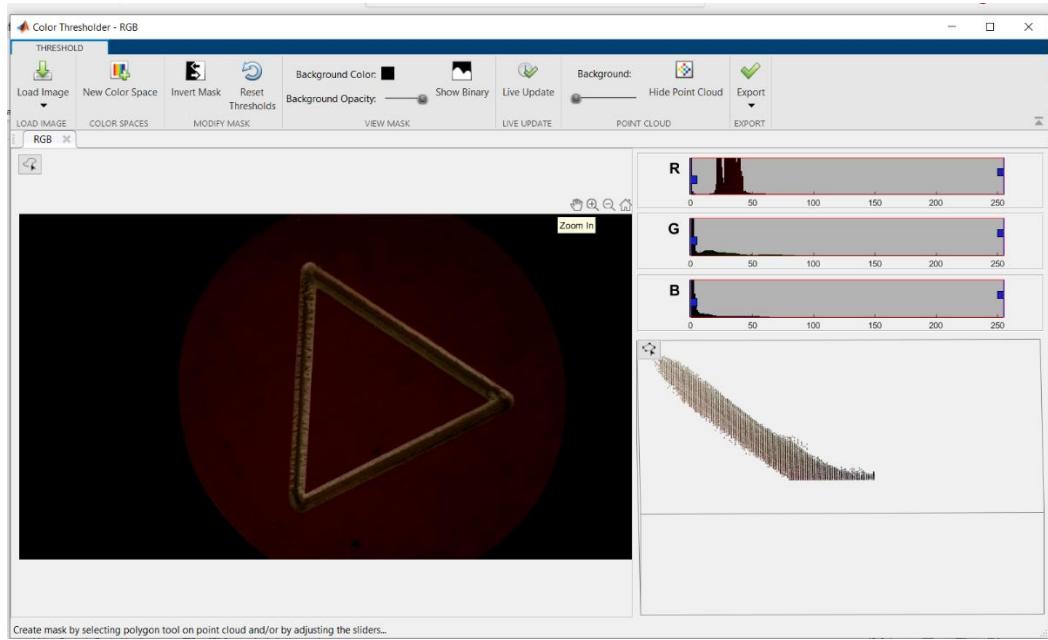
### 3. Auswahl des Bildes



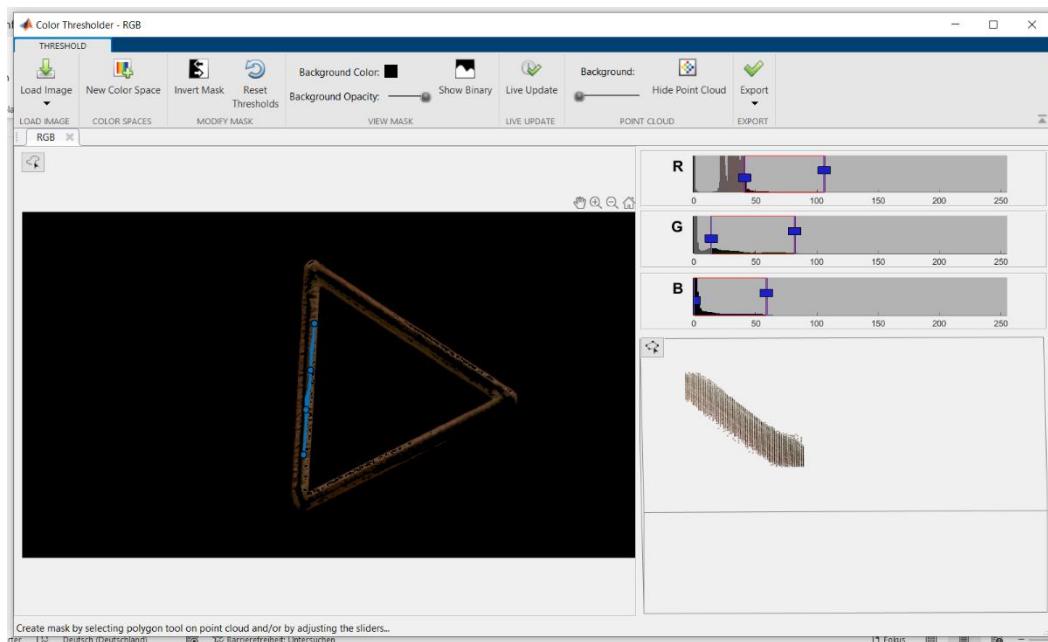
### 4. Auswahl des Farbraumes



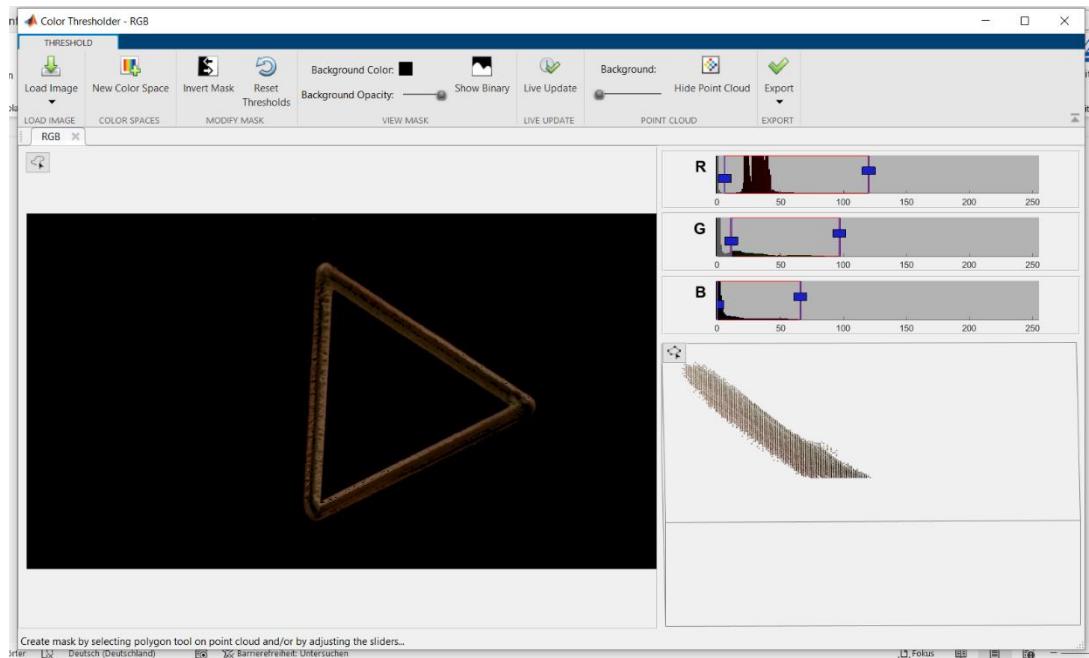
## 5. Oberfläche des RGB Farbraumes



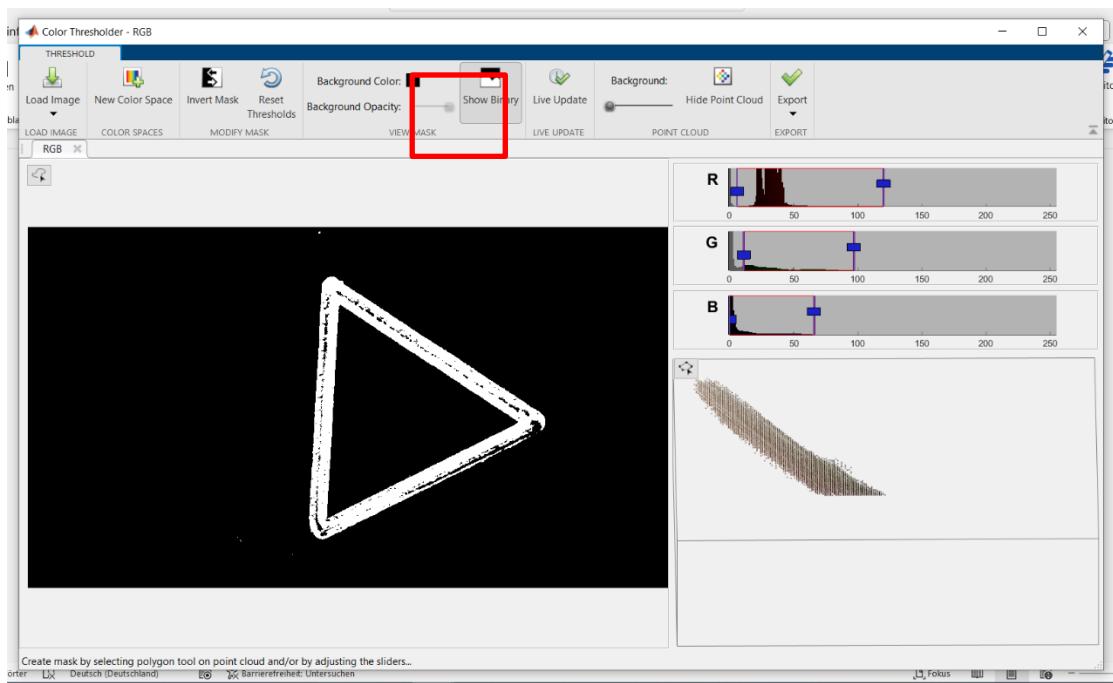
## 6. Segmentieren



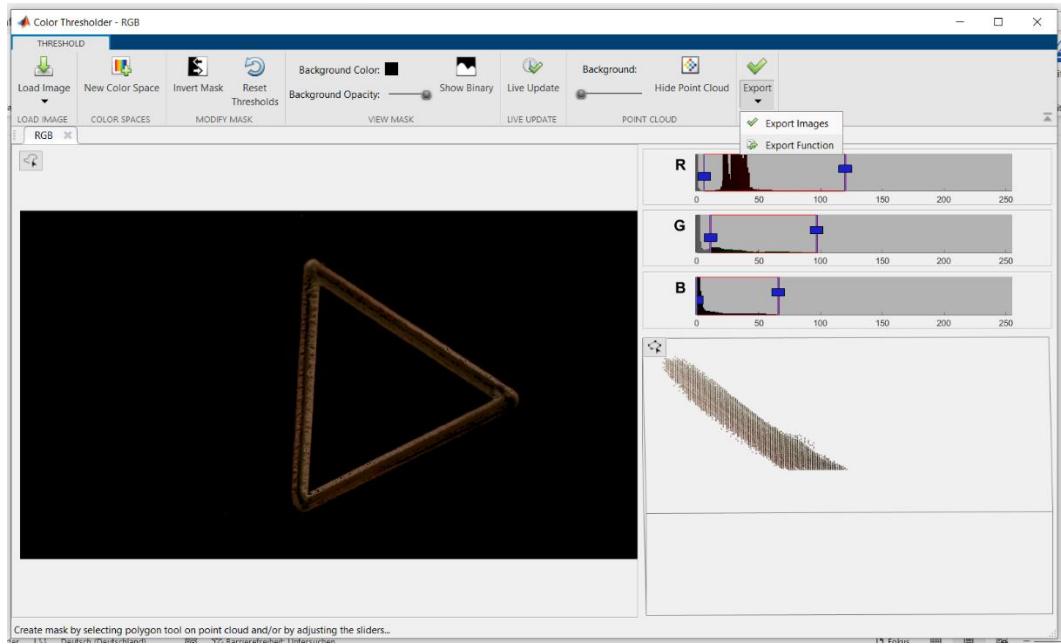
## 7. Verfeinern der Segmentierung



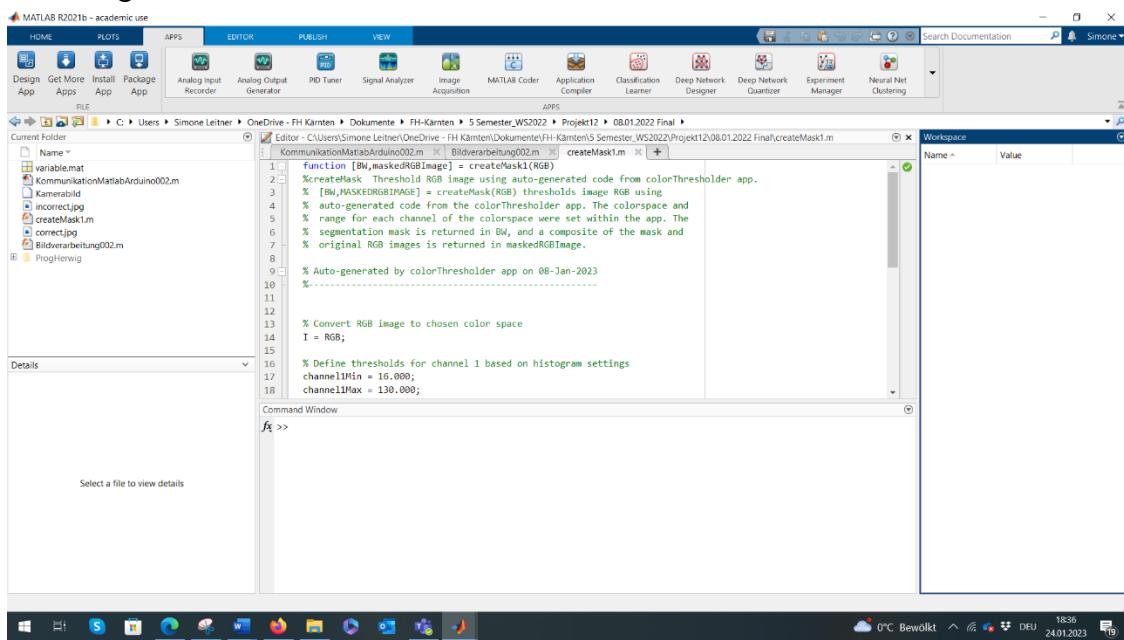
## 8. Bild in schwarz/weiß (binär) kontrollieren



## 9. Generieren des Codes bzw. erstellen einer Funktion



## 10. Die fertige Funktion

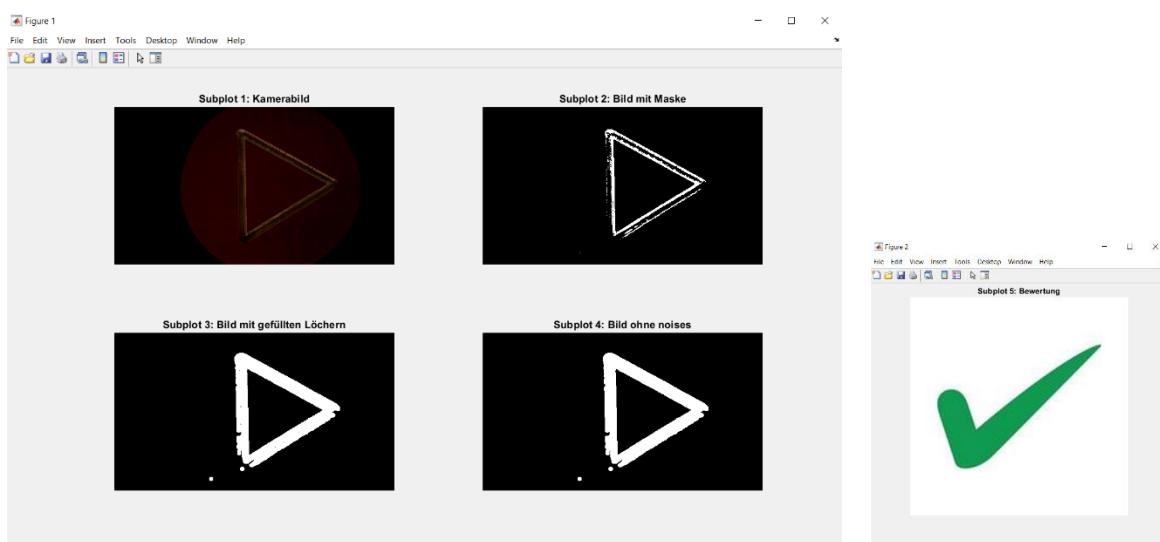


Es wird eine Funktion erstellt, siehe Abbildung 147. Der Farbraum und der Bereich für jeden Kanal des Farbraums wurden als RGB festgelegt. Die Segmentierungsmaske wird in BW zurückgegeben, und ein Verbund aus der Maske und den Original-RGB-Bildern wird in maskedRGBImage zurückgegeben.

```
function [BW,maskedRGBImage] = createMask1 (RGB)
```

**Abbildung 147: createMask1**

#### 4.3.8 Testablauf



**Abbildung 148: Auswertung eines guten Musters**



The screenshot shows the MATLAB Command Window with the following content:

```
60 figure;
61 subplot(1,1,1)
62 imshow(c);
63 title('Subplot 5: Bewertung')
64
65 else
66     disp('Incorrect one');
67     i = imread("incorrect.jpg");

```

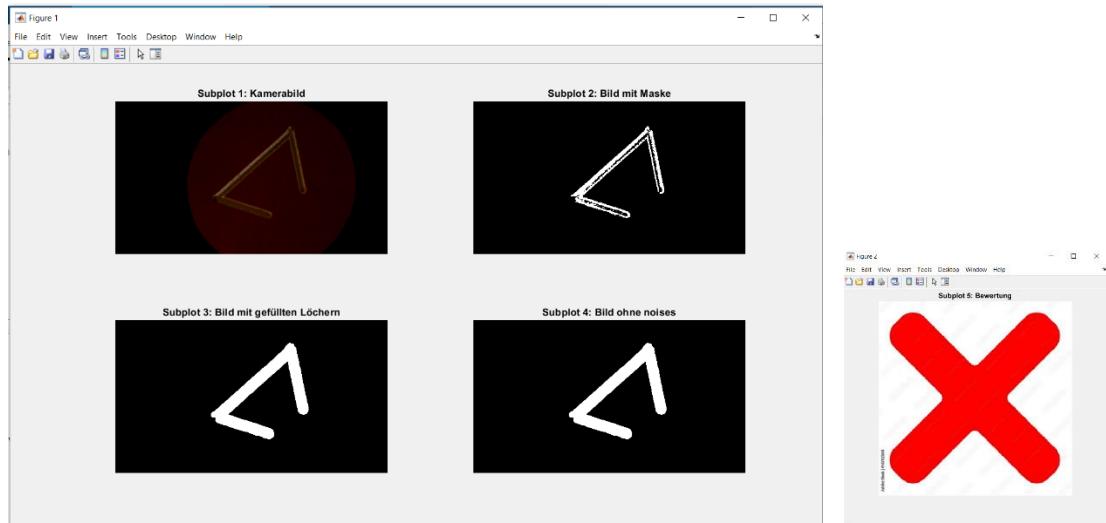
Command Window output:

```
blackVb3 =
175514

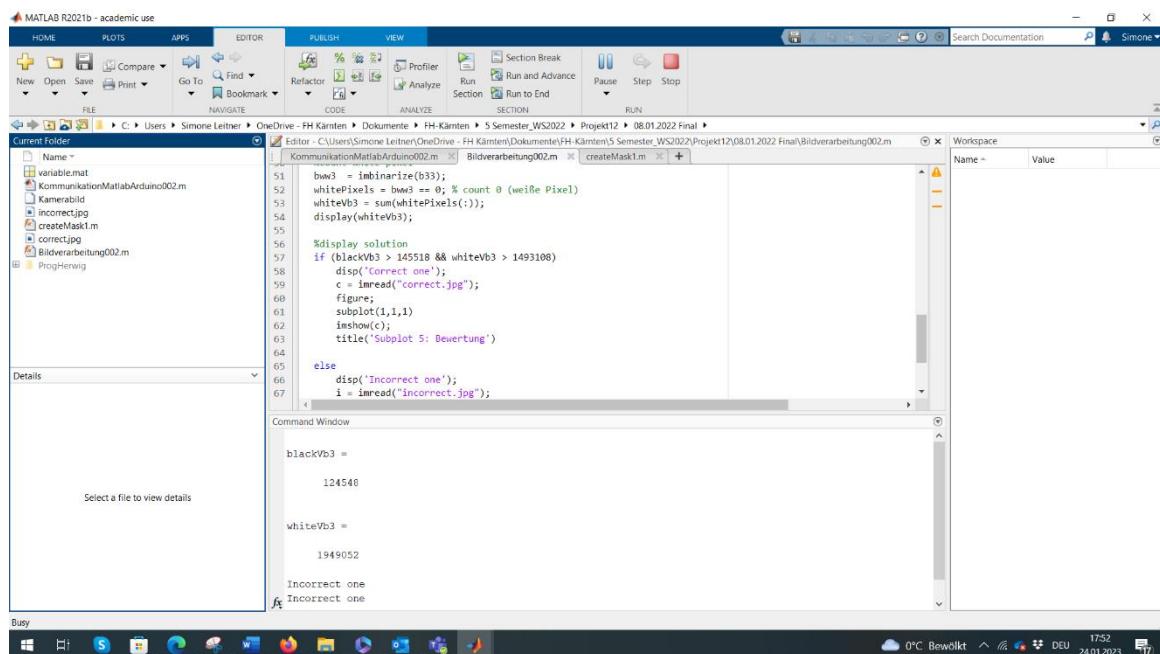
whiteVb3 =
1898086

Correct one
Correct one
f s
```

Abbildung 149: Command window bei einem guten Muster



**Abbildung 150: Auswertung eines schlechten Musters**



**Abbildung 151:** Command window bei einem schlechten Muster

Bei einem zufälligen Testdurchlauf mit 20 Musterstücken, wurden 19 Muster richtig zugeordnet. Bei einem erneuten Durchgang des falsch Sortierten wurde auch dieses richtig erkannt. Hierbei ist aber darauf zu achten, dass eine gleichmäßige bzw. konstante Umgebung geschaffen wird. Dabei ist wichtig, dass eine konstante Belichtung der Muster erfolgt. Zu viel Licht und Schattenwurf beeinflussen die Bildbearbeitung negativ.

## 4.4 CNC Implementierung / Pacnik

### 4.4.1 Mikrokontroller

Ein Mikrocontroller ist ein integrierter Schaltungs-Chip, der die Funktionalität eines Mikroprozessors, eines Speichers und eines Ein-/Ausgabesystems in einem einzigen Paket bietet. Mikrocontroller werden in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt, wie z.B. Fernbedienungen, Autos, Haushaltsgeräte, Produktionsmaschinen und in Medizinprodukten.

### 4.4.2 Arduino Uno:



Wir haben uns für Arduino Uno entschieden da es eine Open-Source-Plattform anbietet, die einfach zu bedienen und kostengünstig ist. Da der Arduino Uno verwendet wird, um interaktive Objekte zu erstellen, Messungen von Sensoren vorzunehmen und Motoren zu steuern war er für dieses Projekt die erste Wahl. Noch dazu gibt es im Internet zahlreiche Foren und Videos, an die man sich wenden bzw. die man nutzen kann, wenn man auf Probleme stößt.

**Abbildung 152: Arduino Uno Mikrokontroller**

### 4.4.3 Arduino IDE :

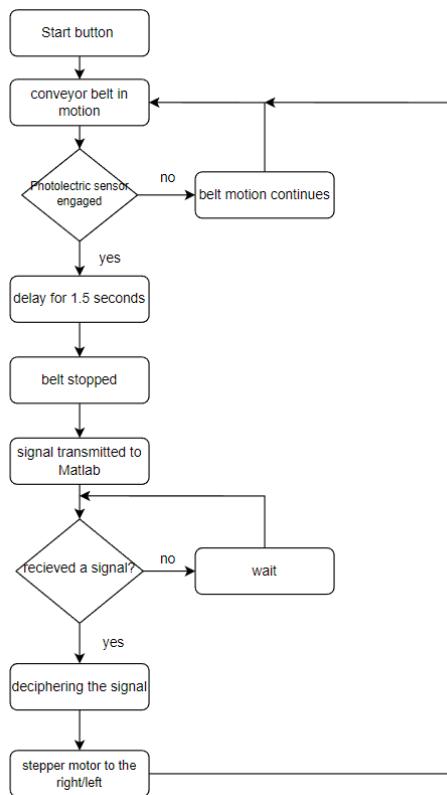


Die Arduino IDE (Integrated Development Environment) ist eine integrierte Entwicklungsumgebung, die speziell für die Verwendung mit Arduino-Mikrocontrollern entwickelt wurde. Mit der Arduino IDE können Entwickler Programme erstellen, kompilieren und auf ihre Hardware hochladen. Zusätzlich zur Erstellung von Code kann die Arduino IDE auch als Debugging-Tool verwendet werden, um den Code zu überprüfen und um Fehler zu beheben.

**Abbildung 153: Arduino IDE Logo**

#### 4.4.4 CNC-Programmierung

Die CNC (Computer Numerical Control) ist eine Methode CNC-Maschinen zu steuern, wobei es sich hier um automatisierte Maschinen handelt, die in der Fertigung eingesetzt werden. Die CNC-Programmierung wird verwendet, um Anweisungen zu erstellen, die die Maschine befolgen muss, um ein bestimmtes Teil oder Produkt herzustellen. Es beinhaltet das Schreiben von Code, der der Maschine mitteilt, wie sie sich bewegen soll, welche Werkzeuge sie verwenden soll und wie schnell sie sich bewegen soll. [6]



**Abbildung 154: Flowchart**

Ein CNC-Programm ist leicht mit einem FLOW-Chart abzubilden. Ein Flowchart-Diagramm ist ein visuelles Diagramm, das dazu dient, einen Prozess zu veranschaulichen. Es besteht aus einer Reihe von geometrischen Formen, die miteinander verbunden sind und eine Reihe von Anweisungen und Daten darstellen. Jede Form repräsentiert einen bestimmten Schritt im Prozess, wobei die Verbindungen zwischen den Formen den Verlauf des Prozesses darstellen. [7]

Der Förderband Prozess startet, wenn der physische Knopf manuell betätigt wird (es besteht auch die Möglichkeit, den Vorgang über den seriellen Monitor zu starten). Dadurch schaltet sich der Gleichstrommotor ein und setzt das Förderband in Bewegung. Wenn die Lichtschranke ein Signal aufnimmt, wird das Band in 1,5 Sekunden gestoppt. Dadurch kann das Objekt direkt unter der Kamera ausgerichtet werden, was für die Erstellung eines Bildes des zu überprüfenden Objekts, benötigt wird. Während das Muster unter der Kamera positioniert ist, sendet der Arduino ein Signal über die serielle Kommunikation an den angeschlossenen Laptop, auf dem die Matlab-Software läuft. Dort findet die Bildverarbeitung statt. Während der Matlab-Prozess stattfindet, bleibt der Zustand des Geräts gleich. Anschließend wird ein Signal zurückgesendet, das entweder aus einer „0“ oder einer „1“ besteht. Der Arduino muss daher das Signal entschlüsseln und wird dann entsprechend dem Ergebnis seinen Zustand verändern. Eine „1“ führt dazu, dass der Schrittmotor nach links bewegt wird, wo die qualifizierten Objekte sortiert werden und die „0“ nach rechts.

Schließlich setzt sich das Förderband wieder in Bewegung, um das geprüfte Objekt zu sortieren.

#### 4.4.5 Arduino Programm

##### **Variablen Definition**

Bei der Programmierung ist eine Variable ein Wert, der sich abhängig von Bedingungen oder an das Programm übergebenen Informationen ändern kann. Typischerweise besteht ein Programm aus Anweisungen, die dem Computer mitteilen, was er tun soll, und Daten, die das Programm verwendet, wenn es ausgeführt wird. Die Daten bestehen aus Konstanten oder festen Werten, die sich nie ändern, und variablen Werten die normalerweise auf "0" oder einen Standardwert initialisiert werden. Üblicherweise werden sowohl Konstanten als auch Variablen als bestimmte Datentypen definiert. Jeder Datentyp schreibt die Form der Daten vor und schränkt sie ein. Beispiele für Datentypen sind: „Integer“ für Ganzzahlen oder „String“ für Textzeichen, die normalerweise in der Länge begrenzt sind.

```
// ===== Zeit =====
unsigned int ms, ms_mem;
byte sek, sek_mem;

// Digital Output
bool DO_Band; // relais 11
bool DO_step_enabq; // step_enabq 8 // Schrittmotor 1/3
bool DO_step_dir; // step_dir 9 // Schrittmotor 2/3
bool DO_step_step; // step_step 10 // Schrittmotor 3/3

// Digital Input
bool DI_Limit_Switch; // limit_switch 4 Lichtschranke
bool DI_light_sens; // light_sens 5 // Lichtsensor
bool DI_Taster; // start_key 12 // Startknopf

int iSchrittkette;
unsigned int tonPause;
```

**Abbildung 155 - Variablen Definition**

In der Abbildung 155 ist die Variablen Definition zu sehen, welche sich auf die Abbildung „122 Schaltplan“ bezüglich der Arduino Ein- und Ausgänge bezieht. Zuerst sind mit integer „ms“ und „ms\_mem“ definiert und mit byte „sek“ und „sek\_mem“ die für später dazu dienen die Zeit zu messen und Programmabläufe zu wiederholen.

Digital In und Digital Out beziehen sich auf die Ein- und Ausgänge eines Arduino-Boards. Digital In wird verwendet, um digitale Signale von externen Geräten wie Tasten, Schaltern oder Sensoren zu empfangen. Digital Out wird verwendet, um digitale Signale an externe Geräte wie LEDs oder Motoren zu senden. Digital In und Digital Out verwenden beide denselben Verbindungstyp, bei dem es sich um eine elektrische Verbindung handelt, die entweder 1 oder 0 sein kann. Daher sind alle Variablen mit Bool definiert.

Als Digital Out haben wir „DO\_Band“, „DO\_step\_enabq“, „DO\_step\_dir“, „DO\_step\_step“ und für Digital In die „DI\_Limit\_Switch“, „DI\_Light\_sens“ und „DI\_Taster“.

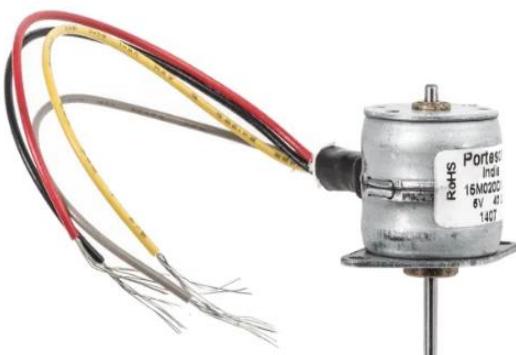
### **DO\_Band**



Mit „DO\_Band“ ist unserer 12V Gleichstrommotor definiert, der die Aufgabe besitzt, unser Förderband in Bewegung zu setzen. Für kleinere Förderbänder, die leichte Lasten transportieren, reicht dieser Motor mit 0,98Ncm vollkommen aus

**Abbildung 156: DC- Motor**

### **DO\_step\_enabq, DO\_step\_dir und DO\_step\_step**

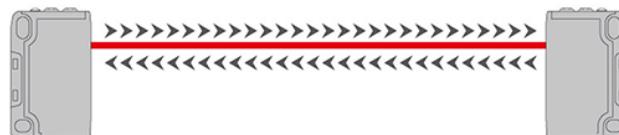


Als nächstes definieren wir den Schrittmotor, der dazu dient, unsere guten und schlechten Muster zu sortieren. Da verwenden wir einen einfachen Dauermagneten 5V Schrittmotor der kostengünstig und leicht programmierbar ist. „DO\_step\_enabq“ wird verwendet um den FET(Feldeffekttransistor) ein- und auszuschalten. Die nächsten beiden 2 Pins, „DO\_step\_step“ und „DO\_step\_dir“, sind die Pins, die wir tatsächlich zur Steuerung der Motorbewegungen verwenden. Der Direction-Pin steuert die Drehrichtung des Motors und der Step-Pin steuert die Mikroschritte des Motors.

**Abbildung 157: Schrittmotor**

**DI\_Limit\_Switch**

Mit „DI\_Limit\_Switch“ definieren wir einen Endschalter, der uns ein Signal wiedergibt, wenn der Schrittmotor die Endposition erreicht hat.

**Abbildung 158: Endschalter****DI\_Light\_sens****Abbildung 159: Funktion der Lichtschanke**

Mit DI\_Light\_sens ist die Lichtschranke definiert, die aus einem Sender und Empfänger besteht. Der Sender wie der Name besagt, sendet einen Lichtstrahl, welcher von dem Empfänger empfangen wird. Wenn der Lichtstrahl unterbrochen wird, wird ein Signal an den Arduino übermittelt.

**DI\_Taster**

Für den Start des Ablaufes wird manuell ein Taster betätigt, welcher hier mit DI\_Taster definiert ist.

**Abbildung 160: Taster**

Schlussendlich wird noch eine iSchrittkette als integer, die tonPause Variable als unsigned integer definiert und die inChar Variable als Charakter. Die iSchrittkette Variable ist die Bezeichnung für die „Switch Case“ Funktion die im Loop angewendet ist, tonPause wird für die Zeitmessung verwendet und inChar dient zu Bereinigung des seriellen Monitors.

**Void setup()**

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);

    pinMode(11, OUTPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);

    pinMode(4, INPUT);
    pinMode(5, INPUT);
    pinMode(12, INPUT);
}
```

Die Funktion `setup()` ist die erste Funktion, die aufgerufen wird, wenn der Arduino eingeschaltet oder zurückgesetzt wird. Sein Hauptzweck besteht darin, Initialisierungsaufgaben durchzuführen, wie z. B. das Einstellen von Pin-Modi, das Konfigurieren serieller Ports usw. Die Funktion `setup()` wird nur einmal aufgerufen und dient normalerweise zum Initialisieren von Variablen und Pin-Modi.

Die Variablen die früher definiert wurden, werden hier noch mit den Pins initialisiert. Zusätzlich ist hier noch `Serial.begin` definiert mit einer Baud Rate von 9600 Bits pro Sekunde. Dies ermöglicht uns eine serielle Verbindung herzustellen.

**Abbildung 161: Void  
Setup()**

**Befehl Ausführung**

```
digitalWrite(11, DO_Band);
digitalWrite(8, !DO_step_enabq);
digitalWrite(9, !DO_step_dir);
digitalWrite(10, !DO_step_step);

DI_Limit_Switch = !digitalRead(4);
DI_light_sens   = !digitalRead(5);
DI_Taster       = !digitalRead(12);
```

**Abbildung 162: Ausführung von Befehlen**

Um Befehle auszuführen, benötigt man zusätzlich noch Funktionen, mit denen man direkt mit Komponenten kommunizieren kann. `DigitalWrite` wird verwendet um Signale an den Gleichstrommotor sowie den Schrittmotor zu senden und `digitalRead` für das Empfangen der Signale von den Lichtschranken, dem Taster und dem Endschalter. Diese sind am Ende der `Loop()`-Funktion angeführt.

### **Void loop()**

Die Funktion `loop()` ist der Hauptteil des Arduino-Codes. Die Funktion `loop()` wird fortlaufend aufgerufen, nachdem die Funktion `setup()` abgeschlossen ist. Dadurch kann der Code eine Reihe von Anweisungen in einer Endlosschleife ausführen. Die Funktion `loop()` wird verwendet, um Eingaben zu lesen, Berechnungen durchzuführen und Ausgaben zu schreiben.

```

void loop() {
    unsigned int msSPS = millis();
    ms = msSPS - ms_mem;
    ms_mem = msSPS;
    if (ms > 10000) {ms = 0;}

    byte sekSPS = msSPS / 1000; // 26.11.2021
    bool bTickSek = sek_mem != sekSPS;
    sek = sekSPS - sek_mem;
    sek_mem = sekSPS;
    if (sek > 10) {sek = 0;}

    // Rücksetzen
    if (iSchrittkette >= 5 && DI_Taster)
    {
        Serial.print('e');
        iSchrittkette = 0;
    }
}

```

**Abbildung 163: Anfang Loop Funktion**

Als erstes wird die Zeitmessung eingerichtet, die in unserem Programm mehrere Funktionen hat. Zuerst die Messung „ms“ in Millisekunden, die sich nach 10000 Millisekunden zurücksetzt und von neu zu zählen anfängt. Es wird dafür die Funktion „millis“ verwendet die eine integrierte Methode der Arduino-Bibliothek ist und die Anzahl der Millisekunden zurückgibt, seit dem Sketch ausgeführt wurde oder seitdem der Arduino eingeschaltet wurde. Mit dieser Funktion wird später das Förderband geregelt, um die Muster auf die gewünschten Positionen zu bringen und die Bewegung der Klappe, die die Muster sortieren. Die Variablen in Sekunden funktionieren gleich wie die in Millisekunden und wurden für das Testen des Programmes verwendet.

Die IF-Funktion sagt uns, dass wenn die Zahl des Switch Case `iSchrittkette` größer oder gleich 5 ist und wenn der Taster betätigt worden ist, im seriellen Monitor „e“ aufgezeichnet werden soll und auf Case 0 wechseln soll.

## Switch Case

Der Switch Case ist eine Steueranweisung, mit der man verschiedene Fälle basierend auf einer bestimmten Bedingung ausführen kann. Es ist eine Art bedingte Anweisung, die verwendet werden kann, um Entscheidungen bei der Programmierung zu treffen. Es ist ein leistungsstarkes Werkzeug, das verwendet werden kann, um lange und komplexe wenn-oder-Anweisungen zu ersetzen. Im Switch Case gibt man einen Wert an und das Programm prüft dann, welcher Fall diesem Wert entspricht. Wenn eine Übereinstimmung gefunden wird, wird der zugehörige Codeblock ausgeführt. Wenn keine Übereinstimmung gefunden wird, wird ein Standardcodeblock ausgeführt.

```
switch (iSchrittkette)
{
    case 0: // warten auf Taster => Band Start
        inChar = c = ' ';
        tonPause = 0;
        DO_Band = 0;
        if (!DI_Taster)
        {
            iSchrittkette = 1;
        }
        break;
```

**Abbildung 164: Switch Case 0**

Bei Case 0 wird zuerst der Serial Monitor überschrieben, sodass das Programm in weiterer Folge keine falschen oder älteren Strings liest. Man macht das mit einem beliebigen String und definiert ihn als „“. Noch dazu werden die Zeitvariable und das Förderband auf 0 gesetzt. Ist der Startknopf nicht gedrückt so wird der nächste Case 1 ausgeführt und dieser wird mit einem „break“ abgeschlossen.

```

case 1: // warten auf Taster => Band Start

    if(Serial.available())
    {
        c = Serial.read();
        if (isAlpha(c))
        {
            inChar = c;
        }
        break;
    }
    if (inChar == 'x')
    {
        inChar = c = ' ';
        DO_Band = 1;
        iSchrittkette = 5;
    }

    if (DI_Taster)
    {
        iSchrittkette = 2;
    }
    break;
}

```

**Abbildung 165: Switch Case 1**

Case 1 beinhaltet drei Wenn-Funktionen. Die Erste überprüft, wenn etwas im seriellen Monitor vorhanden ist. Danach wird die Variable „c“ gelesen und mit der Funktion isAlpha überprüft. IsAlpha() ist eine Funktion in Arduino, die ein einzelnes Zeichen als Parameter akzeptiert und „wahr“ zurückgibt wenn das Zeichen ein Buchstabe ist. Andernfalls gibt es „falsch“ zurück. Wenn man in einem Case eine Variable definiert, wird die nicht in den nächsten übertragen, weshalb man hier noch einmal die Variable „inChar“ mit „c“ gleichsetzt.

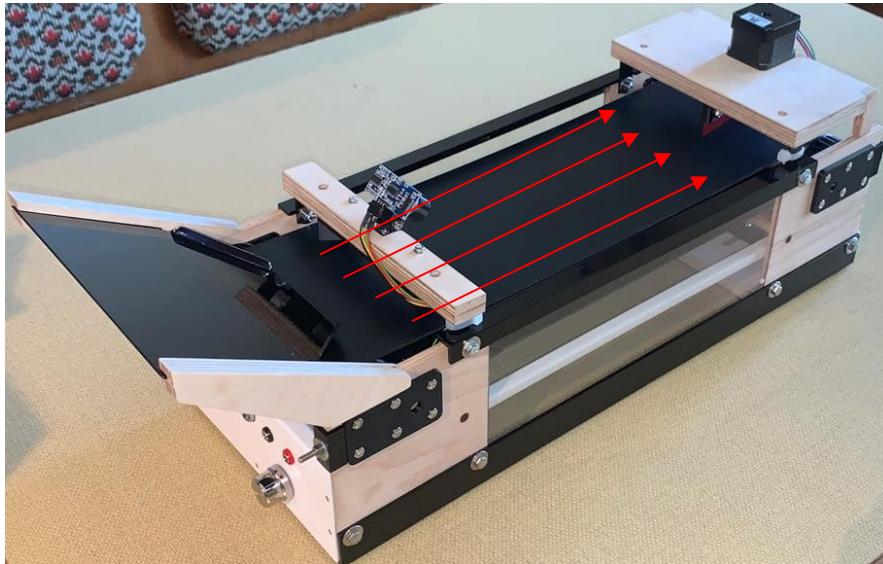
Mit der zweiten Wenn-Funktion kann man das Förderband mit einer Tastatur starten und auf den Taster verzichten. Wenn das Zeichen „x“ gelesen wird, führt sich die Funktion aus. Als erstes werden die Variablen „inChar“ und „c“ leer gesetzt, sodass in den seriellen Monitor kein Zeichen weiter übertragen wird und fährt zusätzlich noch den Gleichstrommotor hoch. Die „iSchrittkette“ Variable wird als 5 gesetzt, die dann zum fünften Case führt.

Die dritte Wenn-Funktion besagt, dass wenn der Taster betätigt ist, dann soll der Case 2 ausgeführt werden.

```

case 2: // warten auf Taster => Band Start
    if (!DI_Taster)
    {
        DO_Band = 1;
        iSchrittkette = 5;
    }
    break;
}

```

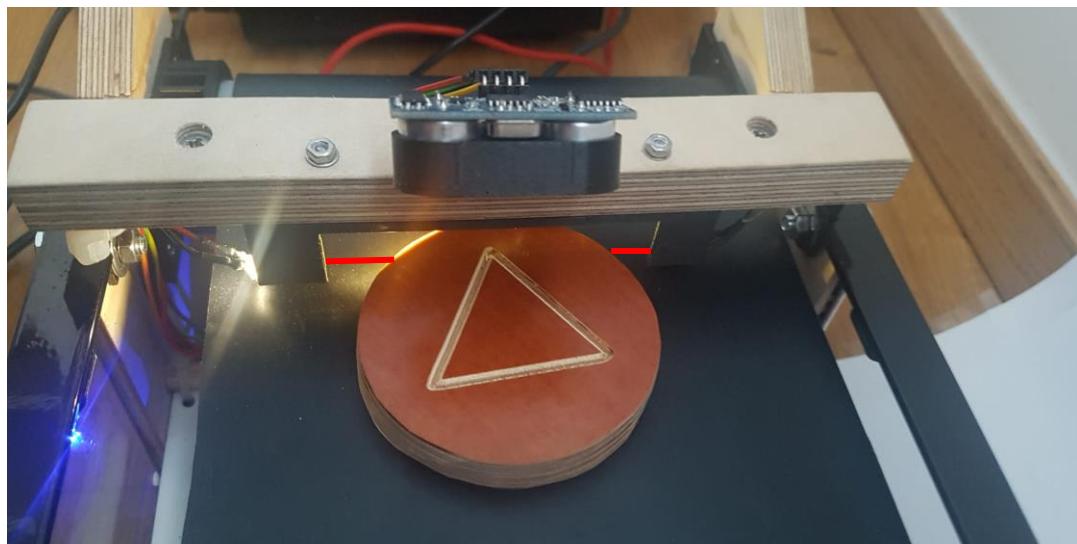


**Abbildung 167: Switch Case 2**

Case 2 kommt vor, wenn im Case 1 der physische Taster gedrückt worden ist. Hier wird das Förderband ausgeführt und zum fünften Case weitergeleitet, wenn der Taster nicht mehr betätigt ist.

```
case 5: // warten auf Lichtschranke
    if (DI_light_sens)
    {
        iSchrittkette = 6;
    }
    break;
```

**Abbildung 168: Switch Case 5**



**Abbildung 169: Lichtstrahl wird unterbrochen**

Bei Case 5 ist das Förderband schon in der Bewegung. Da jetzt ein Muster durchgelassen wird, benötigt man einen Sensor, der erkennen kann, wann ein solches Muster auftritt. Dieser Sensor ist der Lichtschrankenmotor. Durch das Unterbrechen des Lichtstrahls wird das Signal aufgenommen und dann beginnt der nächster Case.

Case 6 kommt direkt nach dem Case 5 und erkennt, wann das Muster vollständig durch den Sensor befahren ist. Durch sämtliche Versuche haben wir festgestellt, dass die Positionierung der Muster deutlich genauer ist, wenn die Zeitmessung nach dem Lichtschranken stattfindet im Gegensatz einer die zu zuvor ist.

```
case 6: // warten auf Lichtschranke => Zeit Start
    tonPause = 0;
    if (!DI_light_sens)
    {
        iSchrittkette = 10;
    }
    break;
```

**Abbildung 165: Switch Case 6**



**Abbildung 170: Lichtschranke wird nicht mehr unterbrochen**

```
case 10: // Band Stop
    tonPause += ms;
    if (tonPause >= 1500) // ms Band von Lichtschranke bis Kamera
    {
        DO_Band = 0;
        tonPause = 0;
        iSchrittkette = 20;
    }
    break;
```

**Abbildung 171: Switch Case 10**

Case 10 dient zur Positionierung der Muster direkt unter der Kamera. Hier wird die Variable „tonPause“ mit „ms“ zusammenaddiert und bei Überschreitung von 1500ms wird das Förderband angehalten. Anschließend wird die Variable „tonPause“ auf Null gesetzt, sodass es in späteren Cases nicht zu falschen Ergebnissen kommen kann.



**Abbildung 172: Musterfliese direkt unter Kamera**

```
case 20: // Befehl Snapshot senden
    tonPause += ms;
    if (tonPause >= 1000) // ms bis Befehl Snapshot gesendet wird
    {
        Serial.print("s");
        tonPause = 0;
        inChar = c = ' ';
        iSchrittkette = 30;
    }
    break;
```

**Abbildung 173: Switch Case 20**

Bei Case 20 wird das Signal „s“ mit der Funktion Serial.print versendet, welches von Matlab gelesen wird. Davor bleibt das Muster für eine Sekunde stehen. Bevor man zum nächsten Case springt, wird hier ebenfalls das Timer auf Null gesetzt sowie der serielle Monitor überschrieben.

```
case 30: // warten auf Befehl von Kamera c oder i
tonPause = 0;
if(Serial.available())
{
    c = Serial.read();
    if (isAlphaNumeric(c))
    {
        inChar = c;
    }
    break;
}
if (inChar == '1')
{
    DO_step_dir = 1;
    Serial.println("c wurde empfangen");
    iSchrittfolge = 40;
}
if (inChar == '0')
{
    DO_step_dir = 0;
    Serial.println("i wurde empfangen");
    iSchrittfolge = 40;
}
break;
```

**Abbildung 174: Switch Case 30**

Nachdem das Signal gesendet worden ist, wird im Matlab das Image Processing durchgeführt. Inzwischen bereitet sich Arduino vor, die Signale von Matlab zu empfangen. Es wird mit der Funktion „Serial.available“ überprüft, ob im seriellen Monitor was signalisiert wurde. Mit der Funktion isAlphaNumeric wird überprüft, ob ein gegebener Zeichenfolgenwert alphanumerisch ist. Dies bedeutet, dass die Funktion wahr zurückgibt, wenn der Wert nur Buchstaben und/oder Zahlen enthält, und falsch, wenn der Wert andere Sonderzeichen enthält. Danach spalten wir den Case nach zwei Wenn-Funktionen. Die erste besagt, wenn das Signal eine „1“ ist soll sich der Schrittmotor nach links bewegen. Hier werden unsere korrekten Muster durchgelassen. Für die defekten Muster bekommt Arduino von Matlab einen Nuller zurück, der dann den Schrittmotor nach rechts bewegt.

```

case 40: // Schrittmotor Taktten
    tonPause = 0;
    DO_step_enabq = 1;
    DO_step_step = 1;
    iSchrittkette = 50;
    break;

```

**Abbildung 175: Switch Case 40**

```

case 50: // Taktten bis Endschalter betäigter wurde
if (!DI_Limit_Switch)
{
    tonPause += ms;
    if (tonPause >= 3)
    {
        DO_step_step = 0;
        iSchrittkette = 40;
    }
}
else
{
    tonPause += ms;
    if (tonPause >= 100) // ms Halten von Klappe
    {
        DO_step_dir = 0;
        DO_step_step = 0;
        DO_step_enabq = 0;
        tonPause = 0;
        DO_Band = 1;
        iSchrittkette = 5;
    }
}
break;

```

**Abbildung 176: Switch Case 50**

Die nächsten zwei Switch Cases arbeiten zusammen, um den Schrittmotor zu bewegen. Da schon im Case 30 die Richtung definiert worden ist, muss man es hier nicht mehr berücksichtigen.

Mit Case 40 setzen wir den „DO\_step\_enabq“ und den „DO\_step\_step“ auf wahr. Dies ermöglicht dem Schrittmotor sich, um einen Schritt zu bewegen. Danach wird zum Case 50 weitergeleitet.

Case 50 misst dann die Zeit, und setzt ein Limit wie lange der Schrittmotor für eine Bewegung benötigt. Nach drei Millisekunden wird die Step-Variable auf Null gesetzt und wird der Case 40 gesetzt. Dieser Ablauf funktioniert so lange bis der Endschalter betätigt wird.

Dann kommt man an die Else-Funktion, die den Schrittmotor nach hundert Millisekunden abschaltet. Anschließend wird der Gleichstrommotor wieder hochgefahren, um die Muster bis zum Schluss zu transportieren. Letztendlich wird die Variable „tonPause“ zurückgesetzt und der zu Case 5 gesetzt, sodass der Arduino das Förderband laufen lässt und wartet bis vom Lichtschranken ein Signal kommt.

**Abbildung 177: Muster korrekt - Sortierung nach links**

## 5 Reflexion / Ergebnisse / Zusammenfassung

### 5.1 Resultate

Die Aufgabenstellung betraf die Durchführung bzw. Lösung einer gegebenen Problemstellung in zugeteilten Teams von vier Personen.

Die Zielsetzung ergab sich wie folgt:

- Anwendung des bisher Gelernten und der persönlichen Erfahrungen in einem konkreten Projekt
- technischen Aufgabenstellung durchführen
- Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Lösung
- Selbstständige Entwicklung eines Vorgehenskonzepts und Wahl von geeigneten Methoden in Bezug auf Projektplanung
- Selbstständige Abwicklung des Plans in Bezug auf das Projektmanagement
- Ableitung von Forschungsfragen und Beantwortung dieser im Rahmen der Dokumentation der Projektergebnisse
- Verknüpfung von Theorie- und Praxiswissen
- Anwendung wissenschaftlicher Methoden

Insgesamt ist das Projekt der Gruppe 4, Fließenqualitätserkennungseinrichtung als Erfolg zu bewerten. Da wie oben zu sehen nicht nur bereits Gelerntes angewendet wurde, sondern auch persönliche neue Eindrücke entstanden sind. Die Ausarbeitung ergab zudem eine qualitativ hochwertige Lösung für eine technische Aufgabenstellung. Zudem konnte ein funktionstüchtiges Projekt durchgeführt werden, das mit Hilfe von Projektmanagement-tools strukturiert wurde.

Die zugeteilte Problemstellung/ Aufgabenstellung wurde wie folgt ausgeführt:

Aufgabe	Umgesetzt (funktioniert)	Nicht umgesetzt
Es soll eine CNC gesteuerte Scanvorrichtung, um Muster auf Flächen zu erkennen hergestellt werden. Diese Muster sollen mittels eines Künstlichen Intelligenz (Algorithmus) klassifiziert werden.	Umgesetzt und funktioniert	/
Als Anwendungsbeispiel soll ein modellhaftes Produktionssystem einer Fliesenqualitätserkennungseinrichtung hergestellt und experimentell betrieben werden: Fliesen laufen auf einem Förderband und werden dann gescannt und qualitätsgeprüft.	Umgesetzt und funktioniert	/
CNC-Implementierung des Scavorgangs, des Transportvorgangs und eines Sortiersystems.	Umgesetzt und funktioniert	/

Musterkennung der Form von Qualitätsmerkmalen mittels einer künstlichen Intelligenz	Umgesetzt und funktioniert	/
Ermittlung der experimentellen Rahmenbedingungen.	Umgesetzt	/

## 5.2 Diskussion

Folgende Forschungsfrage wurde gestellt;

Wie kann mit einer geeigneten CNC-Microcontroller Regelung eine Fliesenqualitätserkennungseinrichtung praktisch in einem Prototyp umgesetzt und hinsichtlich Mustererkennung optimiert werden?

Grundsätzlich konnte die Teilfrage wie kann mit einer geeigneten CNC – Mikrokontroller Regelung eine Fliesenqualitätserkennungseinrichtung praktisch zu einem Prototyp umgesetzt werden in den folgenden angeführten Kapiteln dieser Arbeit beantwortet werden:

- Herstellung der Musterfliesen / Pregl
- Herstellung der Fördereinheit / Müller
- - Das Bildverarbeitungsprogramm / Leitner sowie
- CNC Implementierung / Pacnik

Auf die zweite Teilfrage .... Und hinsichtlich Mustererkennung optimiert werden? - kann schlussgefolgert werden, dass eine Optimierung durch hochwertige Komponenten möglich ist um insgesamt die Genauigkeit zu steigern. In unserem Fall ist zu sagen, dass sich die Projektkosten im Bereich von 500 Euro befinden. In diesen 500 Euro ist sind nicht nur die Komponenten für das Bildverarbeitungssystem enthalten, sondern auch die Teile zur Konstruktion des Förderbands sowie die Kosten für die Herstellung der Musterfließen.

Würde man das Budget generell erhöhen wäre der qualitative Output ebenso größer. Ein Beispiel ist hier die Kamera, da wir eine günstige USB-Kamera für den PC – Gebrauch verwenden kann hierbei nicht dieselbe Bildqualität der Aufnahmen erwartet werden als würde man eine spezielle Industriekamera verwenden. Zudem ist auch das Umfeld Ausschlag gebend, besonders bei der Bildverarbeitung war zu beobachten, dass bei den günstig verwendeten Komponenten bereits Lichtschwankungen ausreichen, um das Endresultat unbrauchbar zu machen. Solch ein Problem wird in der Industrie selten auftreten, nicht nur wegen der teureren Komponenten, sondern auch deshalb, weil zum Teil die Werksbeleuchtung genormt sind, durch den Neon- Himmel, gibt es dann auch keine Schattenbildung mehr.

Auch bei der Umsetzung einer künstlichen Intelligenz ist zu sagen, dass mit den von uns benutzten das Best mögliche Resultat erzielt wurde. Hätte man auch hier teurere Komponenten oder mehr Zeit - Ressourcen sowie besser Vorkenntnisse gehabt hätte ein besseres Ergebnis erzielt werden können. Man darf aber nicht außer Acht lassen das dieses Projekt für die künstliche Intelligenz ein Budget von unter 100 Euro hatte und die Programmierkenntnisse sich auf einen Einsteigerkurs in C++ beschränkt haben.

## Ausblick und nächste Schritte

Der Prototyp könnte noch verbessert werden. In Hinsicht auf das Lichtverhältnisse könnte hier eine konstante Umgebung geschaffen werden. Ebenso ist es auch möglich den Ablauf noch zu perfektionieren und schneller zu machen. Des Weiteren könnte im nächsten Schritt auf richtige Fliesen zurückgegriffen werden.

Im Sinne der Gruppe 4, gilt dieses Projekt als abgeschlossen. Es wäre möglich, dass aus unserem Projekt ein Folgeprojekt für einen anderen WING-Jahrgang entsteht.

## Literaturverzeichnis

- [1] K. S. Stephan Rave, „UNI Münster,“ 5 September 2012. [Online]. Available: <https://www.uni-muenster.de>. [Zugriff am 4 11 2022].
- [2] S. Attaway, „sciencedirect,“ 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com>. [Zugriff am 4 11 2022].
- [3] „Mathworks,“ Trust Center, [Online]. Available: <http://de.mathwork.com>. [Zugriff am 7 11 2022].
- [4] D. R. Agarwal, „Youtube,“ 5 11 2014. [Online]. Available: <https://www.youtube.com>. [Zugriff am 11 11 2022].
- [5] K. Amplifier, „Youtube,“ 13 09 2020. [Online]. Available: <http://www.youtube.com>. [Zugriff am 1 12 2022].
- [6] M. Grotz, „CNC-Technik in der Aus- und Fortbildung,“ in *Ein Unterrichtsprogramm für die berufliche Bildung*, Haan-Gruiten, Europa-Lehrmittel, 2019, pp. 6-7.
- [7] Lucid Software Inc., „Lucidchart,“ [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/de/was-ist-ein-flussdiagramm>. [Zugriff am 12 2022].
- [8] Stemmar Imaging, *Industrielle Bildverarbeitung und ihre Integration in automatisierte Prozesse* [Online]. Available: *Industrielle Bildverarbeitung und ihre Integration in automatisierte Prozesse* | STEMMER IMAGING ([stemmer-imaging.com](http://stemmer-imaging.com))
- [9] Fliesen24 Fliesen und Mehr Qualitätskriterien von Bodenfliesen [Online]. Available: Qualitätskriterien von Bodenfliesen ✓ | Darauf kommt es an | Fliesen24®
- [10] Wikipedia [Online]. Available: *Fusion 360 - Wikipedia*
- [11] rocketronics [Online]. Available: Estlcam V11 – Lizenzschlüssel CNC-Steuerung und CAM Software ([rocketronics.de](http://rocketronics.de))
- [12] YouTube [Online]. Available: *How to Make a Conveyor Belt System at Home - Very Powerful - YouTube*
- [13] der perfekte Tischler teil 2, Grabner, Hauke, Ottenschläger, Rottmar, bohmann Verlag , ISBN: 3 7002 0551 1

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstrukturplan .....	6
Abbildung 2: Zeitvorgaben seitens der FH .....	6
Abbildung 3: Zeitplan .....	7
Abbildung 4 Projektstrukturplan im Detail.....	11
Abbildung 5: Arbeitspaket 1 .....	11
Abbildung 6: Arbeitspaket 2 .....	12
Abbildung 7: Arbeitspaket 3.....	12
Abbildung 8: Arbeitspaket 4 .....	12
Abbildung 9: Eisenhower - Matrix Risikomanagement .....	13
Abbildung 10: Konzeptprinzip für Konzept 1 .....	14
Abbildung 11: Konzeptprinzip für Förderband aus Konzept 1 .....	14
Abbildung 12: Konzeptprinzip Konzept 2 .....	15
Abbildung 13: Konzeptprinzip zu Konzept 3.....	16
Abbildung 14: Modell in Fusion 360.....	17
Abbildung 15: Draufsicht.....	17
Abbildung 16: Seitenansicht .....	17
Abbildung 17: Förderbandkonzept .....	18
Abbildung 18: Fördereinheit .....	18
Abbildung 19: Varianten der Musterfliesen .....	19
Abbildung 20: bestellte Waren .....	21
Abbildung 21: Fusion 360° Logo .....	22
Abbildung 22: Estlcam V11 Logo .....	22
Abbildung 23: CNC außen .....	23
Abbildung 24: CNC innen .....	23
Abbildung 25: CNC- Ansteuerung/ Verdrahtung .....	23
Abbildung 26: CNC-Fahrweg .....	23
Abbildung 27: Schaftfräser, Gravierstichel mit 30° Spitze.....	23
Abbildung 28: Umsetzung der Muster Variante 1 - 5 .....	24
Abbildung 29: CNC-Koordinaten setzen.....	25
Abbildung 30: Nullpunkt setzen CNC .....	25
Abbildung 31: Variante 1: Fehlerfrei .....	25
Abbildung 32: Visualisierung des Fahrweges von Variante 1 .....	26
Abbildung 33: Visualisierung der Rohwerkstücke nach dem Fräsen (Fusion360) .....	26
Abbildung 34: Werkstück einspannen.....	27
Abbildung 35: Gravur Variante 1 Verlauf.....	28
Abbildung 36: Gravur Variante 1 .....	28
Abbildung 37: Schaftfräsen Variante 1 Verlauf.....	28

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 38: Variante 1 Schafffräsen .....	28
Abbildung 39: Stegfräsen aus Fusion360 .....	29
Abbildung 40: Stegfunktion.....	29
Abbildung 41: Variante 2: Fehler 1 .....	29
Abbildung 42: Visualisierung der Gravur mit Fusion360 .....	30
Abbildung 43: Gravur für Variante 2.....	30
Abbildung 44: Variante 2 3D Modell/ Zeichnung im Fusion360 Programm mit Teilbemaßung .....	31
Abbildung 45: CNC Gravur Variante 2.....	32
Abbildung 46: Werkzeugwechsel auf Schafffräser, Variante 2 .....	32
Abbildung 47: Umrandung Fräsen Variante 2 .....	33
Abbildung 48: Fräsen Variante 2 .....	33
Abbildung 49: Variante 3: Fehler 2.....	33
Abbildung 50: Visualisierung Fahrweg Variante 3.....	34
Abbildung 51: Darstellung 3D Modell/Zeichnung im Fusion360 mit Teilbemaßungen Variante 3 ...	34
Abbildung 52: Gravierstichel .....	35
Abbildung 53: Schafffräsen Variante 3 .....	35
Abbildung 54: Variante 4: Sondermotiv 1 Schnabeltier.....	36
Abbildung 55: Visualisierung Fahrweg Variante 4 Platypus .....	36
Abbildung 56: Variante 4 Gravur fertig .....	37
Abbildung 57: Gravur Variante 4 .....	37
Abbildung 58: Umrandung Variante 4 .....	37
Abbildung 59: Schafffräsen Variante 4 .....	37
Abbildung 60: Variante 5: Sondermotiv 2 Koi.....	38
Abbildung 61: Visualisierung Fahrweg Variante 5 KOI.....	38
Abbildung 62: Visualisierung Variante 5 Sondermotiv 2 Koi im Fusion 360 Programm.....	38
Abbildung 63: Gravur Koi .....	39
Abbildung 64: Werkzeugwechsel Variante 5.....	39
Abbildung 65: Fräsen Koi .....	40
Abbildung 66: Variante 5 Sondermotiv 2 Koi Fräsen.....	40
Abbildung 67: Haltesteg.....	40
Abbildung 68: Samples aus der CNC .....	41
Abbildung 69: Nachbearbeitung mit Stichsäge .....	41
Abbildung 70: Werkstück.....	41
Abbildung 71: unbearbeitete Musterstücke .....	42
Abbildung 72: Schleifen.....	43
Abbildung 73: Nachbearbeitung Variante 5.....	43
Abbildung 74: Schleifen an Bandschleifmaschine.....	43
Abbildung 75: Reinigung mit Druckluft .....	43
Abbildung 76: Markierte Muster .....	43

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 77: Lagerbox.....	43
Abbildung 78: Musterfliesen.....	44
Abbildung 79: PrusaSlicer Version 2.4 .....	46
Abbildung 80: Drucker Front .....	47
Abbildung 81: Drucker Seite .....	47
Abbildung 82: Lagerblock Antriebsseite .....	48
Abbildung 83: Lagersitz .....	48
Abbildung 84: Passiver Lagerhalter .....	49
Abbildung 85: Förderband .....	49
Abbildung 86: Antrieb .....	49
Abbildung 87: Baseballnaht .....	49
Abbildung 88: CNC-Färse Stepcraft .....	50
Abbildung 89: Seitenwand .....	52
Abbildung 90: Führung Außen 1 und Außen 2 .....	52
Abbildung 91: Führung Innen 1 und Innen 2.....	52
Abbildung 92: Frontansicht .....	53
Abbildung 93: Spannschraube .....	53
Abbildung 94 Bandsäge .....	53
Abbildung 95: Pulvberbeschichtungsgerät .....	54
Abbildung 96: Druckminderer 1 bar .....	55
Abbildung 97: Pulvertrafo .....	55
Abbildung 98: Pulverbeschichtung.....	55
Abbildung 99: Pulversetup .....	55
Abbildung 100: Brenntemperatur .....	56
Abbildung 101: unbeschichtet.....	56
Abbildung 102: beschichtet .....	56
Abbildung 103 Plexiglas gesamt.....	56
Abbildung 104: Biegemaschine .....	56
Abbildung 105: Sollmaß.....	57
Abbildung 106: Endgraten.....	58
Abbildung 107 Klemmung_Plexiglas.....	58
Abbildung 108: Glasführung .....	58
Abbildung 109: Gesamtansicht.....	59
Abbildung 110: Rutsche .....	60
Abbildung 111: Führungssystem .....	61
Abbildung 112: Lichtschranke_ein .....	61
Abbildung 113: CAD-Modell.....	62
Abbildung 114: Sortierschieber.....	62
Abbildung 115: Sortierschieber.....	62

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 116: Gewindeschneidset .....	63
Abbildung 117: Werkzeug .....	64
Abbildung 118: Stepper_Treiber .....	65
Abbildung 119: Stepper_Treiber_Routing .....	65
Abbildung 120: Stepper_Treiber .....	66
Abbildung 121: Arduino_Shield.....	66
Abbildung 122: Schaltplan.....	67
Abbildung 123: Arduino_Shield.....	68
Abbildung 124: Verkabelung.....	68
Abbildung 125: Schalttafel.....	68
Abbildung 126: Schalttafel.....	68
Abbildung 127 CamPark PC02 .....	69
Abbildung 128: Matlab-Desktop .....	70
Abbildung 129: Programmablauf.....	71
Abbildung 130: Förderbandstart .....	72
Abbildung 131: Serielle Schnittstelle.....	73
Abbildung 132: Überprüfung, ob Knopf gedrückt ist.....	73
Abbildung 133: Bildverarbeitungsprogramm.....	74
Abbildung 134: Ausgabe der Bildverarbeitung.....	74
Abbildung 135: Funktion Bildverarbeitung002 .....	75
Abbildung 136: Kameraverbindung prüfen.....	76
Abbildung 137: Bild aufnehmen und speichern.....	77
Abbildung 138: Bild einlesen .....	77
Abbildung 139: Maske über Bild legen.....	77
Abbildung 140: Bildbearbeitung .....	78
Abbildung 141: 2-D binäres Bild.....	78
Abbildung 142: Punkte löschen.....	78
Abbildung 143: Schwarze Pixel zählen .....	79
Abbildung 144: Auswertung.....	79
Abbildung 145: Pixel eines weißen Bildes .....	80
Abbildung 146: Farbräume in Color Thresholder App .....	81
Abbildung 147: createMask1.....	86
Abbildung 148: Auswertung eines guten Musters .....	87
Abbildung 149: Command window bei einem guten Muster.....	87
Abbildung 150: Auswertung eines schlechten Musters .....	88
Abbildung 151: Command window bei einem schlechten Muster.....	88
Abbildung 152: Arduino Uno Mikrokontroller .....	89
Abbildung 153: Arduino IDE Logo .....	89
Abbildung 154: Flowchart .....	90

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 155: DC- Motor.....	92
Abbildung 156: Schrittmotor .....	92
Abbildung 157: Endschalter.....	93
Abbildung 158: Funktion der Lichtschranke.....	93
Abbildung 159: Taster.....	93
Abbildung 160: Void Setup() .....	94
Abbildung 161: Ausführung von Befehlen .....	94
Abbildung 162: Anfang Loop Funktion.....	95
Abbildung 163: Switch Case 0.....	96
Abbildung 164: Switch Case 1.....	97
Abbildung 165 Förderband startet Bewegung .....	97
Abbildung 166: Switch Case 2.....	98
Abbildung 167: Switch Case 5.....	98
Abbildung 168: Lichtstrahl wird unterbrochen .....	98
Abbildung 169: Lichtschranke wird nicht mehr unterbrochen.....	99
Abbildung 170: Switch Case 10.....	100
Abbildung 171: Musterfliese direkt unter Kamera .....	100
Abbildung 172: Switch Case 20.....	101
Abbildung 173: Switch Case 30.....	102
Abbildung 174: Switch Case 40.....	103
Abbildung 175: Switch Case 50.....	103
Abbildung 176: Muster korrekt - Sortierung nach links.....	103

## Anhang

### 1) Angebot 1



Cyberport GmbH, Europaplatz 3, AT-1110 Wien

## Angebot

Fachhochschule Technikum Kärnten  
Gemeinnützige Privatstiftung  
Villacher Straße 1  
9800 SPITTAL  
ÖSTERREICH

Ihre Referenznr. / 13.06.2022  
Kunde 7106236  
Angebotsnr./datum 5004699370 / 13.06.2022  
Zahlungsbedingung Rechnung 10 Tage  
Versand Standard-Österreich  
Seite 1 / 3

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir danken für Ihre Anfrage und unterbreiten Ihnen nachfolgend unser freibleibendes Angebot:

Pos.	Produkt- bzw. Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Betrag Netto
1	VERSANDPORTOAUSL. <b>Versand- und Servicekosten AT</b> Versandporto	1	6,66	6,66 EUR
2	4B19-0XT <b>DIGITUS USB 2.0 Anschlusskabel 1,8m Typ</b> - USB-Kabel - Anschlüsse: USB Typ A und USB Typ B - Farbe: schwarz, Länge: 1,8m - Übertragungsrate bis zu 480 Mbps (High-Speed)	1	6,66	6,66 EUR
			Summe Netto Mehrwertsteuer Nettobetrag <b>Gesamtbetrag</b>	13,32 EUR 2,66 EUR 13,32 EUR <b>15,98 EUR</b>

Das Angebot wurde maschinell erstellt und ist somit ohne Unterschrift gültig.

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Diese werden Ihnen auf Wunsch übersandt.

Hinweis für öffentliche Einrichtungen: Unsere AGB gelten nur dann, sofern sie nicht im Widerspruch zu AGB des Auftraggebers stehen.

Ndl. Österreich Cyberport GmbH  
Europaplatz 3  
1150 Wien

E-Mail: info@cyberport.at  
Telefon: +43 (0)1 962 15 48  
Fax: +43 (0)1 028 03 50

Hauptndl. Cyberport GmbH  
Am Brauhaus 5  
01099 Dresden, Deutschland

Commerzbank AG  
IBAN: AT32 1967 5001 0150 8000  
BIC: COBA ATWX XXX

Geschäftsführer: René Bittner, Simon Frank, Kai Hollensteiner, László Kovács, Sebastian Westrich | Handelsgericht Wien FN 372304 g |

2) Angebot 2



Contorion Österreich GmbH | Maulbergschasse 6 | 1190 Wien  
FH Kärnten - gemeinnützige Gesellschaft mbH  
Jessica Pregl  
Europastraße 4  
9524 Villach  
Österreich

Angebotsdatum: 13.06.2022  
Angebotsnummer: AT900048575  
Kundennummer: AT2002528497  
Gültig bis: 14.07.2022  
Zahlungsziel: 30 Tage Netto  
  
Ihr Ansprechpartner: Contorion  
E-Mail: Firmenkundenteam  
firmenkunden@contorion.at

## Ihr persönliches Angebot

Guten Tag Frau Pregl,

vielen Dank für Ihre Anfrage. Anbei das angeforderte Angebot.

In Ihrem Contorion-Kundenkonto können Sie das Angebot ganz einfach unter „Angebote“ einsehen und auslösen.

Sollten Sie noch Fragen zu Ihrem Angebot haben, können Sie sich jederzeit an mich wenden.

Ihr Contorion Firmenkundenteam  
Firmenkundenberater

Pos.	Artikel Nr.	Artikel	VE	Nettopreis je VE	Anzahl	Gesamt Netto
1	68114889	STIER Fräzersortiment 30-teilig 8 mm in Vitrine	1	86,40 €	1	86,40 €
Zwischensumme (exkl. MwSt.)						86,40 €
Versandkosten						Frei
Gesamt Brutto						103,68 €
20% MwSt.						17,28 €
Gesamt Netto						86,40 €

Lieferfähigkeit vorbehalten. Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB), die Sie unter [contorion.de/agb](#) abrufen können. Unsere Angebote und Angebotspreise gelten nur bei Gesamtabnahme und sind nicht mit Gutscheinen oder anderen Aktionen kombinierbar.

Contorion  
Österreich GmbH  
Maulbergschasse 6  
1190 Wien  
Österreich

Kontakt  
[www.contorion.at/kontakt](#)

Geschäftsführung  
Martin Gödicke  
Dr. Walter Baumann

Registereintrag  
Landesgericht Wels FN 546020x  
Steuernummer: 53 – 300/0873  
UST-ID: ATU 76359325

1 von 1

3) Angang 1 Leitner

12.01.23 17:38 C:\...\KommunikationMatlabArduino002.m 1 of 1

```
% Initialize Serial object
a = serialport('COM3',9600,'Timeout',10);
x = 0;

pause(3.0) %5 sec Pause
writeline(a,"x") % wenn arduino x erhält startet Förderband

%b = read(a,1,"char");
%disp (b)

while (x == 0)
    b = read(a,1,"char");
    disp (b)
    if (b == 'e')
        x = 1;
        disp (x)
    end
    if (b == 's')
        disp(a)

    Bildverarbeitung002; %go to Bildverarbeitung002
    pause(1.0)
    load("variable.mat")

    if (blackVb3 > 145518 && whiteVb3 > 1493108 )
        disp('Correct one')
        %arduino send number to arduino
        %pause(3.0)
        writeline(a,"1")           % c = correct

    else
        disp('Incorrect one')
        %arduino send number to arduino
        %pause(3.0)
        writeline(a,"0")           % i = incorrect

    end
    disp (b)

end
pause(0.1)                         % wait for 100ms and then loop
end

clear device
```

4) Anhang 2 Leitner

12.01.23 17:39 C:\Users\Simo...\Bildverarbeitung002.m 1 of 2

```
function Bildverarbeitung002
clc
close all
clear all
warning off

cam = webcam(1); %connection to webcam
img = snapshot(cam); %make pic
fname = ['Kamerabild']; %save as Kamerabild % wenn aufsteigende Nummer: fname = [
['Image' num2str(i)]; %filename => Image1, Image2...
imwrite(img, fname, 'jpeg'); %save as jpg
imshow(img); %show the image

vb = imread("Kamerabild");
subplot(2,2,1) %divides the figure into an m-by-n grid and creates axes in the %
position specified by p
imshow(vb);
title('Subplot 1: Kamerabild')

%create mask1
gs33 = createMask1(vb);
%figure;
subplot(2,2,2)
imshow(gs33);
title('Subplot 2: Bild mit Maske')

%löcher füllen (create mask1)
ks33 = strel('disk', 15);
ls33 = imdilate(gs33,ks33);
%figure;
subplot(2,2,3)
imshow(ls33);
title('Subplot 3: Bild mit gefüllten Löchern')

%Label connected components in 2-D binary image (create mask1)
a33 = bwlabel(ls33);
%disp(a33);

%remove salt and pepper noise
b33 = medfilt2(a33);
subplot(2,2,4)
imshow(b33);
title('Subplot 4: Bild ohne noises')

%count black pixel
bw33 = imbinarize(b33); %make a binary image
blackPixels1 = bw33== 1;
blackVb3 = sum(blackPixels1(:)); %zählt len (also schwarzanteil)
display(blackVb3);

%count white pixel
bww3 = imbinarize(b33);
```

12.01.23 17:39 C:\Users\Simo...\Bildverarbeitung002.m 2 of 2

```
whitePixels = bww3 == 0; % count 0 (weiße Pixel)
whiteVb3 = sum(whitePixels(:));
display(whiteVb3);

%display solution
if (blackVb3 > 145518 && whiteVb3 > 1493108)
    disp('Correct one');
    c = imread("correct.jpg");
    figure;
    subplot(1,1,1)
    imshow(c);
    title('Subplot 5: Bewertung')

else
    disp('Incorrect one');
    i = imread("incorrect.jpg");
    figure;
    subplot(1,1,1)
    imshow(i);
    title('Subplot 5: Bewertung')
    %arduino send number to arduino
end
save("variable.mat","blackVb3","whiteVb3")
end
```

5) Anhang 3 Leitner

12.01.23 17:39 C:\Users\Simone Leitn... \createMask1.m 1 of 1

```
function [BW,maskedRGBImage] = createMask1(RGB)
%createMask Threshold RGB image using auto-generated code from colorThresholder app.
% [BW,MASKEDRGBIMAGE] = createMask(RGB) thresholds image RGB using
% auto-generated code from the colorThresholder app. The colorspace and
% range for each channel of the colorspace were set within the app. The
% segmentation mask is returned in BW, and a composite of the mask and
% original RGB images is returned in maskedRGBImage.

% Auto-generated by colorThresholder app on 08-Jan-2023
%-----

% Convert RGB image to chosen color space
I = RGB;

% Define thresholds for channel 1 based on histogram settings
channel1Min = 16.000;
channel1Max = 130.000;

% Define thresholds for channel 2 based on histogram settings
channel2Min = 21.000;
channel2Max = 109.000;

% Define thresholds for channel 3 based on histogram settings
channel3Min = 0.000;
channel3Max = 106.000;

% Create mask based on chosen histogram thresholds
sliderBW = (I(:,:,1) >= channel1Min) & (I(:,:,1) <= channel1Max) & ...
    (I(:,:,2) >= channel2Min) & (I(:,:,2) <= channel2Max) & ...
    (I(:,:,3) >= channel3Min) & (I(:,:,3) <= channel3Max);
BW = sliderBW;

% Initialize output masked image based on input image.
maskedRGBImage = RGB;

% Set background pixels where BW is false to zero.
maskedRGBImage(repmat(~BW,[1 1 3])) = 0;

end
```

## 6) G-Code Dreieck fehlerfrei, Anhang 1 Pregl

Dreieck perfekt.nc

```

1 (1001)
2 (T2 D=6 CR=0 - ZMIN=-12 - Nutenfraser
3 (UNITS : MM)
4
5 (Projizieren1)
6 (Insert tool #2)
7 M00
8 M03 S5000
9 M08
10 G00 X-20.3 Y-47.067
11 G00 Z15
12 G00 Z2
13 G01 Z0.6 F1000.
14 G01 X-20.296 Y-47.06 Z0.506
15 G01 X-20.285 Y-47.041 Z0.415
16 G01 X-20.267 Y-47.01 Z0.328
17 G01 X-20.243 Y-46.967 Z0.247
18 G01 X-20.212 Y-46.914 Z0.176
19 G01 X-20.176 Y-46.852 Z0.115
20 G01 X-20.136 Y-46.783 Z0.065
21 G01 X-20.093 Y-46.708 Z0.029
22 G01 X-20.047 Y-46.628 Z0.007
23 G01 X-20 Y-46.547 Z0
24 G01 X0 Y-11.906
25 G01 X20 Y-46.547
26 G01 X-20
27 G01 X-20.094 Z0.007
28 G01 X-20.185 Z0.029
29 G01 X-20.272 Z0.065
30 G01 X-20.353 Z0.115
31 G01 X-20.424 Z0.176
32 G01 X-20.485 Z0.247
33 G01 X-20.535 Z0.328
34 G01 X-20.571 Z0.415
35 G01 X-20.593 Z0.506
36 G01 X-20.6 Z0.6
37 G00 Z5
38 G00 X-0.3 Y-89.386
39 G00 Z2
40 G01 Z0.6 F1000
41 G01 X-0.296 Y-89.393 Z0.506
42 G01 X-0.285 Y-89.412 Z0.415
43 G01 X-0.267 Y-89.443 Z0.328
44 G01 X-0.243 Y-89.486 Z0.247
45 G01 X-0.212 Y-89.539 Z0.176
46 G01 X-0.176 Y-89.601 Z0.115
47 G01 X-0.136 Y-89.67 Z0.065
48 G01 X-0.093 Y-89.745 Z0.029
49 G01 X-0.047 Y-89.825 Z0.007
50 G01 X0 Y-89.906 Z0
51 G01 X20 Y-124.547
52 G01 X-20
53 G01 X0 Y-89.906
54 G01 X0.047 Y-89.825 Z0.007

```

Dreieck perfekt.nc

```

55 G01 X0.093 Y-89.745 Z0.029
56 G01 X0.136 Y-89.67 Z0.065
57 G01 X0.176 Y-89.601 Z0.115
58 G01 X0.212 Y-89.539 Z0.176
59 G01 X0.243 Y-89.486 Z0.247
60 G01 X0.267 Y-89.443 Z0.328
61 G01 X0.285 Y-89.412 Z0.415
62 G01 X0.296 Y-89.393 Z0.506
63 G01 X0.3 Y-89.386 Z0.6
64 G00 Z5
65 G00 X-0.3 Y-167.386
66 G00 Z2
67 G01 Z0.6 F1000
68 G01 X-0.296 Y-167.393 Z0.506
69 G01 X-0.285 Y-167.412 Z0.415
70 G01 X-0.267 Y-167.443 Z0.328
71 G01 X-0.243 Y-167.486 Z0.247
72 G01 X-0.212 Y-167.539 Z0.176
73 G01 X-0.176 Y-167.601 Z0.115
74 G01 X-0.136 Y-167.67 Z0.065
75 G01 X-0.093 Y-167.745 Z0.029
76 G01 X-0.047 Y-167.825 Z0.007
77 G01 X0 Y-167.906 Z0
78 G01 X20 Y-202.547
79 G01 X-20
80 G01 X0 Y-167.906
81 G01 X0.047 Y-167.825 Z0.007
82 G01 X0.093 Y-167.745 Z0.029
83 G01 X0.136 Y-167.67 Z0.065
84 G01 X0.176 Y-167.601 Z0.115
85 G01 X0.212 Y-167.539 Z0.176
86 G01 X0.243 Y-167.486 Z0.247
87 G01 X0.267 Y-167.443 Z0.328
88 G01 X0.285 Y-167.412 Z0.415
89 G01 X0.296 Y-167.393 Z0.506
90 G01 X0.3 Y-167.386 Z0.6
91 G00 Z5
92 G00 X-0.3 Y-245.386
93 G00 Z2
94 G01 Z0.6 F1000
95 G01 X-0.296 Y-245.393 Z0.506
96 G01 X-0.285 Y-245.412 Z0.415
97 G01 X-0.267 Y-245.443 Z0.328
98 G01 X-0.243 Y-245.486 Z0.247
99 G01 X-0.212 Y-245.539 Z0.176
100 G01 X-0.176 Y-245.601 Z0.115
101 G01 X-0.136 Y-245.67 Z0.065
102 G01 X-0.093 Y-245.745 Z0.029
103 G01 X-0.047 Y-245.825 Z0.007
104 G01 X0 Y-245.906 Z0
105 G01 X20 Y-280.547
106 G01 X-20
107 G01 X0 Y-245.906
108 G01 X0.047 Y-245.825 Z0.007
109 G01 X0.093 Y-245.745 Z0.029

```

Dreieck perfekt.nc

```

105 G01 X0.025 Y-245.745 Z0.025
110 G01 X0.136 Y-245.67 Z0.065
111 G01 X0.176 Y-245.601 Z0.115
112 G01 X0.212 Y-245.539 Z0.176
113 G01 X0.243 Y-245.486 Z0.247
114 G01 X0.267 Y-245.443 Z0.328
115 G01 X0.285 Y-245.412 Z0.415
116 G01 X0.296 Y-245.393 Z0.506
117 G01 X0.3 Y-245.386 Z0.6
118 G00 Z15
119
120 (2D-Konturi)
121 (Insert tool #2)
122 M00
123 M03 S5000
124 M08
125 G00 X-0.933 Y-153.011
126 G00 Z15
127 G00 Z5
128 G01 Z4 F333.3
129 G01 Z-3
130 G03 X0.933 Y-228.989 I0.933 J-37.989
131 G03 X38 Y-191 I-0.933 J37.989
132 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
133 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
134 G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38
135 G01 Z4
136 G01 Z5
137 G00 X-0.188 Y-151
138 G01 Z4 F333.3
139 G01 Z-3
140 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
141 G03 X0 Y-75 I0 J38
142 G03 X-38 Y-113 I0 J-38
143 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
144 G01 Z4
145 G01 Z5
146 G00 X-0.183 Y-73
147 G01 Z4 F333.3
148 G01 Z-3
149 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
150 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
151 G01 X-0.001
152 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
153 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
154 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
155 G01 Z-6 F333.3
156 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
157 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
158 G01 X-0.001
159 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
160 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
161 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
162 G01 Z1
163 G01 Z5

```

Dreieck perfekt.nc

```

165 G01 Z1 F333.3
166 G01 Z-6
167 G03 X-38 Y-113 I0 J-38 F1000
168 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
169 G03 X0 Y-151 I0.094 J38
170 G03 X0 Y-75 I0 J38
171 G01 Z1
172 G01 Z5
173 G00 Y-73
174 G01 Z-2 F333.3
175 G01 Z-9
176 G03 X0 Y3 I0 J38 F1000
177 G01 X-0.001
178 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
179 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
180 G03 X0 Y-73 I38 J0
181 G01 Z-2
182 G01 Z5
183 G00 X-0.188 Y-231
184 G01 Z4 F333.3
185 G01 Z-3
186 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
187 G03 X38 Y-269 I38 J0
188 G03 X0 Y-231 I-38 J0
189 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
190 G01 Z-6 F333.3
191 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
192 G03 X38 Y-269 I38 J0
193 G03 X0 Y-231 I-38 J0
194 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
195 G01 Z1
196 G01 Z5
197 G00 X-0.183 Y-229
198 G01 Z1 F333.3
199 G01 Z-6
200 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
201 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
202 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
203 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
204 G01 Z-9 F333.3
205 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
206 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
207 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
208 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
209 G01 Z-2
210 G01 Z5
211 G00 X-0.188 Y-231
212 G01 Z-2 F333.3
213 G01 Z-9
214 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
215 G03 X38 Y-269 I38 J0
216 G03 X0 Y-231 I-38 J0
217 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
218 G01 Z-12 F333.3

```

## Anhang

272	G03 X-19.741 Y-158.53 I0.933 J-37.989 F1000	
273	G01 Z-9	
274	G03 X-32.469 Y-171.258 I19.741 J-32.47	
275	G01 Z-12 F333.3	
276	G03 X-32.469 Y-210.742 I32.469 J-19.742 F1000	
277	G01 Z-9	
278	G03 X-19.741 Y-223.47 I32.469 J19.742	
279	G01 Z-12 F333.3	
280	G03 X19.741 Y-223.47 I19.741 J32.47 F1000	
281	G01 Z-9	
282	G03 X32.469 Y-210.742 I-19.741 J32.47	
283	G01 Z-12 F333.3	
284	G03 X38 Y-191 I-32.469 J19.742 F1000	
285	G03 X32.47 Y-171.258 I-38 J0	
286	G01 Z-9	
287	G03 X19.742 Y-158.53 I-32.47 J-19.742	
288	G01 Z-12 F333.3	
289	G03 X0.188 Y-153 I-19.742 J-32.47 F1000	
290	G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38	
291	G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38	
292	G01 Z-5	
293	G01 Z5	
294	G00 X-0.183 Y-73	
295	G01 Z-5 F333.3	
296	G01 Z-12	
297	G03 X19.742 Y-67.47 I0.183 J38 F1000	
298	G01 Z-9	
299	G03 X32.47 Y-54.742 I-19.742 J32.47	
300	G01 Z-12 F333.3	
301	G03 X32.47 Y-15.258 I-32.47 J19.742 F1000	
302	G01 Z-9	
303	G03 X19.742 Y-2.53 I-32.47 J-19.742	
304	G01 Z-12 F333.3	
305	G03 X0 Y3 I-19.742 J-32.47 F1000	
306	G03 X-18.238 Y-1.662 I-0.001 J-38	
307	G03 X-19.742 Y-2.53 I18.238 J-33.337	
308	G01 Z-9	
309	G03 X-32.47 Y-15.258 I19.742 J-32.469	
310	G01 Z-12 F333.3	
311	G03 X-38 Y-35 I32.47 J-19.741 F1000	
312	G03 X-32.47 Y-54.742 I38 J0	
313	G01 Z-9	
314	G03 X-19.742 Y-67.47 I32.47 J19.742	
315	G01 Z-12 F333.3	
316	G03 X-0.183 Y-73 I19.742 J32.47 F1000	
317	G01 Z5	
318	G00 Z15	
319	M09	
320	M05	
321		

Dreieck perfekt.nc

218	G01 Z-12 F333.3
219	G03 X-19.742 Y-236.53 I0.189 J-38 F1000
220	G01 Z-9
221	G03 X-32.47 Y-249.258 I19.742 J-32.47
222	G01 Z-12 F333.3
223	G03 X-38 Y-269 I32.47 J-19.742 F1000
224	G03 X-32.469 Y-288.742 I38 J0
225	G01 Z-9
226	G03 X-19.741 Y-301.47 I32.469 J19.742
227	G01 Z-12 F333.3
228	G03 X19.741 Y-301.47 I19.741 J32.47 F1000
229	G01 Z-9
230	G03 X32.469 Y-288.742 I-19.741 J32.47
231	G01 Z-12 F333.3
232	G03 X32.469 Y-249.258 I-32.469 J19.742 F1000
233	G01 Z-9
234	G03 X19.741 Y-236.53 I-32.469 J-19.742
235	G01 Z-12 F333.3
236	G03 X0 Y-231 I-19.741 J-32.47 F1000
237	G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
238	G01 Z-5
239	G01 Z5
240	G00 Y-151
241	G01 Z-2 F333.3
242	G01 Z-9
243	G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
244	G03 X0 Y-75 I0 J38
245	G03 X-38 Y-113 I0 J-38
246	G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
247	G01 Z-12 F333.3
248	G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
249	G03 X19.741 Y-145.47 I0 J38
250	G01 Z-9
251	G03 X32.469 Y-132.742 I-19.741 J32.47
252	G01 Z-12 F333.3
253	G03 X32.47 Y-93.258 I-32.469 J19.742 F1000
254	G01 Z-9
255	G03 X19.742 Y-80.53 I-32.47 J-19.742
256	G01 Z-12 F333.3
257	G03 X-19.742 Y-80.53 I-19.742 J-32.47 F1000
258	G01 Z-9
259	G03 X-32.47 Y-93.258 I19.742 J-32.47
260	G01 Z-12 F333.3
261	G03 X-38 Y-113 I32.47 J-19.742 F1000
262	G03 X-32.47 Y-132.742 I38 J0
263	G01 Z-9
264	G03 X-19.742 Y-145.47 I32.47 J19.742
265	G01 Z-12 F333.3
266	G03 X-0.188 Y-151 I19.742 J32.47 F1000
267	G01 Z-5
268	G01 Z5
269	G00 X-0.933 Y-153.011
270	G01 Z-5 F333.3
271	G01 Z-12

PLOT

PLOT

## 7) G-Code Variante2 Fehler 1: Anhang 2 Pregl

Dreieck Fehler 1.nc

```

1 (1001)
2 (T2 D=6 CR=0 - ZMIN=-12 - Nutenfraser)
3 (UNITS : MM)
4
5 (Projizieren1)
6 (Insert tool #2)
7 M00
8 M03 S5000
9 M08
10 G00 X-6.3 Y-22.818
11 G00 Z15
12 G00 Z2
13 G01 Z0.6 F1000
14 G01 X-6.296 Y-22.812 Z0.506
15 G01 X-6.285 Y-22.792 Z0.415
16 G01 X-6.267 Y-22.761 Z0.328
17 G01 X-6.243 Y-22.719 Z0.247
18 G01 X-6.212 Y-22.666 Z0.176
19 G01 X-6.176 Y-22.604 Z0.115
20 G01 X-6.136 Y-22.534 Z0.065
21 G01 X-6.093 Y-22.459 Z0.029
22 G01 X-6.047 Y-22.38 Z0.007
23 G01 X-6 Y-22.298 Z0
24 G01 X0 Y-11.906
25 G01 X20 Y-46.547
26 G01 X-20
27 G01 X-14 Y-36.155
28 G01 X-13.953 Y-36.073 Z0.007
29 G01 X-13.907 Y-35.994 Z0.029
30 G01 X-13.864 Y-35.919 Z0.065
31 G01 X-13.824 Y-35.849 Z0.115
32 G01 X-13.788 Y-35.787 Z0.176
33 G01 X-13.757 Y-35.734 Z0.247
34 G01 X-13.733 Y-35.692 Z0.328
35 G01 X-13.715 Y-35.661 Z0.415
36 G01 X-13.704 Y-35.641 Z0.506
37 G01 X-13.7 Y-35.635 Z0.6
38 G00 Z5
39 G00 X-6.3 Y-100.818
40 G00 Z2
41 G01 Z0.6 F1000
42 G01 X-6.296 Y-100.811 Z0.506
43 G01 X-6.285 Y-100.792 Z0.415
44 G01 X-6.267 Y-100.761 Z0.328
45 G01 X-6.243 Y-100.718 Z0.247
46 G01 X-6.212 Y-100.665 Z0.176
47 G01 X-6.176 Y-100.603 Z0.115
48 G01 X-6.136 Y-100.534 Z0.065
49 G01 X-6.093 Y-100.459 Z0.029
50 G01 X-6.047 Y-100.379 Z0.007
51 G01 X-6 Y-100.298 Z0
52 G01 X0 Y-89.906
53 G01 X20 Y-124.547
54 G01 X-20

```

Dreieck Fehler 1.nc

```

55 G01 X-14 Y-114.155
56 G01 X-13.953 Y-114.074 Z0.007
57 G01 X-13.907 Y-113.994 Z0.029
58 G01 X-13.864 Y-113.919 Z0.065
59 G01 X-13.824 Y-113.85 Z0.115
60 G01 X-13.788 Y-113.788 Z0.176
61 G01 X-13.757 Y-113.735 Z0.247
62 G01 X-13.733 Y-113.692 Z0.328
63 G01 X-13.715 Y-113.661 Z0.415
64 G01 X-13.704 Y-113.642 Z0.506
65 G01 X-13.7 Y-113.635 Z0.6
66 G00 Z5
67 G00 X-6.3 Y-178.818
68 G00 Z2
69 G01 Z0.6 F1000
70 G01 X-6.296 Y-178.811 Z0.506
71 G01 X-6.285 Y-178.792 Z0.415
72 G01 X-6.267 Y-178.761 Z0.328
73 G01 X-6.243 Y-178.718 Z0.247
74 G01 X-6.212 Y-178.665 Z0.176
75 G01 X-6.176 Y-178.603 Z0.115
76 G01 X-6.136 Y-178.534 Z0.065
77 G01 X-6.093 Y-178.459 Z0.029
78 G01 X-6.047 Y-178.379 Z0.007
79 G01 X-6 Y-178.298 Z0
80 G01 X0 Y-167.906
81 G01 X20 Y-202.547
82 G01 X-20
83 G01 X-14 Y-192.155
84 G01 X-13.953 Y-192.074 Z0.007
85 G01 X-13.907 Y-191.994 Z0.029
86 G01 X-13.864 Y-191.919 Z0.065
87 G01 X-13.824 Y-191.85 Z0.115
88 G01 X-13.788 Y-191.788 Z0.176
89 G01 X-13.757 Y-191.735 Z0.247
90 G01 X-13.733 Y-191.692 Z0.328
91 G01 X-13.715 Y-191.661 Z0.415
92 G01 X-13.704 Y-191.642 Z0.506
93 G01 X-13.7 Y-191.635 Z0.6
94 G00 Z5
95 G00 X-6.3 Y-256.818
96 G00 Z2
97 G01 Z0.6 F1000
98 G01 X-6.296 Y-256.811 Z0.506
99 G01 X-6.285 Y-256.792 Z0.415
100 G01 X-6.267 Y-256.761 Z0.328
101 G01 X-6.243 Y-256.718 Z0.247
102 G01 X-6.212 Y-256.665 Z0.176
103 G01 X-6.176 Y-256.603 Z0.115
104 G01 X-6.136 Y-256.534 Z0.065
105 G01 X-6.093 Y-256.459 Z0.029
106 G01 X-6.047 Y-256.379 Z0.007
107 G01 X-6 Y-256.298 Z0
108 G01 X0 Y-245.906
109 G01 X20 Y-280.547

```

Dreieck Fehler 1.nc

```

107 G01 X20 Y-200.547
110 G01 X-20
111 G01 X-14 Y-270.155
112 G01 X-13.953 Y-270.074 Z0.007
113 G01 X-13.907 Y-269.994 Z0.029
114 G01 X-13.864 Y-269.919 Z0.065
115 G01 X-13.824 Y-269.85 Z0.115
116 G01 X-13.788 Y-269.788 Z0.176
117 G01 X-13.757 Y-269.735 Z0.247
118 G01 X-13.733 Y-269.692 Z0.328
119 G01 X-13.715 Y-269.661 Z0.415
120 G01 X-13.704 Y-269.642 Z0.506
121 G01 X-13.7 Y-269.635 Z0.6
122 G00 Z15
123
124 (2D-Kontur1)
125 (Insert tool #2)
126 M00
127 M03 S5000
128 M08
129 G00 X-0.933 Y-153.011
130 G00 Z15
131 G00 Z5
132 G01 Z4 F333.3
133 G01 Z-3
134 G03 X0.933 Y-228.989 I0.933 J-37.989
135 G03 X38 Y-191 I-0.933 J37.989
136 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
137 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
138 G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38
139 G01 Z4
140 G01 Z5
141 G00 X-0.188 Y-151
142 G01 Z4 F333.3
143 G01 Z-3
144 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
145 G03 X0 Y-75 I0 J38
146 G03 X-38 Y-113 I0 J-38
147 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
148 G01 Z4
149 G01 Z5
150 G00 X-0.183 Y-73
151 G01 Z4 F333.3
152 G01 Z-3
153 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
154 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
155 G01 X-0.001
156 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
157 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
158 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
159 G01 Z-6 F333.3
160 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
161 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
162 G01 X-0.001
163 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38

```

Dreieck Fehler 1.nc

```

164 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
165 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
166 G01 Z1
167 G01 Z5
168 G00 X0 Y-75
169 G01 Z1 F333.3
170 G01 Z-6
171 G03 X-38 Y-113 I0 J-38 F1000
172 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
173 G03 X0 Y-151 I0.094 J38
174 G03 X0 Y-75 I0 J38
175 G01 Z1
176 G01 Z5
177 G00 Y-73
178 G01 Z-2 F333.3
179 G01 Z-9
180 G03 X0 Y3 I0 J38 F1000
181 G01 X-0.001
182 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
183 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
184 G03 X0 Y-73 I38 J0
185 G01 Z-2
186 G01 Z5
187 G00 X-0.188 Y-231
188 G01 Z4 F333.3
189 G01 Z-3
190 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
191 G03 X38 Y-269 I38 J0
192 G03 X0 Y-231 I-38 J0
193 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
194 G01 Z-6 F333.3
195 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
196 G03 X38 Y-269 I38 J0
197 G03 X0 Y-231 I-38 J0
198 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
199 G01 Z1
200 G01 Z5
201 G00 X-0.183 Y-229
202 G01 Z1 F333.3
203 G01 Z-6
204 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
205 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
206 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
207 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
208 G01 Z-9 F333.3
209 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
210 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
211 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
212 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
213 G01 Z-2
214 G01 Z5
215 G00 X-0.188 Y-231
216 G01 Z-2 F333.3
217 G01 Z-9

```

## Anhang

### Dreieck Fehler 1.nc

```

218 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
219 G03 X38 Y-269 I38 J0
220 G03 X0 Y-231 I-38 J0
221 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
222 G01 Z-12 F333.3
223 G03 X-19.742 Y-236.53 I0.189 J-38 F1000
224 G01 Z-9
225 G03 X-32.47 Y-249.258 I19.742 J-32.47
226 G01 Z-12 F333.3
227 G03 X-38 Y-269 I32.47 J-19.742 F1000
228 G03 X-32.469 Y-288.742 I38 J0
229 G01 Z-9
230 G03 X-19.741 Y-301.47 I32.469 J19.742
231 G01 Z-12 F333.3
232 G03 X19.741 Y-301.47 I19.741 J32.47 F1000
233 G01 Z-9
234 G03 X32.469 Y-288.742 I-19.741 J32.47
235 G01 Z-12 F333.3
236 G03 X32.469 Y-249.258 I-32.469 J19.742 F1000
237 G01 Z-9
238 G03 X19.741 Y-236.53 I-32.469 J-19.742
239 G01 Z-12 F333.3
240 G03 X0 Y-231 I-19.741 J-32.47 F1000
241 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
242 G01 Z-5
243 G01 Z5
244 G00 Y-151
245 G01 Z-2 F333.3
246 G01 Z-9
247 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
248 G03 X0 Y-75 I0 J38
249 G03 X-38 Y-113 I0 J-38
250 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
251 G01 Z-12 F333.3
252 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
253 G03 X19.741 Y-145.47 I0 J38
254 G01 Z-9
255 G03 X32.469 Y-132.742 I-19.741 J32.47
256 G01 Z-12 F333.3
257 G03 X32.47 Y-93.258 I-32.469 J19.742 F1000
258 G01 Z-9
259 G03 X19.742 Y-80.53 I-32.47 J-19.742
260 G01 Z-12 F333.3
261 G03 X-19.742 Y-80.53 I-19.742 J-32.47 F1000
262 G01 Z-9
263 G03 X-32.47 Y-93.258 I19.742 J-32.47
264 G01 Z-12 F333.3
265 G03 X-38 Y-113 I32.47 J-19.742 F1000
266 G03 X-32.47 Y-132.742 I38 J0
267 G01 Z-9
268 G03 X-19.742 Y-145.47 I32.47 J19.742
269 G01 Z-12 F333.3
270 G03 X-0.188 Y-151 I19.742 J32.47 F1000
271 G01 Z-5

```

PLOT

### Dreieck Fehler 1.nc

```

271 G01 Z-5
272 G01 Z5
273 G03 X-0.933 Y-153.011
274 G01 Z-5 F333.3
275 G01 Z-12
276 G03 X-19.741 Y-158.53 I0.933 J-37.989 F1000
277 G01 Z-9
278 G03 X-32.469 Y-171.258 I19.741 J-32.47
279 G01 Z-12 F333.3
280 G03 X-32.469 Y-210.742 I32.469 J-19.742 F1000
281 G01 Z-9
282 G03 X-19.741 Y-223.47 I32.469 J19.742
283 G01 Z-12 F333.3
284 G03 X19.741 Y-223.47 I19.741 J32.47 F1000
285 G01 Z-9
286 G03 X32.469 Y-210.742 I-19.741 J32.47
287 G01 Z-12 F333.3
288 G03 X38 Y-191 I-32.469 J19.742 F1000
289 G03 X32.47 Y-171.258 I-38 J0
290 G01 Z-9
291 G03 X19.742 Y-158.53 I-32.47 J-19.742
292 G01 Z-12 F333.3
293 G03 X0.188 Y-153 I-19.742 J-32.47 F1000
294 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
295 G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38
296 G01 Z-5
297 G01 Z5
298 G00 X-0.183 Y-73
299 G01 Z-5 F333.3
300 G01 Z-12
301 G03 X19.742 Y-67.47 I0.183 J38 F1000
302 G01 Z-9
303 G03 X32.47 Y-54.742 I-19.742 J32.47
304 G01 Z-12 F333.3
305 G03 X32.47 Y-15.258 I-32.47 J19.742 F1000
306 G01 Z-9
307 G03 X19.742 Y-2.53 I-32.47 J-19.742
308 G01 Z-12 F333.3
309 G03 X0 Y3 I-19.742 J-32.47 F1000
310 G03 X-18.238 Y-1.662 I-0.001 J-38
311 G03 X-19.742 Y-2.53 I18.238 J-33.337
312 G01 Z-9
313 G03 X-32.47 Y-15.258 I19.742 J-32.469
314 G01 Z-12 F333.3
315 G03 X-38 Y-35 I32.47 J-19.741 F1000
316 G03 X-32.47 Y-54.742 I38 J0
317 G01 Z-9
318 G03 X-19.742 Y-67.47 I32.47 J19.742
319 G01 Z-12 F333.3
320 G03 X-0.183 Y-73 I19.742 J32.47 F1000
321 G01 Z5
322 G00 Z15
323 M09
324 M05

```

PLOT

## 8) G-Code Variante3 Fehler 2, Anhang 3 Pregl

Dreieck Fehler 2.nc

```

1 (Dreieck Fehler 2)
2 (T2 D=6 CR=0 - ZMIN=-12 - Nutenfraser)
3 (UNITS : MM)
4
5 (Projizieren1)
6 (Insert tool #2)
7 M00
8 M03 S5000
9 M08
10 G00 X2.6 Y-46.547
11 G00 Z15
12 G00 Z2
13 G01 Z0.6 F1000
14 G01 X2.593 Z0.506
15 G01 X2.571 Z0.415
16 G01 X2.535 Z0.328
17 G01 X2.485 Z0.247
18 G01 X2.424 Z0.176
19 G01 X2.353 Z0.115
20 G01 X2.272 Z0.065
21 G01 X2.185 Z0.029
22 G01 X2.094 Z0.007
23 G01 X2 Z0
24 G01 X-20
25 G01 X0 Y-11.906
26 G01 X12 Y-32.691
27 G01 X12.047 Y-32.772 Z0.007
28 G01 X12.093 Y-32.851 Z0.029
29 G01 X12.136 Y-32.927 Z0.065
30 G01 X12.176 Y-32.996 Z0.115
31 G01 X12.212 Y-33.058 Z0.176
32 G01 X12.243 Y-33.111 Z0.247
33 G01 X12.267 Y-33.154 Z0.328
34 G01 X12.285 Y-33.185 Z0.415
35 G01 X12.296 Y-33.204 Z0.506
36 G01 X12.3 Y-33.21 Z0.6
37 G00 Z5
38 G00 Y-111.211
39 G00 Z2
40 G01 Z0.6 F1000
41 G01 X12.296 Y-111.204 Z0.506
42 G01 X12.285 Y-111.185 Z0.415
43 G01 X12.267 Y-111.154 Z0.328
44 G01 X12.243 Y-111.111 Z0.247
45 G01 X12.212 Y-111.058 Z0.176
46 G01 X12.176 Y-110.996 Z0.115
47 G01 X12.136 Y-110.927 Z0.065
48 G01 X12.093 Y-110.852 Z0.029
49 G01 X12.047 Y-110.772 Z0.007
50 G01 X12 Y-110.691 Z0
51 G01 X0 Y-89.906
52 G01 X-20 Y-124.547
53 G01 X2
54 G01 X2.094 Z0.007

```

Dreieck Fehler 2.nc

```

55 G01 X2.185 Z0.029
56 G01 X2.272 Z0.065
57 G01 X2.353 Z0.115
58 G01 X2.424 Z0.176
59 G01 X2.485 Z0.247
60 G01 X2.535 Z0.328
61 G01 X2.571 Z0.415
62 G01 X2.593 Z0.506
63 G01 X2.6 Z0.6
64 G00 Z5
65 G00 X12.3 Y-189.211
66 G00 Z2
67 G01 Z0.6 F1000
68 G01 X12.296 Y-189.204 Z0.506
69 G01 X12.285 Y-189.185 Z0.415
70 G01 X12.267 Y-189.154 Z0.328
71 G01 X12.243 Y-189.111 Z0.247
72 G01 X12.212 Y-189.058 Z0.176
73 G01 X12.176 Y-188.996 Z0.115
74 G01 X12.136 Y-188.927 Z0.065
75 G01 X12.093 Y-188.852 Z0.029
76 G01 X12.047 Y-188.772 Z0.007
77 G01 X12 Y-188.691 Z0
78 G01 X0 Y-167.906
79 G01 X-20 Y-202.547
80 G01 X2
81 G01 X2.094 Z0.007
82 G01 X2.185 Z0.029
83 G01 X2.272 Z0.065
84 G01 X2.353 Z0.115
85 G01 X2.424 Z0.176
86 G01 X2.485 Z0.247
87 G01 X2.535 Z0.328
88 G01 X2.571 Z0.415
89 G01 X2.593 Z0.506
90 G01 X2.6 Z0.6
91 G00 Z5
92 G00 X12.3 Y-267.211
93 G00 Z2
94 G01 Z0.6 F1000
95 G01 X12.296 Y-267.204 Z0.506
96 G01 X12.285 Y-267.185 Z0.415
97 G01 X12.267 Y-267.154 Z0.328
98 G01 X12.243 Y-267.111 Z0.247
99 G01 X12.212 Y-267.058 Z0.176
100 G01 X12.176 Y-266.996 Z0.115
101 G01 X12.136 Y-266.927 Z0.065
102 G01 X12.093 Y-266.852 Z0.029
103 G01 X12.047 Y-266.772 Z0.007
104 G01 X12 Y-266.691 Z0
105 G01 X0 Y-245.906
106 G01 X-20 Y-280.547
107 G01 X2
108 G01 X2.094 Z0.007
109 G01 X2.185 Z0.029

```

Dreieck Fehler 2.nc

```

105 G01 X2.105 Z0.025
110 G01 X2.272 Z0.065
111 G01 X2.353 Z0.115
112 G01 X2.424 Z0.176
113 G01 X2.485 Z0.247
114 G01 X2.535 Z0.328
115 G01 X2.571 Z0.415
116 G01 X2.593 Z0.506
117 G01 X2.6 Z0.6
118 G00 Z15
119
120 (2D-Konturi)
121 (Insert tool #2)
122 M00
123 M03 S5000
124 M08
125 G00 X-0.933 Y-153.011
126 G00 Z15
127 G00 Z5
128 G01 Z4 F333.3
129 G01 Z-3
130 G03 X0.933 Y-228.989 I0.933 J-37.989
131 G03 X38 Y-191 I-0.933 J37.989
132 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
133 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
134 G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38
135 G01 Z4
136 G01 Z5
137 G00 X-0.188 Y-151
138 G01 Z4 F333.3
139 G01 Z-3
140 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
141 G03 X0 Y-75 I0 J38
142 G03 X-38 Y-113 I0 J-38
143 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
144 G01 Z4
145 G01 Z5
146 G00 X-0.183 Y-73
147 G01 Z4 F333.3
148 G01 Z-3
149 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
150 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
151 G01 X-0.001
152 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
153 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
154 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
155 G01 Z-6 F333.3
156 G03 X38 Y-35.092 I0.183 J38 F1000
157 G03 X0 Y3 I-38 J0.092
158 G01 X-0.001
159 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
160 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
161 G03 X-0.183 Y-73 I38 J0
162 G01 Z1
163 G01 Z5

```

 Dreieck Fehler 2.nc

```

164 G00 X0 Y-75
165 G01 Z1 F333.3
166 G01 Z-6
167 G03 X-38 Y-113 I0 J-38 F1000
168 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
169 G03 X0 Y-151 I0.094 J38
170 G03 X0 Y-75 I0 J38
171 G01 Z1
172 G01 Z5
173 G00 Y-73
174 G01 Z-2 F333.3
175 G01 Z-9
176 G03 X0 Y3 I0 J38 F1000
177 G01 X-0.001
178 G03 X-18.238 Y-1.662 I0 J-38
179 G03 X-38 Y-35 I18.238 J-33.337
180 G03 X0 Y-73 I38 J0
181 G01 Z-2
182 G01 Z5
183 G00 X-0.188 Y-231
184 G01 Z4 F333.3
185 G01 Z-3
186 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
187 G03 X38 Y-269 I38 J0
188 G03 X0 Y-231 I-38 J0
189 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
190 G01 Z-6 F333.3
191 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
192 G03 X38 Y-269 I38 J0
193 G03 X0 Y-231 I-38 J0
194 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
195 G01 Z1
196 G01 Z5
197 G00 X-0.183 Y-229
198 G01 Z1 F333.3
199 G01 Z-6
200 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
201 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
202 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
203 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
204 G01 Z-9 F333.3
205 G03 X38 Y-191 I0.183 J38 F1000
206 G03 X0.188 Y-153 I-38 J0
207 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
208 G03 X-0.183 Y-229 I0 J-38
209 G01 Z-2
210 G01 Z5
211 G00 X-0.188 Y-231
212 G01 Z-2 F333.3
213 G01 Z-9
214 G03 X-38 Y-269 I0.189 J-38 F1000
215 G03 X38 Y-269 I38 J0
216 G03 X0 Y-231 I-38 J0
217 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38

```

Dreieck Fehler 2.nc

```

218 G01 Z-12 F333.3
219 G03 X-19.742 Y-236.53 I0.189 J-38 F1000
220 G01 Z-9
221 G03 X-32.47 Y-249.258 I19.742 J-32.47
222 G01 Z-12 F333.3
223 G03 X-38 Y-269 I32.47 J-19.742 F1000
224 G03 X-32.469 Y-288.742 I38 J0
225 G01 Z-9
226 G03 X-19.741 Y-301.47 I32.469 J19.742
227 G01 Z-12 F333.3
228 G03 X19.741 Y-301.47 I19.741 J32.47 F1000
229 G01 Z-9
230 G03 X32.469 Y-288.742 I-19.741 J32.47
231 G01 Z-12 F333.3
232 G03 X32.469 Y-249.258 I-32.469 J19.742 F1000
233 G01 Z-9
234 G03 X19.741 Y-236.53 I-32.469 J-19.742
235 G01 Z-12 F333.3
236 G03 X0 Y-231 I-19.741 J-32.47 F1000
237 G03 X-0.188 Y-231 I-0.094 J-38
238 G01 Z-5
239 G01 Z5
240 G00 Y-151
241 G01 Z-2 F333.3
242 G01 Z-9
243 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
244 G03 X0 Y-75 I0 J38
245 G03 X-38 Y-113 I0 J-38
246 G03 X-0.188 Y-151 I38 J0
247 G01 Z-12 F333.3
248 G03 X0 Y-151 I0.094 J38 F1000
249 G03 X19.741 Y-145.47 I0 J38
250 G01 Z-9
251 G03 X32.469 Y-132.742 I-19.741 J32.47
252 G01 Z-12 F333.3
253 G03 X32.47 Y-93.258 I-32.469 J19.742 F1000
254 G01 Z-9
255 G03 X19.742 Y-80.53 I-32.47 J-19.742
256 G01 Z-12 F333.3
257 G03 X-19.742 Y-80.53 I-19.742 J-32.47 F1000
258 G01 Z-9
259 G03 X-32.47 Y-93.258 I19.742 J-32.47
260 G01 Z-12 F333.3
261 G03 X-38 Y-113 I32.47 J-19.742 F1000
262 G03 X-32.47 Y-132.742 I38 J0
263 G01 Z-9
264 G03 X-19.742 Y-145.47 I32.47 J19.742
265 G01 Z-12 F333.3
266 G03 X-0.188 Y-151 I19.742 J32.47 F1000
267 G01 Z-5
268 G01 Z5
269 G00 X-0.933 Y-153.011
270 G01 Z-5 F333.3
271 G01 Z-12
272 G03 X-19.741 Y-158.53 I0.933 J-37.989 F1000
273 G01 Z-9
274 G03 X-32.469 Y-171.258 I19.741 J-32.47
275 G01 Z-12 F333.3
276 G03 X-32.469 Y-210.742 I32.469 J-19.742 F1000
277 G01 Z-9
278 G03 X-19.741 Y-223.47 I32.469 J19.742
279 G01 Z-12 F333.3
280 G03 X19.741 Y-223.47 I19.741 J32.47 F1000
281 G01 Z-9
282 G03 X32.469 Y-210.742 I-19.741 J32.47
283 G01 Z-12 F333.3
284 G03 X38 Y-191 I-32.469 J19.742 F1000
285 G03 X32.47 Y-171.258 I-38 J0
286 G01 Z-9
287 G03 X19.742 Y-158.53 I-32.47 J-19.742
288 G01 Z-12 F333.3
289 G03 X0.188 Y-153 I-19.742 J-32.47 F1000
290 G03 X0 Y-153 I-0.094 J-38
291 G03 X-0.933 Y-153.011 I0 J-38
292 G01 Z-5
293 G01 Z5
294 G00 X-0.183 Y-73
295 G01 Z-5 F333.3
296 G01 Z-12
297 G03 X19.742 Y-67.47 I0.183 J38 F1000
298 G01 Z-9
299 G03 X32.47 Y-54.742 I-19.742 J32.47
300 G01 Z-12 F333.3
301 G03 X32.47 Y-15.258 I-32.47 J19.742 F1000
302 G01 Z-9
303 G03 X19.742 Y-2.53 I-32.47 J-19.742
304 G01 Z-12 F333.3
305 G03 X0 Y3 I-19.742 J-32.47 F1000
306 G03 X-18.238 Y-1.662 I-0.001 J-38
307 G03 X-19.742 Y-2.53 I18.238 J-33.337
308 G01 Z-9
309 G03 X-32.47 Y-15.258 I19.742 J-32.469
310 G01 Z-12 F333.3
311 G03 X-38 Y-35 I32.47 J-19.741 F1000
312 G03 X-32.47 Y-54.742 I38 J0
313 G01 Z-9
314 G03 X-19.742 Y-67.47 I32.47 J19.742
315 G01 Z-12 F333.3
316 G03 X-0.183 Y-73 I19.742 J32.47 F1000
317 G01 Z5
318 G00 Z15
319 M09
320 M05
321

```

PLOT

PLOT

## 9) G-Code Ausschnitt Variante 4 Sondermotiv 1 Schnabeltier:, Anhang 4 Pregl

	platypus.nc	platypus.nc
6	(Gravieren1)	60 G01 X-13.972 Y-14.741 Z-1.106
7	(Insert tool #7)	61 G01 X-13.946 Y-14.857 Z-1.034
8	M00	62 G01 X-13.932 Y-14.937 Z-0.996
9	M03 S5000	63 G01 X-13.923 Y-14.99 Z-0.976
10	M08	64 G01 X-13.915 Y-15.051 Z-0.961
11	G00 X-17.845 Y-14.236	65 G01 X-13.911 Y-15.087 Z-0.956
12	G00 Z15	66 G01 X-13.904 Y-15.143 Z-0.953
13	G00 Z5	67 G01 X-13.898 Y-15.193 Z-0.955
14	G01 Z0 F1000	68 G01 X-13.892 Y-15.247 Z-0.961
15	G01 X-17.802 Y-14.234 Z-0.048	69 G01 X-13.887 Y-15.283 Z-0.969
16	G01 X-17.747 Y-14.23 Z-0.098	70 G01 X-13.87 Y-15.375 Z-1
17	G01 X-17.609 Y-14.215 Z-0.21	71 G01 X-13.868 Y-15.388 Z-1.005
18	G01 X-17.472 Y-14.196 Z-0.307	72 G01 X-13.85 Y-15.473 Z-1.044
19	G01 X-17.327 Y-14.177 Z-0.402	73 G01 X-13.818 Y-15.586 Z-1.114
20	G01 X-17.048 Y-14.144 Z-0.58	74 G01 X-13.779 Y-15.698 Z-1.201
21	G01 X-16.848 Y-14.124 Z-0.707	75 G01 X-13.765 Y-15.737 Z-1.234
22	G01 X-16.716 Y-14.111 Z-0.792	76 G01 X-13.835 Y-15.819 Z-1.13
23	G01 X-16.502 Y-14.089 Z-0.927	77 G01 X-14.116 Y-16.139 Z-0.734
24	G01 X-15.997 Y-14.026 Z-1.233	78 G01 X-14.186 Y-16.223 Z-0.638
25	G01 X-15.747 Y-13.992 Z-1.383	79 G01 X-14.252 Y-16.298 Z-0.554
26	G01 X-15.687 Y-14.054 Z-1.3	80 G01 X-14.346 Y-16.411 Z-0.436
27	G01 X-15.625 Y-14.111 Z-1.226	81 G01 X-14.416 Y-16.489 Z-0.352
28	G01 X-15.513 Y-14.206 Z-1.105	82 G01 X-14.448 Y-16.519 Z-0.312
29	G01 X-15.432 Y-14.265 Z-1.035	83 G01 X-14.486 Y-16.548 Z-0.262
30	G01 X-15.399 Y-14.286 Z-1.01	84 G01 X-14.514 Y-16.566 Z-0.218
31	G01 X-15.304 Y-14.345 Z-0.946	85 G01 X-14.522 Y-16.57 Z-0.205
32	G01 X-15.248 Y-14.375 Z-0.915	86 G01 X-14.531 Y-16.576 Z-0.188
33	G01 X-15.176 Y-14.408 Z-0.886	87 G01 X-14.522 Y-16.57 Z-0.205
34	G01 X-15.107 Y-14.434 Z-0.867	88 G01 X-14.514 Y-16.566 Z-0.218
35	G01 X-15.076 Y-14.445 Z-0.861	89 G01 X-14.486 Y-16.548 Z-0.262
36	G01 X-14.972 Y-14.476 Z-0.849	90 G01 X-14.448 Y-16.519 Z-0.312
37	G01 X-14.884 Y-14.497	91 G01 X-14.416 Y-16.489 Z-0.352
38	G01 X-14.77 Y-14.521 Z-0.855	92 G01 X-14.346 Y-16.411 Z-0.436
39	G01 X-14.648 Y-14.545 Z-0.867	93 G01 X-14.252 Y-16.298 Z-0.554
40	G01 X-14.51 Y-14.572 Z-0.885	94 G01 X-14.186 Y-16.223 Z-0.638
41	G01 X-14.368 Y-14.601 Z-0.912	95 G01 X-14.116 Y-16.139 Z-0.734
42	G01 X-14.288 Y-14.62 Z-0.934	96 G01 X-13.835 Y-15.819 Z-1.13
43	G01 X-14.18 Y-14.651 Z-0.975	97 G01 X-13.765 Y-15.737 Z-1.234
44	G01 X-14.11 Y-14.678 Z-1.011	98 G01 X-13.673 Y-15.756 Z-1.164
45	G01 X-14.039 Y-14.708 Z-1.056	99 G01 X-13.584 Y-15.769 Z-1.103
46	G01 X-13.972 Y-14.741 Z-1.106	100 G01 X-13.461 Y-15.778 Z-1.035
47	G01 X-13.791 Y-14.595 Z-0.837	101 G01 X-13.374 Y-15.779 Z-0.993
48	G01 X-13.563 Y-14.413 Z-0.498	102 G01 X-13.247 Y-15.77 Z-0.95
49	G01 X-13.482 Y-14.35 Z-0.373	103 G01 X-13.198 Y-15.765 Z-0.937
50	G01 X-13.423 Y-14.303 Z-0.275	104 G01 X-13.097 Y-15.747 Z-0.917
51	G01 X-13.382 Y-14.271 Z-0.201	105 G01 X-13.041 Y-15.735 Z-0.91
52	G01 X-13.368 Y-14.258 Z-0.172	106 G01 X-12.937 Y-15.71 Z-0.902
53	G01 X-13.36 Y-14.253 Z-0.156	107 G01 X-12.851 Y-15.686 Z-0.898
54	G01 X-13.368 Y-14.258 Z-0.172	108 G01 X-12.692 Y-15.638 Z-0.896
55	G01 X-13.382 Y-14.271 Z-0.201	109 G01 X-12.463 Y-15.562
56	G01 X-13.423 Y-14.303 Z-0.275	110 G01 X-12.249 Y-15.484 Z-0.897
57	G01 X-13.482 Y-14.35 Z-0.373	111 G01 X-12.05 Y-15.408 Z-0.899
58	G01 X-13.563 Y-14.413 Z-0.498	112 G01 X-11.843 Y-15.32 Z-0.902
59	G01 X-13.791 Y-14.595 Z-0.837	113 G01 X-11.707 Y-15.256 Z-0.907

 platypus.nc

```

114 G01 X-11.644 Y-15.224 Z-0.91
115 G01 X-11.566 Y-15.181 Z-0.917
116 G01 X-11.496 Y-15.136 Z-0.927
117 G01 X-11.45 Y-15.106 Z-0.936
118 G01 X-11.406 Y-15.07 Z-0.948
119 G01 X-11.362 Y-15.033 Z-0.965
120 G01 X-11.298 Y-14.966 Z-0.994
121 G01 X-11.281 Y-14.946 Z-1.002
122 G01 X-11.274 Y-14.93 Z-0.999
123 G01 X-11.245 Y-14.854 Z-0.988
124 G01 X-11.211 Y-14.751 Z-0.975
125 G01 X-11.174 Y-14.617 Z-0.963
126 G01 X-11.135 Y-14.464 Z-0.952
127 G01 X-11.09 Y-14.266 Z-0.939
128 G01 X-11.054 Y-14.098 Z-0.931
129 G01 X-10.925 Y-13.471 Z-0.919
130 G01 X-10.903 Y-13.375 Z-0.921
131 G01 X-10.825 Y-13.049
132 G01 X-10.733 Y-12.695 Z-0.911
133 G01 X-10.627 Y-12.316 Z-0.909
134 G01 X-10.513 Y-11.951 Z-0.902
135 G01 X-10.437 Y-11.717 Z-0.903
136 G01 X-10.397 Y-11.598 Z-0.9
137 G01 X-10.327 Y-11.403
138 G01 X-10.276 Y-11.263 Z-0.897
139 G01 X-10.213 Y-11.098
140 G01 X-10.153 Y-10.947 Z-0.895
141 G01 X-10.096 Y-10.81 Z-0.897
142 G01 X-10.028 Y-10.651 Z-0.895
143 G01 X-9.978 Y-10.541 Z-0.898
144 G01 X-9.902 Y-10.378
145 G01 X-9.861 Y-10.296 Z-0.901
146 G01 X-9.773 Y-10.127 Z-0.904
147 G01 X-9.745 Y-10.078 Z-0.907
148 G01 X-9.636 Y-9.893 Z-0.915
149 G01 X-9.53 Y-9.738 Z-0.924
150 G01 X-9.503 Y-9.703 Z-0.925
151 G01 X-9.439 Y-9.626 Z-0.93
152 G01 X-9.398 Y-9.583 Z-0.932
153 G01 X-9.354 Y-9.544 Z-0.927
154 G01 X-9.271 Y-9.484 Z-0.916
155 G01 X-9.188 Y-9.434 Z-0.906
156 G01 X-9.156 Y-9.417 Z-0.901
157 G01 X-9.067 Y-9.376 Z-0.897
158 G01 X-8.961 Y-9.336 Z-0.894
159 G01 X-8.923 Y-9.322 Z-0.895
160 G01 X-8.838 Y-9.296
161 G01 X-8.703 Y-9.259 Z-0.897
162 G01 X-8.555 Y-9.223 Z-0.901
163 G01 X-8.384 Y-9.187 Z-0.905
164 G01 X-8.175 Y-9.15 Z-0.908
165 G01 X-7.958 Y-9.116 Z-0.909
166 G01 X-7.844 Y-9.101 Z-0.906
167 G01 X-7.447 Y-9.055 Z-0.904
168 G01 X-6.985 Y-9.018 Z-0.908

```

 platypus.nc

```

168 G01 X-6.985 Y-9.018 Z-0.908
169 G01 X-6.652 Y-9.003 Z-0.889
170 G01 X-6.463 Y-8.997
171 G01 X-6.281 Z-0.886
172 G01 X-6.092 Y-9 Z-0.888
173 G01 X-5.887 Y-9.006 Z-0.893
174 G01 X-5.407 Y-9.037 Z-0.907
175 G01 X-5.015 Y-9.076 Z-0.916
176 G01 X-4.891 Y-9.09 Z-0.921
177 G01 X-4.566 Y-9.135 Z-0.924
178 G01 X-4.396 Y-9.16 Z-0.93
179 G01 X-4.14 Y-9.206 Z-0.927
180 G01 X-3.928 Y-9.246 Z-0.93
181 G01 X-3.715 Y-9.294 Z-0.929
182 G01 X-3.511 Y-9.346 Z-0.927
183 G01 X-3.395 Y-9.38 Z-0.924
184 G01 X-3.271 Y-9.42
185 G01 X-3.237 Y-9.432
186 G01 X-3.089 Y-9.489 Z-0.929
187 G01 X-2.992 Y-9.533 Z-0.935
188 G01 X-2.928 Y-9.564 Z-0.936
189 G01 X-2.856 Y-9.602 Z-0.942
190 G01 X-2.711 Y-9.69 Z-0.953
191 G01 X-2.611 Y-9.767 Z-0.964
192 G01 X-2.533 Y-9.841 Z-0.966
193 G01 X-2.518 Y-9.856 Z-0.964
194 G01 X-2.456 Y-9.928 Z-0.96
195 G01 X-2.386 Y-10.027 Z-0.95
196 G01 X-2.367 Y-10.057 Z-0.949
197 G01 X-2.317 Y-10.142 Z-0.941
198 G01 X-2.253 Y-10.263 Z-0.931
199 G01 X-2.194 Y-10.39 Z-0.923
200 G01 X-2.135 Y-10.527 Z-0.916
201 G01 X-2.076 Y-10.674 Z-0.912
202 G01 X-2.014 Y-10.835 Z-0.908
203 G01 X-1.879 Y-11.207 Z-0.906
204 G01 X-1.739 Y-11.609 Z-0.908
205 G01 X-1.681 Y-11.784 Z-0.91
206 G01 X-1.628 Y-11.949 Z-0.914
207 G01 X-1.574 Y-12.136 Z-0.923
208 G01 X-1.515 Y-12.375 Z-0.94
209 G01 X-1.493 Y-12.485 Z-0.953
210 G01 X-1.463 Y-12.674 Z-0.973
211 G01 X-1.456 Y-12.749 Z-0.982
212 G01 X-1.451 Y-12.828 Z-0.993
213 G01 X-1.45 Y-12.9 Z-0.999
214 G01 X-1.451 Y-12.941
215 G01 X-1.46 Y-13.042 Z-0.991
216 G01 X-1.487 Y-13.163 Z-0.972
217 G01 X-1.532 Y-13.343 Z-0.94
218 G01 X-1.554 Y-13.425 Z-0.93
219 G01 X-1.572 Y-13.499 Z-0.923
220 G01 X-1.63 Y-13.712 Z-0.912
221 G01 X-1.702 Y-13.99
222 G01 X-1.707 Y-14.01 Z-0.913

```

	platypus.nc	platypus.nc
222	G01 X-1.777 Y-14.315 Z-0.917	
223	G01 X-1.777 Y-14.315 Z-0.917	277 G01 X0.441 Y-16.687 Z-1.046
224	G01 X-1.798 Y-14.412 Z-0.922	278 G01 X0.543 Y-16.734 Z-1.01
225	G01 X-1.834 Y-14.62 Z-0.92	279 G01 X0.601 Y-16.763 Z-0.993
226	G01 X-1.863 Y-14.801 Z-0.923	280 G01 X0.712 Y-16.822 Z-0.967
227	G01 X-1.877 Y-14.919 Z-0.919	281 G01 X0.838 Y-16.89 Z-0.947
228	G01 X-1.904 Y-15.207 Z-0.918	282 G01 X1.014 Y-16.988 Z-0.925
229	G01 X-1.912 Y-15.473 Z-0.915	283 G01 X1.311 Y-17.154 Z-0.908
230	G01 Y-15.539 Z-0.919	284 G01 X1.477 Y-17.244 Z-0.905
231	G01 X-1.904 Y-15.698 Z-0.916	285 G01 X1.602 Y-17.31 Z-0.9
232	G01 X-1.889 Y-15.903 Z-0.92	286 G01 X1.878 Y-17.446 Z-0.891
233	G01 X-1.886 Y-15.928 Z-0.919	287 G01 X1.96 Y-17.485
234	G01 X-1.848 Y-16.196 Z-0.918	288 G01 X2.134 Y-17.562 Z-0.888
235	G01 X-1.812 Y-16.375 Z-0.91	289 G01 X2.247 Y-17.61 Z-0.891
236	G01 X-1.789 Y-16.467 Z-0.906	290 G01 X2.354 Y-17.652 Z-0.896
237	G01 X-1.752 Y-16.593 Z-0.897	291 G01 X2.462 Y-17.688 Z-0.907
238	G01 X-1.691 Y-16.76 Z-0.882	292 G01 X2.539 Y-17.71 Z-0.919
239	G01 X-1.653 Y-16.846 Z-0.88	293 G01 X2.589 Y-17.723 Z-0.93
240	G01 X-1.625 Y-16.903 Z-0.882	294 G01 X2.685 Y-17.741 Z-0.954
241	G01 X-1.594 Y-16.96 Z-0.887	295 G01 X2.765 Y-17.749 Z-0.984
242	G01 X-1.55 Y-17.028 Z-0.901	296 G01 X2.846 Y-17.753 Z-1.022
243	G01 X-1.536 Y-17.049 Z-0.906	297 G01 X2.971 Y-17.751 Z-1.087
244	G01 X-1.484 Y-17.115 Z-0.927	298 G01 X3.044 Y-17.744 Z-1.132
245	G01 X-1.419 Y-17.181 Z-0.955	299 G01 X3.118 Y-17.734 Z-1.183
246	G01 X-1.44 Y-17.221 Z-0.881	300 G01 X3.174 Y-17.823 Z-1.056
247	G01 X-1.464 Y-17.264 Z-0.797	301 G01 X3.231 Y-17.917 Z-0.918
248	G01 X-1.44 Y-17.221 Z-0.881	302 G01 X3.315 Y-18.054 Z-0.71
249	G01 X-1.419 Y-17.181 Z-0.955	303 G01 X3.371 Y-18.14 Z-0.568
250	G01 X-1.369 Y-17.196 Z-0.937	304 G01 X3.385 Y-18.159 Z-0.533
251	G01 X-1.323 Y-17.205 Z-0.92	305 G01 X3.438 Y-18.23 Z-0.397
252	G01 X-1.214 Y-17.22 Z-0.886	306 G01 X3.466 Y-18.269 Z-0.319
253	G01 X-1.165 Y-17.223 Z-0.875	307 G01 X3.566 Y-18.425 Z0
254	G01 X-1.116 Z-0.868	308 G01 X3.466 Y-18.269 Z-0.319
255	G01 X-1.027 Y-17.215 Z-0.86	309 G01 X3.438 Y-18.23 Z-0.397
256	G01 X-0.995 Y-17.211	310 G01 X3.385 Y-18.159 Z-0.533
257	G01 X-0.911 Y-17.196 Z-0.864	311 G01 X3.371 Y-18.14 Z-0.568
258	G01 X-0.805 Y-17.167 Z-0.872	312 G01 X3.315 Y-18.054 Z-0.71
259	G01 X-0.708 Y-17.136 Z-0.887	313 G01 X3.231 Y-17.917 Z-0.918
260	G01 X-0.699 Y-17.132 Z-0.888	314 G01 X3.174 Y-17.823 Z-1.056
261	G01 X-0.536 Y-17.065 Z-0.912	315 G01 X3.118 Y-17.734 Z-1.183
262	G01 X-0.493 Y-17.044 Z-0.917	316 G01 X3.133 Y-17.712 Z-1.166
263	G01 X-0.352 Y-16.964 Z-0.925	317 G01 X3.191 Y-17.615 Z-1.099
264	G01 X-0.319 Y-16.944 Z-0.927	318 G01 X3.234 Y-17.537 Z-1.05
265	G01 X-0.14 Y-16.84 Z-0.956	319 G01 X3.263 Y-17.473 Z-1.017
266	G01 X-0.009 Y-16.77 Z-0.987	320 G01 X3.297 Y-17.39 Z-0.98
267	G01 X0.027 Y-16.751 Z-0.997	321 G01 X3.32 Y-17.328 Z-0.955
268	G01 X0.109 Y-16.708 Z-1.029	322 G01 X3.339 Y-17.266 Z-0.937
269	G01 X0.188 Y-16.672 Z-1.065	323 G01 X3.361 Y-17.191 Z-0.918
270	G01 X0.288 Y-16.629 Z-1.123	324 G01 X3.376 Y-17.125 Z-0.904
271	G01 X0.28 Y-16.448 Z-0.879	325 G01 X3.387 Y-17.065 Z-0.896
272	G01 X0.238 Y-15.786 Z-0.001	326 G01 X3.402 Y-16.963 Z-0.888
273	G01 X0.28 Y-16.448 Z-0.879	327 G01 X3.408 Y-16.913 Z-0.886
274	G01 X0.288 Y-16.629 Z-1.123	328 G01 X3.418 Y-16.748 Z-0.892
275	G01 X0.357 Y-16.653 Z-1.085	329 G01 X3.42 Y-16.688 Z-0.897
276	G01 X0.423 Y-16.68 Z-1.054	330 G01 X3.421 Y-16.538 Z-0.917

## 10) G- Code Ausschnitt Variante 5 Sondermotiv 2 Koi, Anhang 5 Pregl

koi.nc	koi.nc
6 (Gravieren1)	60 G01 X-16.572 Y14.227 Z-0.015
7 (Insert tool #7)	61 G01 X-16.562 Y14.234 Z-0.026
8 M00	62 G01 X-16.518 Y14.269 Z-0.063
9 M03 S5000	63 G01 X-16.451 Y14.329 Z-0.105
10 M08	64 G01 X-16.376 Y14.398 Z-0.145
11 G00 X-19.948 Y17.032	65 G01 X-16.36 Y14.412 Z-0.152
12 G00 Z15	66 G01 X-16.245 Y14.519 Z-0.202
13 G00 Z5	67 G01 X-16.11 Y14.647 Z-0.255
14 G01 Z-0.373 F1000	68 G01 X-15.932 Y14.83 Z-0.312
15 G01 X-19.945 Z-0.379	69 G01 X-15.763 Y15.038 Z-0.353
16 G01 X-19.837 Y17.019 Z-0.552	70 G01 X-15.632 Y15.228 Z-0.375
17 G01 X-19.769 Y17.016 Z-0.652	71 G01 X-15.605 Y15.272
18 G01 X-19.63 Y17.007 Z-0.84	72 G01 X-15.508 Y15.439 Z-0.382
19 G01 X-19.576 Y16.999 Z-0.908	73 G01 X-15.471 Y15.513 Z-0.378
20 G01 X-19.526 Y16.994 Z-0.967	74 G01 X-15.404 Y15.653 Z-0.375
21 G01 X-19.482 Y16.987 Z-1.015	75 G01 X-15.364 Y15.755 Z-0.362
22 G01 X-19.494 Y17.081 Z-0.862	76 G01 X-15.323 Y15.866 Z-0.353
23 G01 X-19.509 Y17.182 Z-0.69	77 G01 X-15.286 Y15.993 Z-0.328
24 G01 X-19.494 Y17.081 Z-0.862	78 G01 X-15.264 Y16.078 Z-0.316
25 G01 X-19.482 Y16.987 Z-1.015	79 G01 X-15.241 Y16.203 Z-0.285
26 G01 X-19.423 Y16.952 Z-1.048	80 G01 X-15.233 Y16.277 Z-0.267
27 G01 X-19.29 Y16.877 Z-1.102	81 G01 X-15.224 Y16.419 Z-0.223
28 G01 X-19.172 Y16.817 Z-1.133	82 G01 X-15.223 Y16.453 Z-0.212
29 G01 X-19.054 Y16.763 Z-1.147	83 G01 X-15.222 Y16.526 Z-0.184
30 G01 X-19.038 Y16.757	84 G01 Y16.587 Z-0.153
31 G01 X-18.867 Y16.698 Z-1.12	85 G01 Y16.637 Z-0.119
32 G01 X-18.799 Y16.67 Z-1.108	86 G01 X-15.221 Y16.677 Z-0.086
33 G01 X-18.736 Y16.641 Z-1.099	87 G01 X-15.222 Y16.703 Z-0.057
34 G01 X-18.684 Y16.616 Z-1.088	88 G01 X-15.221 Y16.704 Z-0.055
35 G01 X-18.62 Y16.583 Z-1.078	89 G01 X-15.222 Y16.72 Z-0.033
36 G01 X-18.522 Y16.522 Z-1.062	90 G01 X-15.221 Z-0.032
37 G01 X-18.441 Y16.463 Z-1.047	91 G00 Z5
38 G01 X-18.422 Y16.446 Z-1.043	92 G00 X-16.23 Y20.113
39 G01 X-18.421 Z-1.042	93 G01 Z-0.001 F1000
40 G01 X-18.347 Y16.419 Z-0.98	94 G01 X-16.214 Y20.114 Z-0.028
41 G01 X-18.269 Y16.39 Z-0.901	95 G01 X-16.227 Y20.123 Z0
42 G01 X-18.209 Y16.368 Z-0.829	96 G01 X-16.214 Y20.114 Z-0.028
43 G01 X-18.177 Y16.358 Z-0.783	97 G01 X-16.212 Y20.113 Z-0.03
44 G01 X-18.121 Y16.341 Z-0.692	98 G01 X-16.198 Y20.112 Z-0.045
45 G01 X-18.116 Y16.34 Z-0.684	99 G01 X-16.168 Y20.104 Z-0.072
46 G01 X-18.121 Y16.341 Z-0.692	100 G01 X-16.119 Y20.09 Z-0.1
47 G01 X-18.177 Y16.358 Z-0.783	101 G01 X-16.071 Y20.073 Z-0.116
48 G01 X-18.209 Y16.368 Z-0.829	102 G01 X-16.037 Y20.059 Z-0.121
49 G01 X-18.269 Y16.39 Z-0.901	103 G01 X-15.995 Y20.037 Z-0.119
50 G01 X-18.347 Y16.419 Z-0.98	104 G01 X-15.906 Y19.974 Z-0.086
51 G01 X-18.421 Y16.446 Z-1.042	105 G01 X-15.873 Y19.955 Z-0.078
52 G01 X-18.422 Z-1.043	106 G01 X-15.799 Y19.92 Z-0.074
53 G01 X-18.483 Y16.264 Z-0.729	107 G01 X-15.693 Y19.882 Z-0.085
54 G01 X-18.549 Y16.127 Z-0.478	108 G01 X-15.528 Y19.84 Z-0.127
55 G01 X-18.649 Y15.974 Z-0.173	109 G01 X-15.452 Y19.819 Z-0.141
56 G01 X-18.715 Y15.899 Z-0.001	110 G01 X-15.351 Y19.787 Z-0.155
57 G00 Z5	111 G01 X-15.3 Y19.771 Z-0.161
58 G00 X-16.579 Y14.219	112 G01 X-15.087 Y19.7 Z-0.181
59 G01 Z0 F1000	113 G01 X-14.746 Y19.581 Z-0.207

		koi.nc		koi.nc
114	G01	X-14.591 Y19.524 Z-0.221	168	G01 X-5.946 Y13.862 Z-0.263
115	G01	X-14.262 Y19.395 Z-0.248	169	G01 X-5.395 Y13.294 Z-0.245
116	G01	X-13.989 Y19.286 Z-0.274	170	G01 X-5.169 Y13.052 Z-0.239
117	G01	X-13.866 Y19.236 Z-0.287	171	G01 X-4.87 Y12.728 Z-0.225
118	G01	X-13.53 Y19.092 Z-0.315	172	G01 X-4.623 Y12.452 Z-0.215
119	G01	X-13.243 Y18.963 Z-0.334	173	G01 X-4.373 Y12.166 Z-0.203
120	G01	X-12.951 Y18.825 Z-0.348	174	G01 X-4.138 Y11.889 Z-0.19
121	G01	X-12.652 Y18.68 Z-0.359	175	G01 X-3.924 Y11.626 Z-0.177
122	G01	X-12.195 Y18.45 Z-0.371	176	G01 X-3.773 Y11.434 Z-0.166
123	G01	X-12.039 Y18.37 Z-0.377	177	G01 X-3.612 Y11.22 Z-0.154
124	G01	X-11.629 Y18.153 Z-0.385	178	G01 X-3.445 Y10.987 Z-0.147
125	G01	X-11.426 Y18.043 Z-0.392	179	G01 X-3.313 Y10.793 Z-0.145
126	G01	X-11.131 Y17.877 Z-0.398	180	G01 X-3.25 Y10.699
127	G01	X-10.915 Y17.754 Z-0.406	181	G01 X-2.904 Y10.178 Z-0.133
128	G01	X-10.727 Y17.642 Z-0.416	182	G01 X-2.711 Y9.885 Z-0.12
129	G01	X-10.287 Y17.371 Z-0.437	183	G01 X-2.599 Y9.71 Z-0.117
130	G01	X-10.033 Y17.211 Z-0.444	184	G01 X-2.303 Y9.232 Z-0.102
131	G01	X-9.824 Y17.077 Z-0.447	185	G01 X-2.17 Y9.004 Z-0.1
132	G01	X-9.64 Y16.956 Z-0.446	186	G01 X-2.07 Y8.82 Z-0.102
133	G01	X-9.382 Y16.783 Z-0.439	187	G01 X-1.982 Y8.652
134	G01	X-9.211 Y16.664 Z-0.429	188	G01 X-1.98 Y8.647
135	G01	X-9.022 Y16.525 Z-0.409	189	G01 X-1.909 Y8.521 Z-0.085
136	G01	X-8.776 Y16.344 Z-0.386	190	G01 X-1.878 Y8.471 Z-0.071
137	G01	X-8.583 Y16.2 Z-0.373	191	G01 X-1.854 Y8.434 Z-0.054
138	G01	X-8.462 Y16.106 Z-0.369	192	G01 X-1.815 Y8.41 Z0
139	G01	X-8.374 Y16.034 Z-0.372	193	G01 X-1.854 Y8.434 Z-0.054
140	G01	X-8.316 Y15.982 Z-0.38	194	G01 X-1.859 Y8.415 Z-0.022
141	G01	X-8.27 Y15.937 Z-0.391	195	G01 X-1.854 Y8.434 Z-0.054
142	G01	X-8.241 Y15.903 Z-0.405	196	G01 X-1.878 Y8.471 Z-0.071
143	G01	X-8.217 Y15.873 Z-0.42	197	G01 X-1.909 Y8.521 Z-0.085
144	G01	X-8.185 Y15.827 Z-0.447	198	G01 X-1.98 Y8.647 Z-0.102
145	G01	X-8.156 Y15.777 Z-0.482	199	G01 X-1.982 Y8.652
146	G01	X-8.13 Y15.723 Z-0.527	200	G01 X-2.07 Y8.82
147	G01	X-8.105 Y15.655 Z-0.589	201	G01 X-2.17 Y9.004 Z-0.1
148	G01	X-8.084 Y15.581 Z-0.662	202	G01 X-2.303 Y9.232 Z-0.102
149	G01	X-8.081 Y15.566 Z-0.678	203	G01 X-2.599 Y9.71 Z-0.117
150	G01	X-8.08	204	G01 X-2.711 Y9.885 Z-0.12
151	G01	X-8.002 Y15.558 Z-0.6	205	G01 X-2.904 Y10.178 Z-0.133
152	G01	X-7.928 Y15.545 Z-0.535	206	G01 X-3.25 Y10.699 Z-0.145
153	G01	X-7.845 Y15.521 Z-0.473	207	G01 X-3.313 Y10.793
154	G01	X-7.777 Y15.494 Z-0.429	208	G01 X-3.445 Y10.987 Z-0.147
155	G01	X-7.704 Y15.457 Z-0.394	209	G01 X-3.612 Y11.22 Z-0.154
156	G01	X-7.668 Y15.436 Z-0.379	210	G01 X-3.773 Y11.434 Z-0.166
157	G01	X-7.606 Y15.396 Z-0.36	211	G01 X-3.924 Y11.626 Z-0.177
158	G01	X-7.539 Y15.348 Z-0.345	212	G01 X-4.138 Y11.889 Z-0.19
159	G01	X-7.478 Y15.301 Z-0.333	213	G01 X-4.373 Y12.166 Z-0.203
160	G01	X-7.406 Y15.243 Z-0.323	214	G01 X-4.623 Y12.452 Z-0.215
161	G01	X-7.327 Y15.178 Z-0.315	215	G01 X-4.87 Y12.728 Z-0.225
162	G01	X-7.154 Y15.026 Z-0.302	216	G01 X-5.169 Y13.052 Z-0.239
163	G01	X-7.052 Y14.934 Z-0.298	217	G01 X-5.395 Y13.294 Z-0.245
164	G01	X-6.951 Y14.84 Z-0.296	218	G01 X-5.946 Y13.862 Z-0.263
165	G01	X-6.654 Y14.559 Z-0.286	219	G01 X-6.051 Y13.968 Z-0.268
166	G01	X-6.504 Y14.414 Z-0.28	220	G01 X-6.504 Y14.414 Z-0.28
167	G01	X-6.051 Y13.968 Z-0.268	221	G01 X-6.654 Y14.559 Z-0.286
168	G01	X-5.946 Y13.862 Z-0.263	222	G01 X-6.951 Y14.84 Z-0.296

	koi.nc		koi.nc
222	G01 X-8.551 Y14.847 Z-0.298	277	G01 X-9.849 Y14.589 Z-2.211
223	G01 X-7.052 Y14.934 Z-0.298	278	G01 X-9.895 Y14.665 Z-2.125
224	G01 X-7.154 Y15.026 Z-0.302	279	G01 X-9.965 Y14.787 Z-1.999
225	G01 X-7.327 Y15.178 Z-0.315	280	G01 X-10.004 Y14.831 Z-1.93
226	G01 X-7.406 Y15.243 Z-0.323	281	G01 X-10.095 Y14.922 Z-1.782
227	G01 X-7.478 Y15.301 Z-0.333	282	G01 X-10.227 Y15.038 Z-1.581
228	G01 X-7.539 Y15.348 Z-0.345	283	G01 X-10.344 Y15.135 Z-1.406
229	G01 X-7.606 Y15.396 Z-0.36	284	G01 X-10.415 Y15.189 Z-1.309
230	G01 X-7.668 Y15.436 Z-0.379	285	G01 X-10.566 Y15.294 Z-1.111
231	G01 X-7.704 Y15.457 Z-0.394	286	G01 X-10.68 Y15.365 Z-0.971
232	G01 X-7.777 Y15.494 Z-0.429	287	G01 X-10.829 Y15.45 Z-0.79
233	G01 X-7.845 Y15.521 Z-0.473	288	G01 X-10.93 Y15.501 Z-0.666
234	G01 X-7.928 Y15.545 Z-0.535	289	G01 X-11.001 Y15.537 Z-0.572
235	G01 X-8.002 Y15.558 Z-0.6	290	G01 X-11.058 Y15.566 Z-0.489
236	G01 X-8.08 Y15.566 Z-0.678	291	G01 X-11.099 Y15.587 Z-0.421
237	G01 X-8.081	292	G01 X-11.136 Y15.606 Z-0.355
238	G01 X-8.119 Y15.52 Z-0.652	293	G01 X-11.099 Y15.587 Z-0.421
239	G01 X-8.139 Y15.496 Z-0.643	294	G01 X-11.058 Y15.566 Z-0.489
240	G01 X-8.157 Y15.475 Z-0.639	295	G01 X-11.001 Y15.537 Z-0.572
241	G01 X-8.173 Y15.457 Z-0.638	296	G01 X-10.93 Y15.501 Z-0.666
242	G01 X-8.192 Y15.434 Z-0.64	297	G01 X-10.829 Y15.45 Z-0.79
243	G01 X-8.209 Y15.413 Z-0.645	298	G01 X-10.68 Y15.365 Z-0.971
244	G01 X-8.239 Y15.378 Z-0.66	299	G01 X-10.566 Y15.294 Z-1.111
245	G01 X-8.265 Y15.347 Z-0.679	300	G01 X-10.415 Y15.189 Z-1.309
246	G01 X-8.3 Y15.305 Z-0.715	301	G01 X-10.344 Y15.135 Z-1.406
247	G01 X-8.346 Y15.252 Z-0.769	302	G01 X-10.227 Y15.038 Z-1.581
248	G01 X-8.394 Y15.193 Z-0.84	303	G01 X-10.095 Y14.922 Z-1.782
249	G01 X-8.467 Y15.101 Z-0.972	304	G01 X-10.004 Y14.831 Z-1.93
250	G01 X-8.567 Y14.97 Z-1.179	305	G01 X-9.965 Y14.787 Z-1.999
251	G01 X-8.64 Y14.864 Z-1.351	306	G01 X-9.895 Y14.665 Z-2.125
252	G01 X-8.673 Y14.815 Z-1.432	307	G01 X-9.849 Y14.589 Z-2.211
253	G01 X-8.552 Y14.811 Z-1.238	308	G01 X-9.798 Y14.5 Z-2.316
254	G01 X-8.419 Y14.809 Z-1.029	309	G01 X-9.759 Y14.431 Z-2.401
255	G01 X-8.227 Y14.8 Z-0.739	310	G01 X-9.682 Y14.298 Z-2.575
256	G01 X-7.975 Y14.783 Z-0.377	311	G01 X-9.582 Y14.128 Z-2.808
257	G01 X-7.878 Y14.768 Z-0.231	312	G01 X-9.59 Y14.06 Z-2.827
258	G01 X-7.857 Y14.764 Z-0.196	313	G01 X-9.725 Y13.982 Z-2.646
259	G01 X-7.878 Y14.768 Z-0.231	314	G01 X-9.809 Y13.93 Z-2.537
260	G01 X-7.975 Y14.783 Z-0.377	315	G01 X-9.9 Y13.873 Z-2.424
261	G01 X-8.227 Y14.8 Z-0.739	316	G01 X-9.978 Y13.824 Z-2.333
262	G01 X-8.419 Y14.809 Z-1.029	317	G01 X-10.099 Y13.744 Z-2.202
263	G01 X-8.552 Y14.811 Z-1.238	318	G01 X-10.194 Y13.678 Z-2.102
264	G01 X-8.673 Y14.815 Z-1.432	319	G01 X-10.239 Y13.647 Z-2.06
265	G01 X-8.814 Y14.719 Z-1.597	320	G01 X-10.318 Y13.59 Z-1.99
266	G01 X-8.884 Y14.667 Z-1.687	321	G01 X-10.434 Y13.497 Z-1.894
267	G01 X-8.936 Y14.627 Z-1.757	322	G01 X-10.436 Y13.494 Z-1.891
268	G01 X-9.062 Y14.532 Z-1.943	323	G01 X-10.468 Y13.46 Z-1.854
269	G01 X-9.191 Y14.438 Z-2.138	324	G01 X-10.517 Y13.402 Z-1.792
270	G01 X-9.274 Y14.374 Z-2.27	325	G01 X-10.596 Y13.291 Z-1.682
271	G01 X-9.36 Y14.304 Z-2.415	326	G01 X-10.683 Y13.143 Z-1.555
272	G01 X-9.46 Y14.224 Z-2.589	327	G01 X-10.69 Y13.129 Z-1.544
273	G01 X-9.582 Y14.128 Z-2.808	328	G01 X-10.737 Y13.036 Z-1.473
274	G01 X-9.682 Y14.298 Z-2.575	329	G01 X-10.799 Y12.887 Z-1.378
275	G01 X-9.759 Y14.431 Z-2.401	330	G01 X-10.844 Y12.755 Z-1.307
276	G01 X-9.798 Y14.5 Z-2.316	---	---