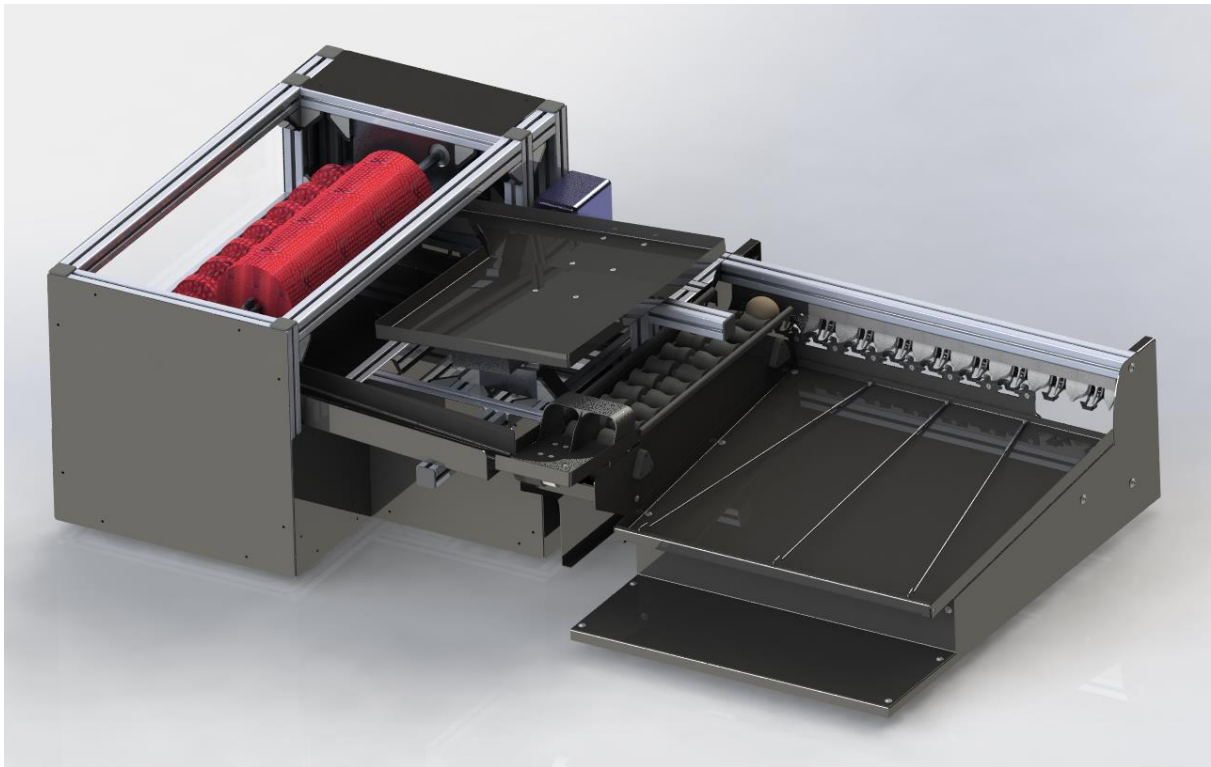


# Kurzzusammenfassung

## Projektarbeit Eiersortiermaschine

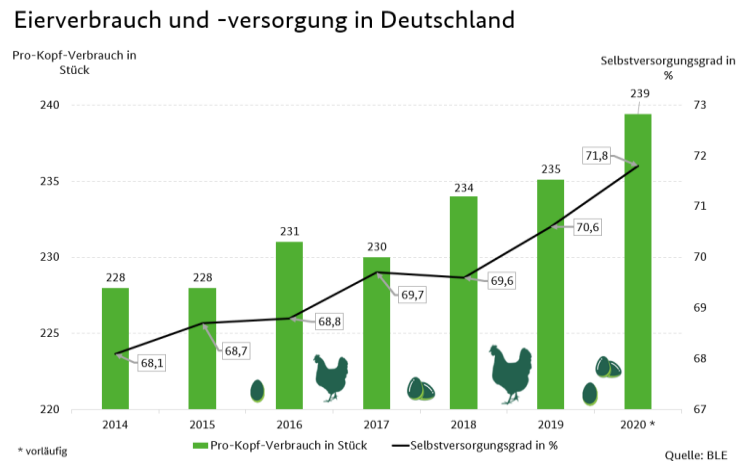
Marinus Eberl, Michael Förg, Korbinian Jarzina

Städtische Fachschule für Maschinenbau München



# 1 Einleitung

*In Deutschland wurden zwischen 2008 und 2018 durchschnittlich 11,9 Milliarden Eier in jedem Jahr produziert und etwa 2,8 Milliarden Eier exportiert. Der Import von Eiern nimmt stark zu und liegt bei etwa 8 Milliarden Eiern pro Jahr. Der Pro-Kopf-Verbrauch liegt damit seit 2005, leicht zunehmend bei 211 sogenannten Schaleiern pro Jahr. Davon werden ca. 50% von privaten Haushalten verbraucht, 30% in der lebensmittelverarbeitenden Industrie und 20% in lokalen Großküchen und Bäckereien.“*



Diese hohe Nachfrage hat zur Folge, dass sich immer mehr Landwirte Hühner in Freilandhaltung zulegen, um deren erzeugte Eier zu verkaufen.

Eine Eiersortiermaschine unterstützt die Landwirte bei der Einhaltung der vorgeschriebenen Auflagen und Normen. Die Planung, Konstruktion und der Bau einer solchen Maschine werden im Folgenden beschrieben. Auf die Problemstellungen, Zielsetzungen und Problemlösungen wird stationsweise eingegangen.

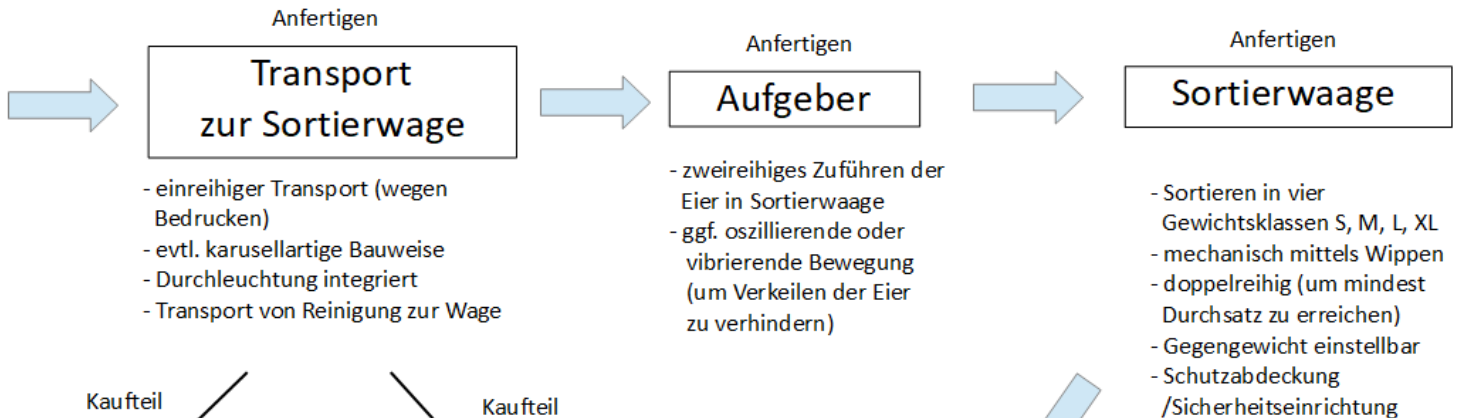
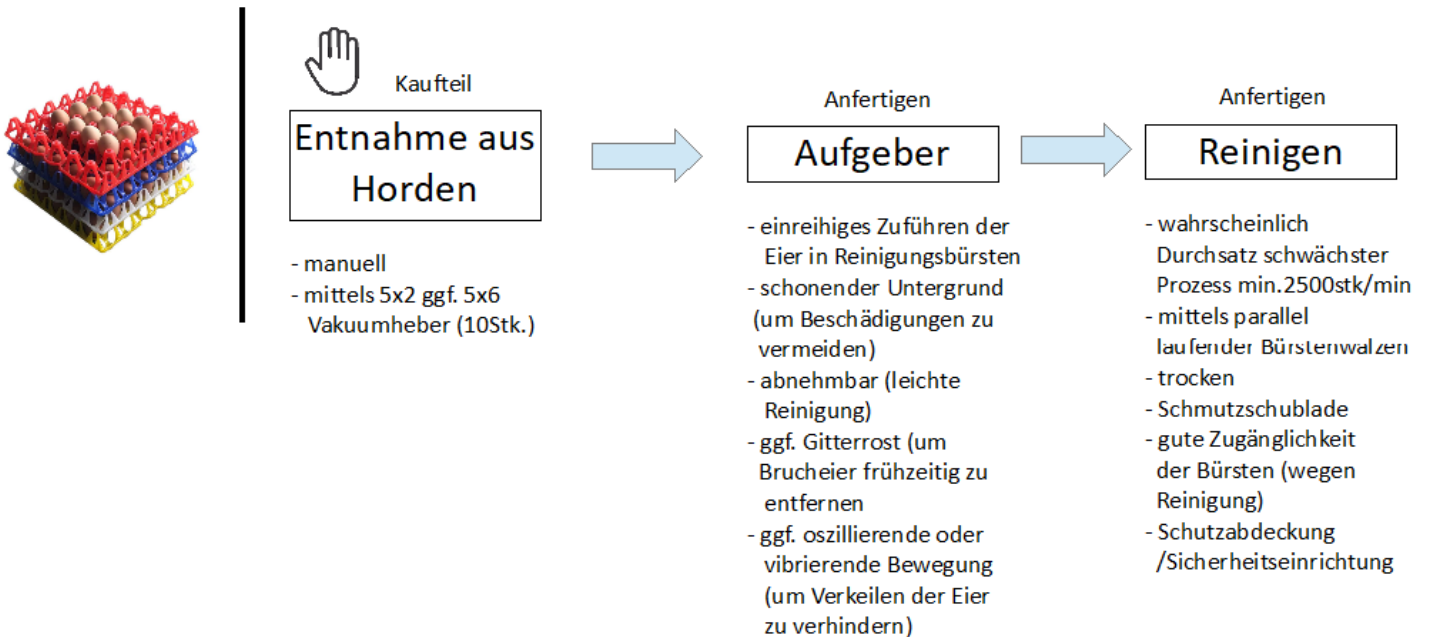
## 2 Konstruktion

### 2.1 Allgemeines

Wie allseits bekannt, ist das Ei ein sehr fragiles Produkt. Es muss schonend behandelt werden um Schäden wie Haarrisse oder gar Brüche zu vermeiden.

Es stellt sich die Frage, wie man es dementsprechend sorgsam von A nach B transportiert um den Ausschuss so niedrig wie möglich zu halten. Dieses Problem zieht sich wie ein roter Faden durch die komplette Maschine.

## 2.2 Prozesskette



Kaufteil

**Durchleuchten**  
(Bruchkontrolle)

- von unten während Transport
- auf einer Länge von ca. 30cm
- gesetzlich vorgeschrieben

Kaufteil

**Beschriften**  
(Erzeugercode)

- kontaktlos mittels Tintenstrahldrucker
- ohne Stoppen der Transporteinrichtung
- Erzeugercode, Stallnummer und ggf. Logo
- prüfen ob Ei in Position ist mittels kapazitiven Sensors

Anfertigen

**Entnahmetisch**

- Eier zur manuellen Entnahme bereitstellen
- Abteilungen für vier Größen
- ggf. variable Abteilgrößen
- Puffer für ca. 60 Eier



## 2.3 Stationen

### 2.3.1 Bürstenstation

Der Arbeitsablauf in der Bürstenstation besteht aus den Schritten Aufnehmen der Eier (1), Fördern zu den Walzenbürsten (2), säubern und gleichzeitige Förderung durch Walzen- und Spiralbürste (3) und schließlich die Abgabe an die nachfolgende Station (4).

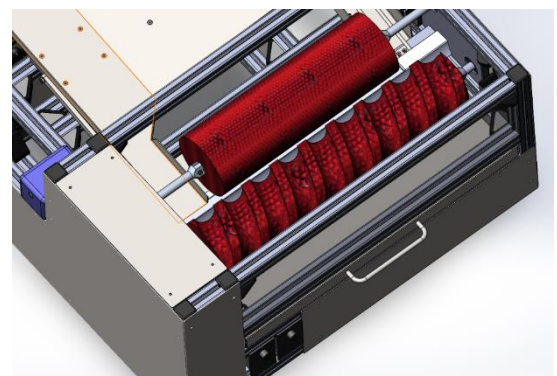
Zur Beschleunigung der Prozesskette und zur Entlastung des Benutzers fällt die Entscheidung auf einen sogenannten „Eierbunker“, der es dem Benutzer ermöglicht seine Produkte mit einem pneumatischen



**Abbildung 1: Eierbunker mit exzentrischem Antrieb**

Hordengreifer, welcher das zeitgleiche Greifen von 30 Eiern zulässt, darauf abzulegen. Durch ein leichtes Gefälle im Bunker werden die Eier anschließend in Bewegung versetzt was eine selbstständige Förderung zu den Bürsten zur Folge hat. Um einen Stau durch zwei vorangehende verkeilte Eier zu umgehen, wird der Bunker in eine leichte oszillierende Bewegung versetzt. Dies wird durch einen Elektromotor mit einer Exzenter-Welle umgesetzt, der über eine Pleuelstange mit dem Bunker verbunden ist. Der Bunker ist auf zwei Rollführungen gelagert, welche eine solche Bewegung ermöglichen. Zusätzlich wird der Eierbunker mit Flüssiggummi benetzt, um zum einen ein Rutschen der Eier zu vermeiden und eine Rollbewegung zu ermöglichen und zum anderen um eine dämpfende Wirkung der Bunkerwände zu erzeugen.

Verwendet werden zwei verschiedene Bürsten. Die fördernde Bürste (Länge: 700mm) in zylindrischer Form mit einer spiralförmigen Aussparung und die säubernde Bürste (Länge: 500mm) in zylindrischer Form. Zwischen den Bürsten befindet sich eine Auflage, die die Eier am Durchrutschen hindern soll.



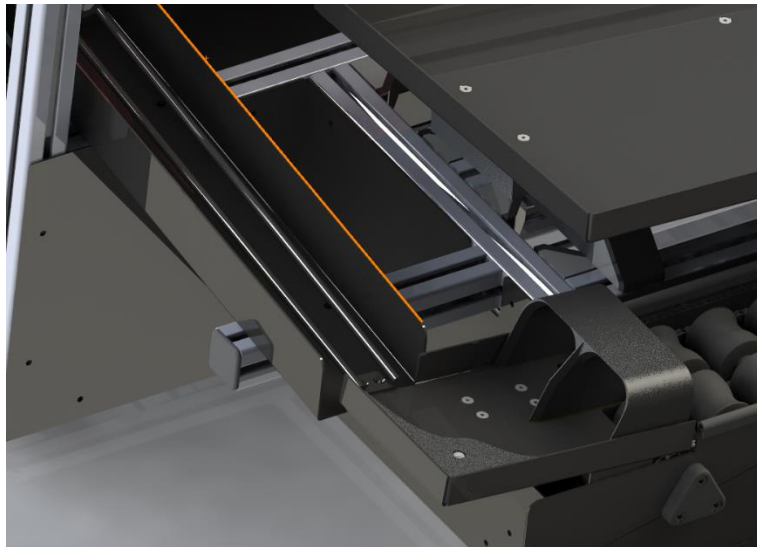
Der Antrieb erfolgt über einen Elektromotor, welcher über einen Zahnriemen beide Bürsten in Bewegung versetzt. Durch die spiralförmige Aussparung in einer der Bürsten werden die Eier einzeln aufgenommen und zu der zweiten Bürste befördert. Hier findet die Säuberung von Einstreu, Federn oder anderen Verunreinigungen statt. Die erfolgreich entfernten Verunreinigungen fallen in eine Schublade, dort kann der Unrat gesammelt und bei Bedarf entleert werden.

Sollte der Fall eintreten, dass ein Ei während der Säuberung zu Bruch geht, können die Bürsten gereinigt werden, um ihre Funktion weiterhin zu gewährleisten.

## 2.4 Vereinzelung

Haben die Eier die gesamte Länge der Zylinderbürste erfolgreich passiert sind sie ausreichend gesäubert und bereit für die nächste Station der Eiersortiermaschine, dem Durchleuchten und Bedrucken.

Dorthin gelangen sie rollend über zwei parallel verlaufenden Stäbe, auf die Vereinzelung. Bei praktischen Versuchen kam die Erkenntnis, dass sogar 90° Kurven auf Stäben das Rollverhalten der Eier nicht beeinträchtigt. Die Vereinzelung besteht im Wesentlichen aus einem Tisch mit leichtem Gefälle

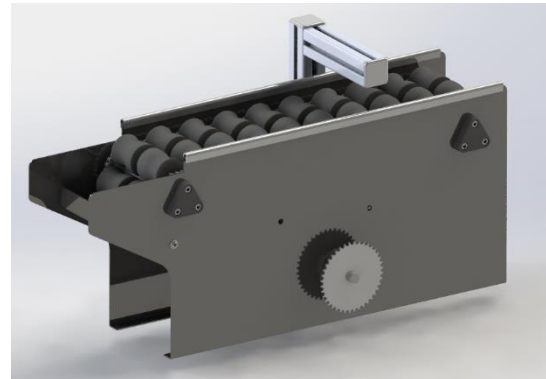


in Richtung des Transportbandes und einem oszillierenden Rüttler, welcher einen konstanten Gutfluss gewähren soll.

## 2.5 Durchleucht- und Bedruckstation

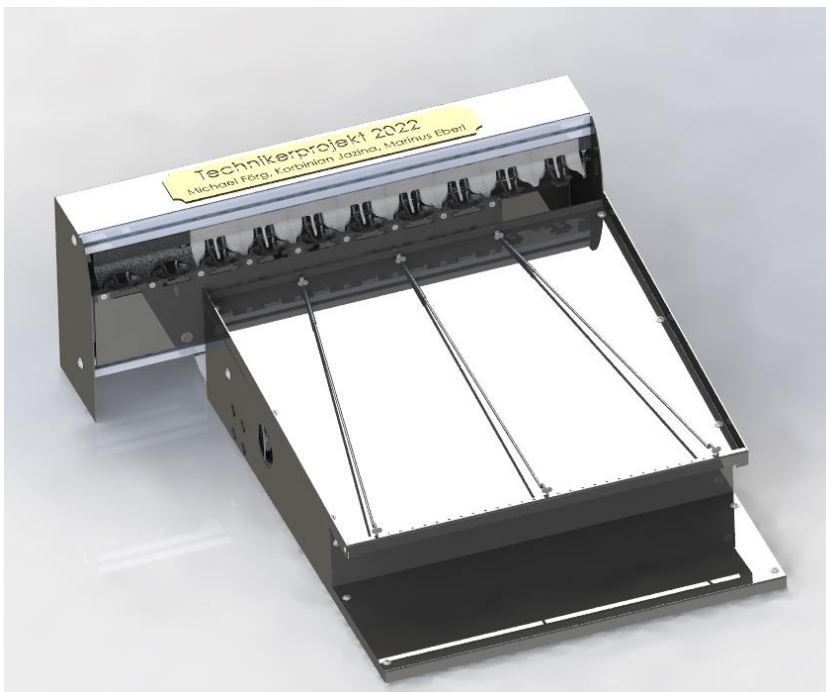
Bei der Konstruktion dieser Station wird besonderes Augenmerk auf folgende Punkte gelegt:

- Eier liegend ausrichten
- Kompakte Bauweise
- Zwei Eier parallel abfertigen
- Erzeugercode auftragen  
(Nuovo Easy Print SOR2/6)
- Durchleuchten



## 2.6 Wiege- und Sortierstation

Um Eier normgerecht zu vermarkten ist eine Sortierung nach Gewicht erforderlich. Im Einzelhandel dürfen nur Eier der Güteklasse A verkauft werden, welche in die Gewichtsklassen S, M, L, und XL eingeteilt werden. Um dies zu realisieren, muss jedes Ei einzeln gewogen und entsprechend klassifiziert werden. Dies kann mithilfe einer handelsüblichen geeichten Waage durchgeführt werden, ist jedoch sehr zeitaufwendig. Um jedoch den angestrebten Durchsatz von ca. 2000-3000 Eier/h zu erreichen muss der Wiegeprozess vollautomatisch von statten gehen und menschliches Zutun soll vermieden werden. Hierfür wird eine Mechanik entworfen, welche das Gewicht der Eier mittels eines Kipphebels und entsprechendem Gegengewicht ermittelt. Die wichtigsten Teile sind hierbei die drehbar gelagerten



Kipphebel, welche mehrfach nebeneinander angeordnet sind und jeweils, durch das Gegengewicht, auf eine Gewichtsklasse eingestellt sind. Eine sich exzentrisch bewegende Transporteinrichtung, nimmt bei einem Zyklus, alle auf den Kipphebeln

verbleibenden und die neu zugeführten Eier auf und legt es einen Kipphebel weiter wieder ab. Übersteigt nun die Masse des Eis die des Gegengewichtes am Kipphebel, löst dieser aus und das Ei wird in die entsprechende Charge ausgeworfen. Löst der Hebel nicht aus und das Wiegegut bleibt liegen, wird es beim nächsten Zyklus aufgenommen und einen Hebel weiter gefördert, welcher dann auf die nächstkleinere Gewichtsklasse geeicht ist.

### 2.6.1 Aufnahme der Eier

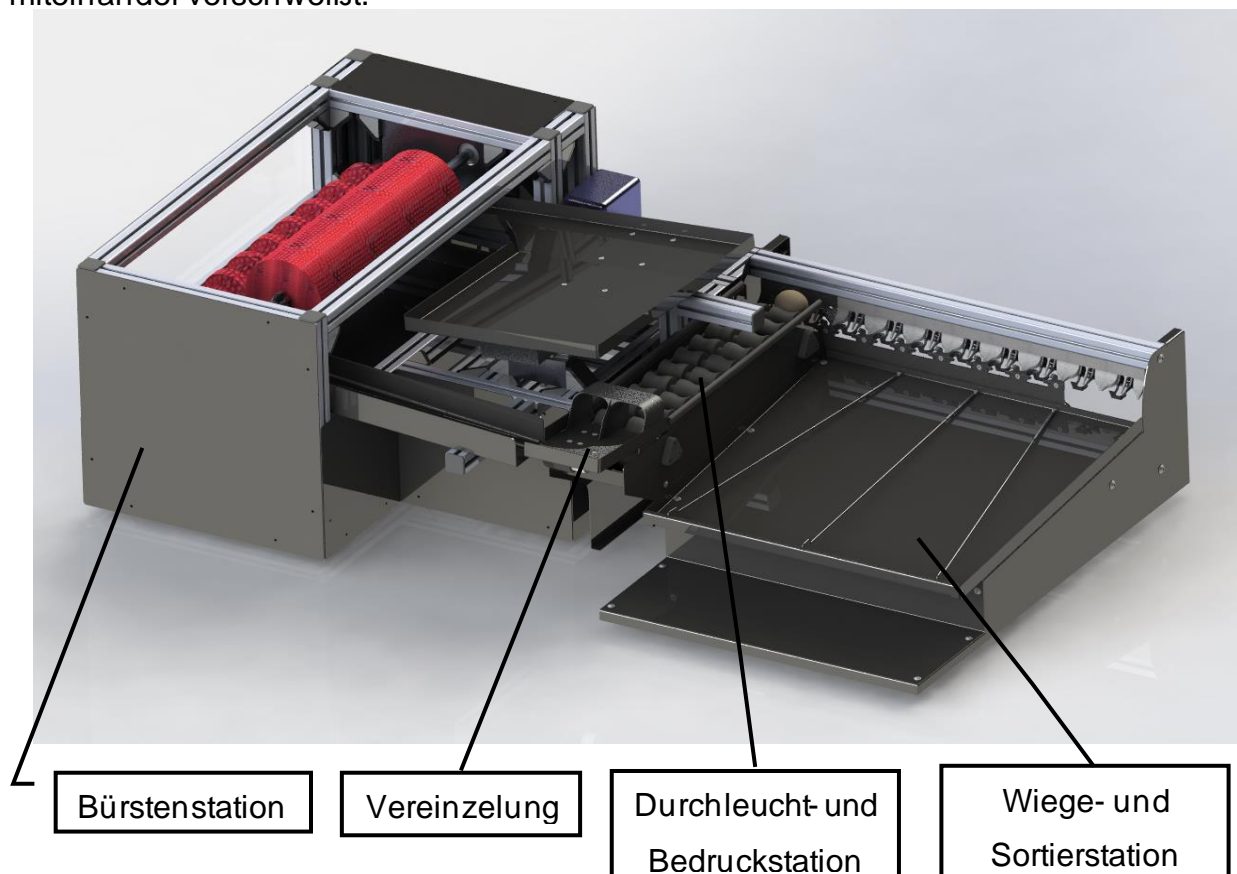
Um das Wiegen mittels Wägefingern/Kipphebel zuverlässig zu ermöglichen, müssen die Eier immer gleich ausgerichtet und zum richtigen Zeitpunkt auf den ersten Auflagen abgelegt werden, dies geschieht durch die vorangehend beschriebenen Bedruck- und Durchleuchtstation. Aufgrund des zu erreichenden Durchsatzes von ca. 3000 Eier/h ist die komplette Wiegeeinrichtung doppelreihig ausgeführt, das bedeutet, es werden parallel zwei Eier zugeführt und gewogen. Eine Durchsatzsteigerung durch Erhöhen der Arbeitstakte ist nicht unbegrenzt möglich, da bei zunehmender Antriebsdrehzahl die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Transporteinrichtung und damit auch die der Eier steigt, dies führt zu einer steigenden Zentripetalbeschleunigung der Eier, welche diese von den Transportfingern herabfallen lässt. Auch die auf die Eier wirkenden Kräfte beim Ablegen auf die Wägefingern würden steigen und führen unweigerlich zum Bruch der Schale. Der theoretisch erreichbare maximale Durchsatz der Wägestation wird mit ca. 4800 Eier/h angenommen und ergibt sich aus maximal ca. 40 Arbeitstakten pro Minute. In der Praxis wird dieser Wert weit unterschritten, da durch verschiedene Unregelmäßigkeiten in der Prozesskette nicht permanent Eier zugeführt werden und daher keine 100%-ige Auslastung erreicht wird. Allerdings muss der praktisch erreichbare maximale Durchsatz unbedingt höher sein als die Menge Eier, welche durch die vorherigen Stationen, bereitgestellt werden, andernfalls würde sich das



Prozessgut aufstauen. Um die Durchsätze der einzelnen Stationen gut aufeinander einstellen zu können, wird die Wiegeeinrichtung wie auch die Putzstation mit regelbaren Antrieben versehen, dies gewährleistet eine dynamische Prozesskette. Des Weiteren ist es erforderlich, dass die Eier in der korrekten Phase eines Arbeitshubs auf den Aufgabefingern abgelegt werden, da andernfalls das Ei von der Transporteinrichtung beschädigt oder vom Aufgabefinger geworfen wird. Daher muss das Transportband der Bedruck- und Durchleuchtstation mit der Sortiermaschine synchronisiert werden. Für den Antrieb des Transportbandes ist ein Winkelgetriebe erforderlich, welches mit einem um 90° umgelenkten Zahnriemen realisiert wird.

### 3 Fertigung & Montage

Die finale CAD-Datei des Eiersortiermaschine umfasst 1989 Bauteile. Aus diesem Grund wird bei der Konstruktion schon darauf geachtet so viele Norm- und Kaufteile zu verwenden wie möglich. Trotzdem beläuft sich die Anzahl der Fertigungsteile auf ca. 400 Bauteile. Der Löwenanteil davon ist so konzipiert, um von zwei eigenen 3D Druckern gefertigt werden zu können, dadurch wird sehr viel Zeit und Materialkosten gespart. Sämtliche Blechteile werden mittels eigenem Plasmaschneider ausgeschnitten, an einer Abkantpresse gekantet und falls notwendig anschließend miteinander verschweißt.





Zur weiteren Verfügung in der heimischen Werkstatt stehen eine CNC- Fräse und eine NC- Drehbank, welche ebenfalls zur Fertigung genutzt werden. Außerdem unterstützt die Firma FP-Fahrzeugtechnik das Projekt in der Fertigung bezüglich Fräs- und Drehteile.

## **4 Funktionstest**

Die Anlage funktioniert weitestgehend wie erdacht und nur geringfügige Anpassungen sind von Nöten. Im Anhang ist die Funktion anhand eines Videos ersichtlich.