

Konstruktion einer Kaffeekapsel- Recyclingmaschine

Mohamed Anis Bannour Matr. Nr.: 6029443

Fabian Joachimmeyer Matr. Nr.: 6033329

Julian Reimann Matr. Nr.: 6032030

Inhalt

[Aufgabenstellung 3](#_Toc110965154)

[Anforderungsliste 4](#_Toc110965155)

[Funktionsstruktur 5](#_Toc110965156)

[Morphologischer Kasten 7](#_Toc110965157)

[Lösungsbewertung 8](#_Toc110965158)

[Entwurf 9](#_Toc110965159)

[2D-Zusammenbauzeichnung 9](#_Toc110965160)

[Stückliste 10](#_Toc110965161)

[Berechnung 11](#_Toc110965162)

[Risikobeurteilung 12](#_Toc110965163)

## Aufgabenstellung

Im Produktionsprozess von Kaffeekapseln entstehen nicht unerhebliche Mengen an fehlerhaften Erzeugnissen. Diese Fehler sind z.B. zu geringe Füllmenge, fehlerhafte Klebung des Deckels oder eine schwache bzw. falsche Bedruckung der Kapseln. Aus wirtschaftlichen Gründen soll eine Kaffeekapsel- Recyclingmaschine konstruiert werden, um eine Wiederverwendung des Kaffeepulvers zu ermöglichen. Dabei sind die Komponenten Kapselkörper, Kapseldeckel und Kaffeepulver stofflich zu trennen, um sie dem Wertstoffkreislauf wieder zuzuführen. Dabei gibt es folgende drei Hauptanforderungen:

1. Durchsatz von mindestens 120 Kaffeekapseln pro Minute
2. Trennung der recycelten Stoffe in Kaffee, Kapseldeckel (eventuell Aluminium) und Kapselkörper (Kunststoff oder Aluminium)
3. Bevorratung von mindestens 150 L Füllung von Kaffeekapseln



Abbildung 1: Beispiel Kaffeekapsel

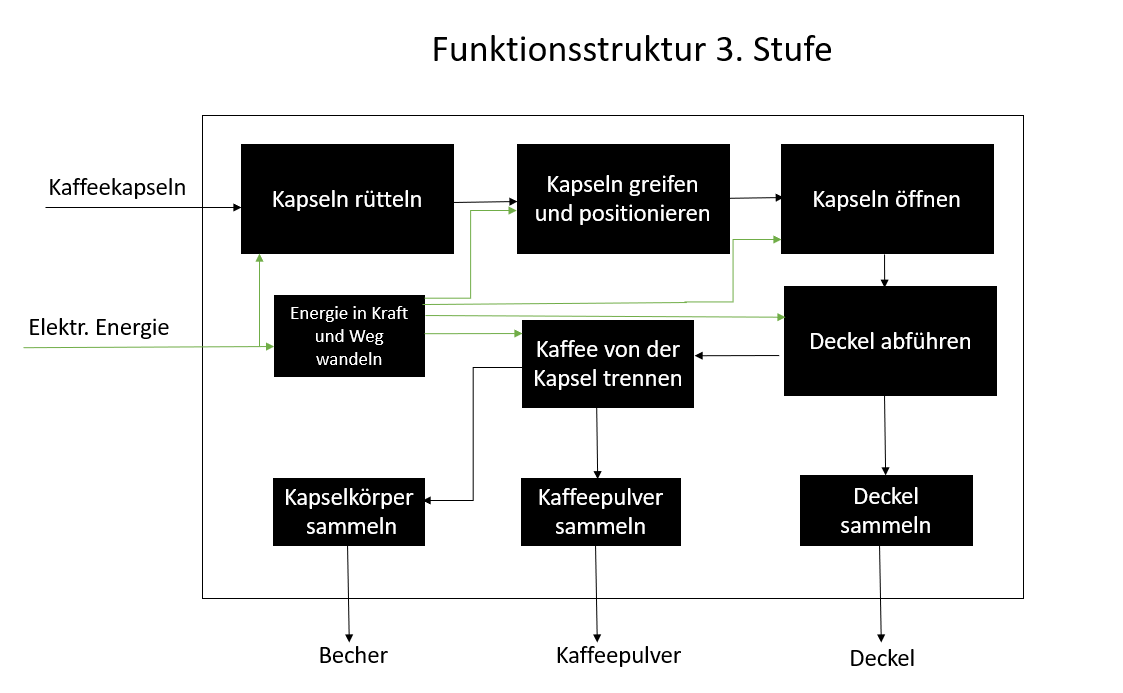
## Anforderungsliste

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Anforderungsliste für Projekt Kaffeekapsel - Recyclingmaschine | | | | | | |
| Projekt:  Projektnummer:  Erstellungsdatum:  Stand:  Änderungsindex: | | Kaffeekapsel – Recyclingmaschine  2022 01  10.04.2022  10.06.2022  002 | | | | |
| Nr. | Anforderung | Angabe | F/W | Name | Datum | Bemerkung |
| 1.  1.1  1.2  1.3  1.4  1.5  1.6  1.7  1.8 | Allgemein  Funktion  Eignung für verschiedene Kapseln  Stoff Kapselkörper  Stoff Kapseldeckel  Vollautomatischer Betrieb  Recycling-Geschwindigkeit  Auffangbehälter für verschiedene Stoffe  Füllbehälter für Kaffeekapseln | Trennung in Kapselkörper, Deckel und Pulver  -  Alu / Kunststoff  Alu / Kunststoff  -  120 Kapseln / Min  3 Behälter  >150 L | F1  F2  F1  F1  F1  F1  F1  F1 | Kunde  Vertrieb  Kunde  Kunde  Konstruktion  Kunde  Konstruktion  Kunde | 24.03.2022  10.04.2022  24.03.2022  24.03.2022  10.04.2022  24.03.2022  10.04.2022  24.03.2022 |  |
| 2.  2.1  2.2  2.3 | Geometrie  Breite  Höhe  Tiefe | 2000mm  1900mm  4500mm | W3  W3  W3 | Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion | 10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022 |  |
| 3  3.1  3.2  3.3 | Instandhaltung  Wartung  Inspektion  Lebensdauer | 1x pro Monat  2 Jahre  15 Jahre | W3  W3  F2 | Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion | 10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022 |  |
| 4  4.1  4.2  4.3  4.4  4.5  4.6  4.7 | Sicherheit  Not-Aus-Einrichtungen  IP-Sicherheit  CE Kennzeichnung  Sicherheitseinrichtungen  Lebensmittelsicher-heit  Eingriffsschutz  Verstellsicherheit | IP54 | F1  F2  W3  F2  F1  F1  F1 | Konstruktion  Konstruktion  Vertrieb  Konstruktion  Kunde  Konstruktion  Konstruktion | 10.04.2022  21.04.2022  29.04.2022  10.04.2022  24.03.2022  29.04.2022  29.04.2022 |  |
| 5  5.1  5.2 | Äußere Einflüsse  Umgebungstempera-tur  Umgebungsluftfeuch-te | 10°C - 50°C  35%-65% | F2  F2 | Konstruktion  Konstruktion | 05.05.2022  05.05.2022 |  |
| 6  6.1  6.2 | Anschlüsse  Druckluft  Strom | 20 Bar  400V;32A;50Hz | F1  F1 | Konstruktion  Konstruktion | 19.04.2022  19.04.2022 |  |
| 7  7.1  7.2  7.3 | Bedienung  Start-Stopp-Knopf  Mengenanzeige  Füllstandsanzeige  Bedienseite | rechts oder links | W3  W3  W3  F2 | Vertrieb  Vertrieb  Vertrieb  Konstruktion | 10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022  03.05.2022 |  |
| 8  8.1  8.2 | Stoffe  Werkstoffe mit Kontakt zum Kaffee  Werkstoffe ohne Kontakt zum Kaffee | 1.4301, 1.4404  Stahl | F1  F1 | Konstruktion  Konstruktion | 27.05.2022  27.05.2022 |  |
| 9  9.1  9.2  9.3  9.4  9.5  9.6  9.7 | Signale  Füllstand Trichter  Verschleiß  Füllstand der Behälter  Position Kran  Position Schneide  Position beweglicher Riegel  Zeitglied Rüttelung | Ultraschallsensor  Verschleißsensor  Ultraschallsensor  Signal in Endposition  Signal in Endposition  Signal in Endposition  Zeitsensor | W3  W3  W3  F2  F2  F2  F1 | Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion  Konstruktion | 10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022  10.04.2022 |  |
| 10  10.1  10.2 | Abnahme  Test  CE | Prüfläufe  Zu klären | F2  W3 | Konstruktion  Konstruktion | 15.05.2022  15.05.2022 |  |

## Funktionsstruktur







## Morphologischer Kasten

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Lösungsprinzip** | | | | |
| **Hauptfunktion** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kapsel nehmen | Geregeltes Fallen durch Mechanismus | Robotik | Trichter mit Klappe |  |  |
| Kapseln positionieren und festhalten | Bilderkennung | Robotik | Trichter mit rotierendem Gegenstück | Rüttelsieb danach Roboter |  |
| Kapseln öffnen | Klinge die Deckel absticht | Mit Säge absägen | Druckluft | Heizung |  |
| Kaffeepulver aus Kapselkörper holen | schütteln | Trommel | Druckluft | Rüttelsieb | Kapsel umkippen |

Lösungsvarianten:

1. Variante: 1,3,1,2 (blau)
2. Variante: 3,4,1,2 (rot)
3. Variante: 2,2,3,3 (grün)

## Lösungsbewertung



Nach der Lösungsbewertung wird die 2. Variante ausgewählt und konstruktiv umgesetzt, da ihre Bewertung am besten ist.

## Entwurf

## 2D-Zusammenbauzeichnung

## Stückliste

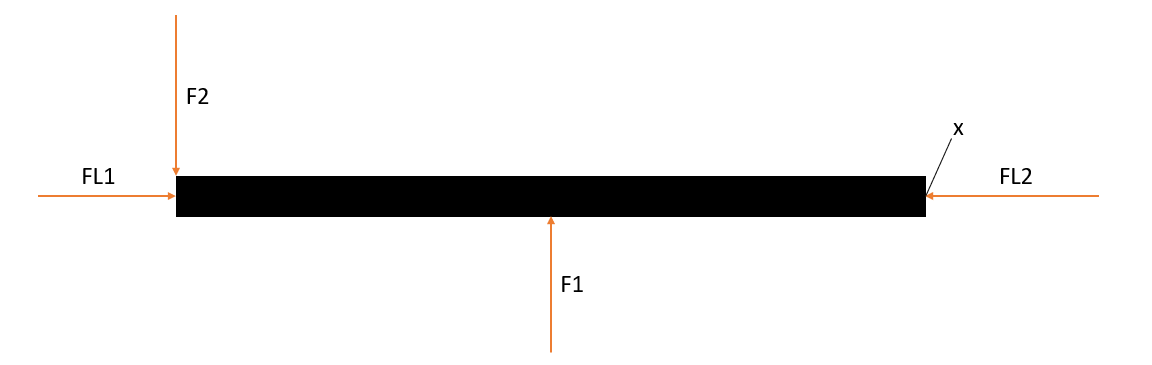
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pos. | Menge | Einh. | Benennung | Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung | Werkstoff | Bemerkungen (Lieferanten, Lieferbedingungen) |
| 1 | 1 | Stk. | Lagerbehälter | 1.1.1 | DC04 |  |
| 2 | 2 | Stk. | Lagerstützen mit Winkel | 1.1.2 | S235JR |  |
| 3 | 1 | Stk. | Keil | 1.2.1 | S235JR |  |
| 4 | 1 | Stk. | Trennstütze | 1.2.2 | S235JR |  |
| 5 | 1 | Stk. | Blechrutsche | 1.2.3 | DC04 |  |
| 6 | 1 | Stk. | Linearmotor | 1.1.3 |  | 100mm Hub |
| 7 | 1 | Stk. | Zylinderbefestigung | 1.1.3.1 | S235JR |  |
| 8 | 1 | Stk. | Klappenbefestigung | 1.1.3.2 | DC04 |  |
| 9 | 1 | Stk. | Klappe | 1.1.3.3 | DC04 |  |
| 10 | 1 | Stk. | Drehzapfen | 1.2.4 | 11SMn30 |  |
| 11 | 2 | Stk. | Schwingungsdämpfer | 1.2.5.0 | Gummi |  |
| 12 | 2 | Stk. | Rüttelmotor | 1.2.5.1 |  |  |
| 13 | 2 | Stk. | Schubstange | 1.2.5.2 | S235JR |  |
| 14 | 2 | Stk. | Lagerstützen | 1.1.4 | S235JR |  |
| 15 | 1 | Stk. | lange Lagerstüzte Blechrutsche | 1.2.6 | S235JR |  |
| 16 | 1 | Stk. | Querstrebe Blechrutsche | 1.2.7 | S235JR |  |
| 17 | 2 | Stk. | kurze Lagerstütze Blechrutsche | 1.2.8 | S235JR |  |
| 18 | 2 | Stk. | Verbindungsstück | 1.2.9 | S235JR |  |
| 19 | 2 | Stk. | Schraubwinkel | 1.2.10 | DC04 |  |
| 20 | 8 | Stk. | Stütze Rütteltisch | 1.3.1.0 | S235JR |  |
| 21 | 4 | Stk. | Rüttelrahmen lang mit Löchern | 1.3.2.0 | S235JR |  |
| 22 | 8 | Stk. | Rüttelrahmenverbindung | 1.3.2.1 | S235JR |  |
| 23 | 4 | Stk. | oberer Rüttelrahmen lang | 1.3.2.2 | S235JR |  |
| 24 | 8 | Stk. | Rüttelhalterung | 1.3.2.3 | S235JR |  |
| 25 | 4 | Stk. | Rütteltisch Rahmen lang | 1.3.1.1 | S235JR |  |
| 26 | 1 | Stk. | Querstütze Blechrutsche | 1.2.11 | S235JR |  |
| 27 | 2 | Stk. | untere Längsstrebe Blechrutsche | 1.2.12 | S235JR |  |
| 28 | 2 | Stk. | obere Längsstrebe Blechrutsche | 1.2.13 | S235JR |  |
| 29 | 4 | Stk. | Rüttelrahmen kurz | 1.3.2.5 | S235JR |  |
| 30 | 4 | Stk. | Rütteltisch Rahmen kurz | 1.3.1.2 | S235JR |  |
| 31 | 4 | Stk. | oberer Rüttelrahmen kurz | 1.3.2.6 | S235JR |  |
| 32 | 2 | Stk. | Lochblech | 1.3.4 | DC04 |  |

## Berechnung

Die Öffnungszeit des Behälters wird durch Tests eingestellt. Es dürfen aber maximal 70 Kapseln pro Öffnung aus dem Behälter fallen. Jedes Rüttelsieb wird pro Minute einmal befüllt und entleert. Daraus folgt:

Es werden innerhalb von 30 s alle Kapseln in die entsprechende Position gerüttelt.

Berechnung für die Klinge bei einseitiger Belastung. Für diese Belastung wird beispielhaft angenommen, dass nur eine Seite mit Kapseln gefüllt ist. Um dies zu verdeutlichen, dient folgende Skizze:



Aus der Momentengleichung um x folgt:

Die Klinge wird vereinfachend als Dreieck mit der Höhe 45 mm und der Breite 17 mm angenommen. Dann ergibt sich das Flächenträgheitsmoment:

Der maximale Randfaserabstand ist:

Damit kann man das Widerstandsmoment berechnen:

Die vorhandene Spannung ist somit:

Die Klinge ist aus X2CrNiMo17-12-2 (1.4404) und hat eine maximale Spannung:

Somit ist die Klinge gegen Biegung ausreichend stabil. Es wird dieser Edelstahl verwendet, da er für die Lebensmittelindustrie zugelassen ist und eine gute Festigkeit aufweist.

Risikobeurteilung

1. Beschreibung der Maschine

Die Benutzer sind Facharbeiter einer Firma, die Kaffeekapseln herstellt. Sie haben die Möglichkeit im Umgang mit der Maschine geschult zu werden und besitzen Fachkenntnisse im Umgang mit Maschinen.

1. Erfahrungen und Einsatz

Es entstehen Lärm, Vibrationen und Staub bei der Nutzung

1. Grenzen der Maschine:

Der Bewegungsbereich der Maschine geht nicht über die angegebenen Gesamtmaße hinaus. Lediglich der Roboter kann in den Bereich außerhalb rotieren, auch wenn die Programmierung dies verhindern soll. Das Bedienpersonal muss den Behälter für die Kaffeekapseln von oben befüllen. Dies geschieht idealerweise, durch einen Gabelstapler. Die Behälter für die getrennten Komponenten stehen auf dem Boden und können mit einem Hubwagen bewegt werden. Dies ist einfacher und ergonomischer als per Hand. Bei einer Wartung sind alle Komponenten von mindestens einer Seite leicht erreichbar.   
Das Wartungsintervall ist einmal im Monat, dies impliziert eine gründliche Reinigung.  
Eine Inspektion wird alle 2 Jahre durchgeführt, dabei wird die Maschine geprüft.  
Die Lebensdauer der Maschine beträgt 15 Jahre.  
Die Arbeitszeiten richten sich, nach den Arbeitszeiten der Mitarbeiter. Die Maschine ist auf einen Dauerbetrieb ausgelegt, wenn eine ausreichende Zufuhr der Kaffeekapseln und eine Abfuhr der getrennten Stoffe sichergestellt wird. Die Maschine wird lediglich gestoppt, wenn die Behälter entleert werden müssen, da dies bei laufendem Betrieb zu gefährlich wäre und die getrennten Stoffe sonst auf dem Boden landen würden. Die Maschine ist darauf ausgelegt in einer Produktionshalle zu stehen.  
Die Kapseln werden sauber stofflich getrennt. Dabei gelangen auch keine Hilfs- oder Betriebsstoffe an die Komponenten.   
Der Untergrund sollte eben sein und Vibrationen und Erschütterungen aushalten.

1. Gefährdungen identifizieren:

-Roboter kann Fehlfunktionen haben und sich unkontrolliert bewegen und Personen verletzen

Schadensausmaß: Wenn eine Person am Kopf getroffen wird, kann das tödlich enden. Der Schadenumfang ist, dass eine Person betroffen ist

Eintrittswahrscheinlichkeit:

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist hoch, da sich Personen im Umfeld der Maschine aufhalten und z. B. die Maschine nachfüllen

Aus dieser Risikobewertung resultiert, dass eine Risikominderung erforderlich ist. Diese wird durch einen Käfig um die gesamte Maschine hergestellt. Nur wenn der Käfig geschlossen ist, kann die Maschine gestartet werden.

Neue Risikobewertung:

Das Schadensausmaß bleibt gleich. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird aber signifikant gesenkt und ist jetzt nur noch sehr gering.

Aus dieser Risikobewertung resultiert, dass keine weitere Risikominderung nötig ist.

Weitere Gefahren sind:  
-Quetschgefahr bei Rüttelsieb und Trommel  
-Gefahr abgetrennte Finger bei Schneidvorrichtung  
-Gefahr abgetrennte Deckel ins Auge zu bekommen  
-Gefahr für Gehör wegen Lärm

-Gefahr Kaffeepulver einzuatmen