

# Maßnahmenanalyse der Baugruppe Boiler

Dokumentation im Rahmen einer FMEA für eine Siebträger-Espressomaschine  
im Modul Absicherung von Fahrzeugfunktionen (F4030.2)

Dozent: Dipl.-Ing. Armin Rohnen LbA

Stand: 01.07.2020  
Verfasserin: Nermin Arbi  
Matrikelnummer: 40519116

## 1 Kurzfassung / Abstract

Der tabellenorientierte Bericht befasst sich mit einer Maßnahmenanalyse der Baugruppe Boiler einer Siebträger Espressomaschine. Im Bericht werden existierende bzw. festgelegte Maßnahmen den Fehlfunktionen, die in der Fehleranalyse ermittelt wurden, zugeordnet.

## 2 Verzeichnis Formelzeichen

°	grad
bar	Druck in bar
C	Celsius
L	Liter

## 3 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
ELSA	Einfach Lösbarer Steck-Anschluss
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
evtl.	Eventuell
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis Fehler-Möglichkeiten und Einfluss Analyse
ggf.	gegebenfalls
n.i.O	Nicht in Ordnung
NTC	Negative Temperature Coefficient
PPSU	Polyphenylsulfone
PTFE	Polytetrafluorethylen

## 4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen für Boiler, Isolierung und Schrauben .....	7
Tabelle 2: Maßnahmen für Dichtung .....	9
Tabelle 3: Maßnahmen für ELSA-Anschlüsse .....	9
Tabelle 4: Maßnahmen für Heizelemente und Verschraubungshülsen.....	10
Tabelle 5: Maßnahmen für Heizungsregler .....	11
Tabelle 6: Maßnahmen für Wasserwendel .....	12
Tabelle 7: Maßnahmen für Über- und Unterdruckventil .....	12
Tabelle 8: Maßnahmen für Drucksensor .....	13
Tabelle 9: Maßnahmen für Temperatursensor .....	14
Tabelle 10: Maßnahmen für Füllstandsensor .....	14

## 5 Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung / Abstract.....	2
2	Verzeichnis Formelzeichen.....	2
3	Abkürzungsverzeichnis.....	2
4	Tabellenverzeichnis.....	3
5	Inhaltsverzeichnis.....	4
6	Einleitung.....	6
7	Aufgabenstellung.....	6
8	Maßnahmenanalyse der Baugruppe Boiler:.....	7
8.1	Boiler , Boilerdeckel, Isolierung und Schrauben.....	7
8.2	Dichtung.....	9
8.3	ELSA-Anschlüsse.....	9
8.4	Heizelemente und Verschraubungshülsen.....	10
8.5	Heizungsregler.....	11
8.6	Wasserwendel.....	12
8.7	Überdruckventil und Unterdruckventil.....	12
8.8	Drucksensor.....	13
8.9	Temperatursensor.....	14
8.10	Füllstandsensoren.....	14
9	Prüfpläne.....	15
9.1	Bauraumtemperatur-Prüfung.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9.2	Aufheizzeitprüfung.....	15
9.3	Durchflussmessung.....	16
9.4	Versorgungsspannungsprüfung Heizungsregler.....	16
9.5	Prüfung des Heizungsreglers (Temperatur- und Druckmessung) ...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9.6	Wassertemperaturmessung.....	16
9.7	Boilerdruckmessung.....	17
9.8	Versorgungsspannungsprüfung Drucksensor.....	17
9.9	Test des Drucksensors.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9.10	Probe Durchlauf Drucksensoren.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9.11	Durchflussmessung Drucksensor.....	17
9.12	Test des Temperatursensors.....	18
9.13	Probe Durchlauf Temperatursensor.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9.14	Test des Füllstandsensors.....	18
10	Montageanleitung des Dichtrings im Boiler.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
11	Zusammenfassung und Ausblick.....	19

12	Literatur-/Quellenverzeichnis .....	19
13	Anhang.....	20
13.1	Hydraulikplan .....	20

## 6 Einleitung

Im Wintersemester 16/17 entstand die Idee eine Siebträger-Espressomaschine und labortechnischen Espressomaschine zu entwickeln. Ziel dieser Entwicklung ist es, alle Espressomaschinen, die auf dem Markt sind, abbilden zu können. Sie soll in allen geschmacksgebenden Größen, wie Wassertemperatur und Dampfdruck, einstellbar sein. Dieses Projekt wurde in verschiedene Teilaufgaben unterteilt, welche im Rahmen von Bachelor- und Projektarbeiten bewältigt werden sollen.

Das Besondere an der Espressomaschine ist das Dual-Boiler-Konzept d.h, dass die Produktion von Dampf und Heißwasser getrennt stattfindet. Das hat den Vorteil der genaueren, konstanten und unabhängigen Temperierung von Dampf und Wasser. Außerdem, wird die benötigte Temperatur des Wassers, welches in die Brühgruppe geleitet wird, durch Mischung von heißem und kaltem Wasser mittels Dosierventile erreicht. Dadurch kann die Temperatur exakt und schnell eingestellt werden.

Insgesamt sollen vier Varianten der Espressomaschine konstruiert werden:

1. Die Laborvariante mit einem 3,6 Liter Stahlboiler und einer Brühgruppe.
2. Die Baristavariante mit einem 7,2 Liter Stahlboiler und zwei Brühgruppen.
3. Die Homevariante mit einem 1,8 Liter Stahlboiler und einer Brühgruppe.
4. Die Stylevariante mit Borosilikatboiler und einer Brühgruppe.

Die FMEA wird für die Variante mit 1,8 bzw. 3,6 Liter Stahlboiler durchgeführt.

## 7 Aufgabenstellung

Aufgabenstellung Maßnahmenanalyse

Alexander Egger: Entschichtung

Danilo Sladoje: Dampf, Brühgruppe

Michael Urbin: Magnetventile, Mischer

Nermin Arbi: Boiler

## 8 Maßnahmenanalyse der Baugruppe Boiler:

Die Maßnahmenanalyse basiert auf der Fehleranalyse. Hier werden existierende bzw. festgelegte Maßnahmen den Fehlfunktionen aus der Fehleranalyse zugeordnet. Es werden zwei Maßnahmengruppen unterschieden:

- Vermeidungsmaßnahmen und
- Entdeckungsmaßnahmen[1]

Im Folgenden werden die Tabellen aus der Fehleranalyse [5] übernommen und um eine Spalte für die Maßnahmen erweitert.

### 8.1 Boiler , Boilerdeckel, Isolierung und Schrauben

Tabelle 1: Maßnahmen für Boiler, Isolierung und Schrauben

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Boiler-zylinder , -flansch und -boden	<b>Undicht:</b> Schweißnaht (zwischen Boilerzylinder und -boden)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Schweißnaht (zwischen Boilerzylinder und -Flansch)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Deckel nicht richtig montierbar → Innengewinde für Befestigungsschrauben zu kurz geschnitten	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Funktionslos:</b> Deckel nicht montierbar → Gewindebohrungen im Flansch nicht koaxial mit denen im Deckel	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Deckel auf dem Boiler montieren bzw. versuchen zu montieren
Boilerdeckel	<b>Funktionslos:</b> Einbauteile nicht montierbar → Bohrungen für die Einbauteile nicht richtig positioniert	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Einbauteile auf dem Deckel montieren bzw. versuchen zu montieren
	<b>Funktionslos:</b> Einbauteile nicht montierbar → Bohrungen zu groß oder zu klein	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Einbauteile auf dem Deckel montieren bzw. versuchen zu montieren
	<b>Funktionslos:</b> Deckel nicht montierbar → Bohrungen für Befestigungsschrauben im Deckel nicht koaxial mit denen im Flansch	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Deckel auf dem Boiler montieren bzw. versuchen zu montieren

Isolierung	<b>Bauraum Erwärmung:</b> Isolierung nicht gut positioniert	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Bauraumtemperatur messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Bauraum Erwärmung:</b> Isolierung zu dünn (Auslegungsfehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Isolierungsauslegung zweimal durchführen (von zwei unterschiedliche Personen) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Bauraumtemperatur messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Bauraum Erwärmung:</b> Riss im Material	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Gute Materialqualität auswählen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Bauraumtemperatur messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Wassertemperatur schwer konstant zu halten:</b> Isolierung nicht gut positioniert	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Aufheizzeitprüfung (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Wassertemperatur schwer konstant zu halten:</b> Isolierung zu dünn (Auslegungsfehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Isolierungsauslegung zweimal durchführen (von zwei unterschiedliche Personen) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Aufheizzeitprüfung (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Wassertemperatur schwer konstant zu halten:</b> Riss im Material	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Qualitativ hochwertiges Material bei zertifizierten Lieferer bestellen. <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Aufheizzeitprüfung (siehe Abschnitt 9.1)
Schrauben	<b>Funktionslos:</b> Riss im Material	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Norm Schrauben bei zertifizierten Lieferer bestellen / Schrauben Gut bzw. richtig aufbewahren / Einsatzbedingungen beachten <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Visuell
	<b>Funktionslos:</b> Gewinde defekt	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Norm Schrauben bei zertifizierten Lieferer bestellen. <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Schraube versuchen zu schrauben
	<b>Undicht:</b> Befestigungsschrauben nicht genügend festgeschraubt (menschlicher Fehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Drehmomentschlüssel benutzen. <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])

## 8.2 Dichtung

Tabelle 2: Maßnahmen für Dichtung

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Dichtung	<b>Undicht:</b> Dichtung nicht gut positioniert/verrutscht	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung folgen. <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Dichtring beschädigt/Riss im Material	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> hochwertige Qualität bei zertifizierten Lieferer bestellen/ Gut bzw. richtig aufbewahren <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Dichtung zu dünn (Auslegungsfehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Dichtungsauslegung zweimal durchführen (zwei unterschiedliche Personen) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Funktionslos:</b> Dichtung nicht montiert (wurde vergessen!)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung und Checkliste erstellen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Unmontierbar:</b> Bohrungen nicht koaxial zur Bohrungen im Flansch bzw. im Deckel	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Kompetente Firma mit der Herstellung beauftragen

## 8.3 ELSA-Anschlüsse

Tabelle 3: Maßnahmen für ELSA-Anschlüsse

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
ELSA-Anschlüsse	<b>Undicht:</b> beschädigte O-Ringe	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Genormte Anschlüsse bei zertifizierten Lieferer bestellen / Einsatzbedingungen beachten <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> O-Ringe verrutscht	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Einpresshülse/Kralle defekt	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Genormte Anschlüsse bei zertifizierten Lieferer bestellen / Einsatzbedingungen beachten) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Riss im PPSU-Körper	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Genormte Anschlüsse bei zertifizierten Lieferer

		bestellen / ELSA-Anschluss richtig einsetzen (Bedingungen beachten) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Schlauch nicht richtig bzw. nicht ausreichend eingesteckt (menschlicher Fehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Checkliste erstellen. <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> Ablagerungen beeinträchtigen Klemmechismus	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht:</b> zu hoher Druck (>20bar)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Druck überprüfen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Durchflussminderung:</b> Kalk-/Schmutzablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Regelmäßig reinigen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Durchflussmessung (siehe Abschnitt 9.2)

## 8.4 Heizelemente und Verschraubungshülsen

Tabelle 4: Maßnahmen für Heizelemente und Verschraubungshülsen

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Heizelemente	<b>Längere Erhitzungszeit:</b> Außenfläche zu klein (Auslegungsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Aufheizzeit messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Übererhitzung des Boilers:</b> Unbeheizter Bereich zu kurz	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Messung der Geometrie
Verschraubungshülsen	<b>Undicht</b> im Gewinde	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht</b> an der Schweißnaht	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])

## 8.5 Heizungsregler

Tabelle 5: Maßnahmen für Heizungsregler

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Heizungsregler	<b>Funktionslos:</b> Leistungsregler defekt (Produktionsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Probendurchlauf (Prototyp Phase)
	<b>Funktionslos:</b> Leistungsregler defekt durch zu hoher Versorgungsspannung	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Versorgungsspannung prüfen (siehe Abschnitt 9.3)
	<b>Funktionslos:</b> Versorgungsspannung zu niedrig	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Versorgungsspannung prüfen (siehe Abschnitt 9.3) <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Funktionslos:</b> EMV Störungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Abschirmung von störende Signale <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Sollwert zu niedrig oder zu hoch:</b> Falsche Kalibrierung des 0-Punktes	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> angemessene Kalibrierung <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Sollwert zu niedrig oder zu hoch:</b> Falsche Kalibrierung des Endbereiches	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> angemessene Kalibrierung <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Sollwert zu niedrig oder zu hoch:</b> EMV Störungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Abschirmung von störende Signale <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)
	<b>Überhitzung/Überdruck:</b> Sollwert verpolt	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung beachten <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Temperatur bzw. Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.1)

## 8.6 Wasserwendel

Tabelle 6: Maßnahmen für Wasserwendel

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Wasserwendel	<b>Überfüllung des Boilers:</b> Wasserwendel undicht	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht nach Außen:</b> Undicht in der Verbindung zum Boiler	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Wassertemperatur zu niedrig:</b> Wasserwendel nicht lang genug (Auslegungsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Wassertemperatur messen (siehe Abschnitt 9.4)

## 8.7 Überdruckventil und Unterdruckventil

Tabelle 7: Maßnahmen für Über- und Unterdruckventil

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Überdruckventil	<b>Undicht</b> im Gewinde	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Undicht</b> klemmt beim wiedererschließen wegen Kalkablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Zu hoher Druck im Boiler:</b> Falscher Auslösedruckwert	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Auslösedruckwert überprüfen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.5) <b>Sicherheitsfunktion:</b> Grenzwert bei dem die Maschine sich automatisch mit Fehlermeldung abschaltet
Unterdruckventil	<b>Undicht</b> im Gewinde	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Boiler implodiert:</b> Unterdruckventil klemmt wegen Kalkablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Druck im Boiler messen (siehe Abschnitt 9.5) <b>Sicherheitsfunktion:</b> Grenzwert bei dem sich die Maschine automatisch mit Fehlermeldung abschaltet

## 8.8 Drucksensor

Tabelle 8: Maßnahmen für Drucksensor

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Drucksensor	<b>Undicht:</b> ELSA-Anschlüsse (siehe Tabelle 3)	(siehe Tabelle 3)
	<b>Funktionslos:</b> Versorgungsspannung zu niedrig oder zu hoch	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Versorgungsspannung überprüfen (siehe Abschnitt 9.6)
	<b>Funktionslos:</b> Sensor Defekt (Produktionsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Drucksensor testen (siehe Abschnitt 9.5)
	<b>Beeinträchtigte Funktion:</b> Beide Drucksensoren vertauscht (Montagefehler/ menschlicher Fehler)	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Sensoren beschriften
	<b>Keine Messergebnisse:</b> Kabelpole vertauscht an Sensor angeschlossen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Drucksensor testen (siehe Abschnitt 9.5)
	<b>Keine Messergebnisse:</b> Anschluss an Messplatine nicht an der richtigen Position	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Beschriftungen
	<b>Keine Messergebnisse:</b> Drücke außerhalb Messbereich (0-4bar)	<b>Vermeidungsmaßnahme/</b> <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Druck überprüfen/ Drucksensor testen (siehe Abschnitt 9.5)
	<b>Keine Messergebnisse:</b> Isolierung Kabel beschädigt	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Einsatzbedingungen beachten <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Isolierung Kabel überprüfen/ Drucksensor testen (siehe Abschnitt 9.5)
	<b>Falsche Messwerte:</b> Anschluss an Messplatine an der Position des anderen Drucksensors	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Kabeln beschriften <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Drucksensor testen (siehe Abschnitt 9.5)
	<b>Falsche Messwerte:</b> Abschirmung Kabel beschädigt	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Einsatzbedingungen beachten <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Abschirmung Kabel überprüfen
	<b>Falsche Messwerte:</b> Kalk- /Schmutz-ablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen
	<b>Falsche Messwerte:</b> EMV Störungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Abschirmung von störende Signale
<b>Durchflussminderung:</b> Kalkablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen <b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Durchflussmenge messen (siehe Abschnitt 9.7)	

## 8.9 Temperatursensor

Tabelle 9: Maßnahmen für Temperatursensor

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Temperatursensor	<b>Keine Messergebnisse:</b> Anschluss an Messplatine nicht an der richtigen Position	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Kabeln beschriften
	<b>Keine Messergebnisse:</b> Sensor Defekt (Produktionsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Sensor testen (siehe Abschnitt 9.8)
	<b>Undicht</b> im Gewinde	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])
	<b>Falsche Messwerte:</b> Kalk-/Schmutzablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen
	<b>Falsche Messwerte:</b> Kalibrierdaten vertauscht	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Sensor testen (Siehe Abschnitt 9.8)
	<b>Falsche Messwerte:</b> Temperatureinfluss auf Widerstand falsch berücksichtigt	<b>Vermeidungsmaßnahme/Entdeckungsmaßnahme:</b> Mit verschiedene Temperaturwerte testen
	<b>Falsche Messwerte:</b> Anschluss an Messplatine an der Position des anderen Temperatursensor	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Beschriftungen

## 8.10 Füllstandsensor

Tabelle 10: Maßnahmen für Füllstandsensor

Bauteil	Fehlermöglichkeit	Maßnahmen
Füllstandsensor	<b>Boiler Überfüllung/Funktionslos:</b> Kabel nicht an der richtigen Position angeschlossen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Beschriftungen <b>Sicherheitsfunktion:</b> wenn Y02, Y04, Y05 und Y06 geschlossen sind Pumpeneinsatzzeit begrenzen mit Fehlermeldung
	<b>Boiler Überfüllung/Funktionslos:</b> Anschluss an Messplatine nicht an der richtigen Position	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> Montageanleitung erstellen/ Beschriftungen <b>Sicherheitsfunktion:</b> wenn Y02, Y04, Y05 und Y06 geschlossen sind Pumpeneinsatzzeit begrenzen mit Fehlermeldung
	<b>Boiler Überfüllung/Funktionslos:</b> Kalk-/Schmutzablagerungen	<b>Vermeidungsmaßnahme:</b> regelmäßig reinigen <b>Sicherheitsfunktion:</b> wenn Y02, Y04, Y05 und Y06 geschlossen sind Pumpeneinsatzzeit begrenzen mit Fehlermeldung

	<b>Boiler</b> <b>Überfüllung/Funktionslos:</b> Sensor Defekt (Produktionsfehler)	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Füllstandsensor testen (siehe Abschnitt 9.9) <b>Sicherheitsfunktion:</b> wenn Y02, Y04, Y05 und Y06 geschlossen sind Pumpeneinsatzzeit begrenzen mit Fehlermeldung
	<b>Undicht</b> im Gewinde	<b>Entdeckungsmaßnahme:</b> Dichtheitsprüfung (siehe [6])

## 9 Prüfpläne

### 9.1 Aufheizprüfung

**Merkmale:** Aufheizzeit und Bauraumtemperatur

**Merkmalswert Aufheizzeit :** 250 Sekunden bei dem 1,8 l Zweikreisboiler mit 1800 W Heizelement [3]

400 Sekunden bei dem 3,6 l Zweikreisboiler mit 2250 W Heizelement [3]

**Merkmalswert Bauraumtemperatur:** Labortemperatur z.B 20°C

#### Prüfprozess:

1. Espressomaschine gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbinden.
  2. Thermometer in der Nähe des Boilers platzieren und Wert ablesen (Labortemperatur)
  3. Durchführung der Funktion Boilerbefüllen und Boilerdruck
  4. Heizelement steuern
  5. Messkurve Temperatur mit Hilfe der Betriebssoftware über die Zeit ermitteln
  6. Temperaturwert auf dem Thermometer ablesen
  7. Zeit stoppen wenn die gewünschte Temperatur bzw. Druck im Boiler erreicht ist.
- ➔ Falls der Temperaturwert größer als der zulässige Wert ist, muss die Isolierung nachgeprüft werden.
  - ➔ Falls Die Messkurve Temperatur nicht in einem definierten Toleranzbereich zu einer Solllinie liegt muss die Isolierung, das Heizelement und der Heizungsregler nachgeprüft werden.
  - ➔ Falls die Temperatur nicht steigt muss der Heizungsregler nachgeprüft werden.

## 9.2 Durchflussmessung

**Merkmal:** Durchflussmenge ELSA-Anschluss

**Merkmalswert:** muss durch ein Erstversuch festgelegt werden (erster Einsatz der ELSA-Anschlüsse)

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine muss gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbunden sein.
2. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen*
3. Alle Magnetventile schließen
4. Magnetventile Y02 und Y03 öffnen
5. Pumpe für eine bestimmte Zeit mit PWM=25% (Beispielswert) einschalten.
6. Durchflussmenge erfassen.  
→ Falls der Wert kleiner als der zulässige Wert ist, müssen die ELSA-Anschlüsse gereinigt werden.

## 9.3 Versorgungsspannungsprüfung Heizungsregler

**Merkmal:** Versorgungsspannung

**Merkmalswert:** 24 V

**Prüfprozess:**

Mit Hilfe eines Multimeters die Spannung messen

## 9.4 Wassertemperaturmessung

**Merkmal:** Wassertemperatur nach dem Mischer

**Merkmalswert:** z.B 90°C

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbinden.
2. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen* und *Boilerdruck*
3. Dosierventil mit 0V ansteuern (nur Warmwasser)
4. Magnetventile Y01 und Y06 öffnen, Magnetventil Y10 muss offen sein.
5. Temperaturwert nach dem Mischer erfassen  
→ Falls der Wert niedriger als der kleinste zulässige Wert ist dann ist die Wasserwendel zu kurz

## 9.5 Boilerdruckmessung

**Merkmal:** Druck im Boiler

**Merkmalswert:** bis zu einem bestimmten Grenzwert frei festlegbar

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbinden.
  2. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen*
  3. Boiler aufheizen
  4. Druck im Boiler erfassen (Betriebssoftware)
  5. Temperatur im Boiler erfassen (Betriebssoftware)
- ➔ für die gemessene Boilertemperatur muss der Boilerdruck gemäß Dampfdrucktabelle vorliegen

## 9.6 Versorgungsspannungsprüfung Drucksensor

**Merkmal:** Versorgungsspannung (Gleichspannung in Volt)

**Merkmalswert:** 5 V

**kleinster zulässiger Wert:** 4,5 V

**größter zulässiger Wert:** 5,5 V

**Prüfprozess:**

Mit Hilfe eines Multimeters die Spannung messen

## 9.7 Durchflussmessung Drucksensor

**Merkmal:** Durchflussmenge nach Drucksensor (Boiler)

**Merkmalswert:** muss durch ein Erstversuch festgelegt werden (erster Einsatz des Drucksensors)

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine muss gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbunden sein.
  2. Ein anderer Durchflussmessungspunkt zwischen Drucksensor und Dampfzange einbringen
  3. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen* und *Boilerdruck*
  4. Dampfzange öffnen
  5. Durchflussmenge erfassen.
- ➔ Falls der Wert kleiner als der zulässige Wert ist, müssen die ELSA-Anschlüsse des Drucksensors gereinigt werden.

## 9.8 Test des Temperatursensors

**Merkmal:** Temperatur im Boiler

**Merkmalswert:** bis zu einem bestimmten Grenzwert frei festlegbar

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbinden.
  2. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen*
  3. Boiler aufheizen
  4. Druck im Boiler erfassen (Betriebssoftware)
  5. Temperatur im Boiler erfassen (Betriebssoftware)
- ➔ für der gemessener Boilerdruck muss die Boilertemperatur gemäß Dampfdrucktabelle vorliegen

## 9.9 Test des Füllstandsensors

**Prüfprozess:**

1. Espressomaschine gemäß Hydraulikplan (Anhang 1) montieren und mit dem Raspberry Pi verbinden.
  2. Durchführung der Funktion *Boilerbefüllen*
- ➔ Falls eine Fehlermeldung (siehe Sicherheitsfunktion) auf dem Bildschirm erscheint dann ist der Füllstandsensord defekt.

## 10 Zusammenfassung und Ausblick

Alle Prüfpläne müssen mit denen der anderen Teammitgliedern verglichen, angepasst und in einem Maßnahmen-Katalog zusammen gefügt werden.

## 11 Literatur-/Quellenverzeichnis

1. Dipl.-Ing Armin Rohnen LbA, Skript Absicherung Fahrzeugfunktionen
2. 20200614\_FMEA.xlsx, Excel-Tabelle
3. Status Espressomaschine (Stand: 23.03.2020)
4. Melissa Schütz, Moritz Albrecht, Vladyslav Sosnytskyi, Konstruktion von vier Siebträger-Espressomaschinen, Projektarbeit 2020
5. Nermin Arbi, Fehleranalyse der Baugruppe Boiler (Stand: 11.06.2020)
6. Nermin Arbi, Michael Urbin, Danilo Sladoje, Alexander Egger, Dichtheitsprüfung (Stand: 17.06.2020)

## 12 Anhang

### 12.1 Hydraulikplan

