



Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Flugzeugtechnik

Funktionsanalyse zur Energieeffizienz der Espressomaschine

Betreuer: Dip.-Ing. A. Rohnen

Datum: 25.05.2020

Zeit: 10:00

Name:

Alexander Egger

Matrikel-Nr.:

21944216

Inhalt

1. Abkürzungsverzeichnis/normgerechte Bezeichnung	3
2. Einleitung	4
3. Hintergrund	4
3.1 Gesetze und Normen	4
3.2 Ambitionen.....	4
4. Funktionsweise Energieeffizienz	4
4.1 Umsetzung	5
4.1.1 Entschichtung (via Wasserumwälzung).....	5
4.1.2 Isolierung.....	5
4.1.3 Stand-By	6
4.2 Steuerungs-/softwaretechnik.....	6
5. Fazit.....	6

1. Abkürzungsverzeichnis/normgerechte Bezeichnung

Q	Schalter und Schütze
Y	Ventile
X	Steckverbindungen
F	Sicherungen
R	Widerstände
B	Boiler
Si	Blindsieb
M	Motor
H	Heizelement
BT	Temperatursensor
BP	Drucksensor
BW	Kraftsensor (Wägezelle)
BFS	Füllstandsensoren
BDF	Durchflusssensoren
BLF	Leitfähigkeitssensoren
UF	Unterfunktion
EF	Elementarfunktion
°dH	Grad deutscher Härte
SSR	solid state Relay

2. Einleitung

Aufgrund des Interesses am Geschmack Espresso und der damit assoziierten klassischen Siebträgermaschine wird seit 2016 unter der Aufsicht und Leitung A. Rohnens zusammen mit der Kaffeewerkstatt München eine innovativere, individualisierbare und **energie-/zeiteffiziente** Neuaufgabe einer solchen Maschine entwickelt.

Durch die schon sehr ausgereiften 4 Typen der Baugruppenmodularen (Labor und Röster, Bar und Barista, Home, Style) Maschine lassen sich verschiedene Funktionen übergreifend definieren, erklären und optimieren. Um dies zu umzusetzen besteht im Rahmen der Vorlesung „Absicherung von Fzg-Funktionen“ die Aufgabenstellung eine FMEA (Failure Mode and effects Analysis, zu dt. Fehlermöglichkeitsanalyse) bzgl. der labortechnischen Espressomaschine durchzuführen.

Mit diesem Bericht soll die **Funktionsweise der Energieeffizienz** spezifiziert erklärt und vor dem Hintergrund der Ambitionen zusammengefasst werden.

3. Hintergrund

Ansporn an ein energieeffizientes System sind neben normrechtlichen Gründen das Prestige und dem Nacheifern des stetigen Zieles der Verbesserung der Ökobilanz.

3.1 Gesetze und Normen

In der EU-Norm „RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009“ (wird regelmäßig aktualisiert) ist definiert, wie sich Haushaltsgeräte bzgl. der Energieeffizienz zu verhalten haben. Um die umzusetzen wird vorgeschrieben, nach 15-minütiger Inaktivität (Passivität) muss sich das Gerät abschalten → Stand-By-Modus.

4

3.2 Ambitionen

Des Weiteren sind in Forschung und Entwicklung die Ambitionen technologischen Vorsprung zu entwickeln sehr hoch. Auch wird wegen dem Klimawandel stets mehr Wert auf energieeffiziente Bauweisen (z.B. Optimierung der Isolierung) und damit hohen Wirkungsgraden gelegt. Diese erhöhte Priorisierung der Energieeffizienz zusammen mit dem Ziel ein möglichst schnelles Aufheizverhalten zu erlangen ermöglicht eine eigene Denkweise an das Produkt und kann durch bereits eingeflossene Ideen (vgl. **Wasserumwälzung**) als Pionierarbeit gesehen werden.

4. Funktionsweise Energieeffizienz

Als reine Funktion kann nur die Entschichtung betrachtet werden. Diese wird in 4.1.1 genauer erläutert. Die anderen Inhalte der Energieeffizienz sind Entwicklungsarbeit in Softwaremanagement (vgl. Stand-By) und Werkstoffkunde (vgl. Isolierung) unter Berücksichtigung der Thermodynamik.

4.1 Umsetzung

Die Umsetzung der Berücksichtigung der Energieeffizienz sieht wie folgt (tabellarisch) aus:

Tabelle 1: Hauptfunktion, Unterfunktion, Elementarfunktion

Hauptfunktion	Unterfunktion	Elementarfunktion
Energieeffizienz	Entschichtung	Magnetventile: Y02 + Y03 öffnen; Y01, Y04, Y06 schließen
		Temperaturmessung B[T]
		Durchflussmessung [BDF]
		Pumpe steuern [M]
		Entschichtung (Softwaremodul)
	Isolierung	Isoliermaterial
	Stand-By	Ruhezeit erfassen (softwaretechnisch)

Der Hauptfunktion „Energieeffizienz“ unterliegen 3 Unterfunktionen, wobei als Kern die Entschichtung (UF 1) fungiert. „Isolierung“ (UF 2) und „Stand-By“ (UF 3) werden ebenfalls als Unterfunktionen thematisiert.

4.1.1 Entschichtung (via Wasserumwälzung)

In der Projektarbeit „Simulationsmodell einer Siebträger Kaffeemaschine“ stellte sich heraus, dass die Schichtung des Kaffeewassers im Boiler erheblichen Einfluss auf das Thermomanagement hat. Da sich heißes Wasser oben „drauf“-schichtet ist keine konstante Temperatur des Kaffeewassers im Boiler zu detektieren und ein hohes Temperatur-Delta zwischen Wasserschichten bedeutet eine erhöhte Wärmeübertragung. Um dem entgegen zu wirken wird eine Entschichtung (Wasserumwälzung) eingeführt:

Nach Erreichen einer zuvor definierten Temperatur (per Temperaturmessung BT) im Boiler werden die Magnetventile Y02 und Y03 geöffnet sowie anhand der Durchflussmessung die Pumpe angesteuert bzw. die Pumpleistung geregelt um somit eine definierte Wassermenge von unten aus dem Boiler zu leiten und oben aufzuschichten.

Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Wärmeübertragung innerhalb des Kaffeewassers optimiert wird und sich im Boiler nach Kundgabe der Bereitstellung von Kaffeewasser ausschließlich ausreichend temperiertes Wasser befindet.

Um die erreichte Temperatur zu halten wird folglich auf die Isolierung eingegangen.

4.1.2 Isolierung

Um die erbrachte Heizleistung in Form von in wassergespeicherter Wärme möglichst lange aufrecht zu halten, wurde bereits durch vorangegangene Projektarbeiten auf die Isolierung und der verbundenen Thermodynamik eingegangen.

Die Isolierung als 2. Unterfunktion der Energieeffizienz beinhaltet das Isoliermaterial → Materialien mit besonders geringer Wärmeübertragung. Sämtliche Leitungen und Komponente werden isoliert um geringe Wärmeübertragungen (Wärmestrahlung, Konvektion, Konduktion) zu ermöglichen. Der Wasserspeicher (Stahlboiler) liegt besonders im Fokus der Isolierung.

4.1.3 Stand-By

Der Stand-By-Modus wird softwaretechnisch realisiert. Wie bereits eingangs angesprochen, ist dieser lt. EU-Norm zwingend notwendig. Des Weiteren können die erwähnten 15 Minuten Ruhezeit bei herkömmlichen Siebträgermaschinen kaum realisiert werden, weil die meisten länger zum Aufheizen brauchen. Da die hier entwickelte Espressomaschine Aufheizzeiten von um die 5 Minuten anstrebt, ist die EU-Norm realisierbar. Hierfür muss in der Maschinensteuerung ein Programm hinterlegt werden, welches einen Timer ab letzter Benutzung (bzw. ab Erreichen der Bereitschaftstemperatur) auf 15 Minuten setzt und anschließend das System in den Stand-By versetzt.

4.2 Steuerungs-/softwaretechnik

Wie bereits erwähnt muss für den Stand-By-Modus ein Timer regeln, wann die Maschinensteuerung das System herunterfährt. Auch muss hierfür ein Programm geschrieben werden. Für die Isolierung bedarf es keiner Technik, da diese rein mechanisch umgesetzt wird.

Das Entschichten muss ebenfalls als ein Programm geschrieben werden, um Durchflussmenge (zur Schichtung nach „oben“ gepumptes Wasser) und Temperatur (Beginn der Schichtung) klar zu definieren. Ebenso müssen die SSR-Inseln angesteuert werden, um die zur Wassermwälzung benötigten Magnetventile zu öffnen.

5. Fazit

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Funktion „Energieeffizienz“ aus einer rein technischen Unterfunktion, dem Entschichten, und zwei definierte/erforschte Unterfunktionen Stand-By und Isolierung besteht.

Für die Zukunft kann mitgenommen werden, dass die Entschichtung technisch bereits ausreichend definiert ist (softwaretechnisch können noch Herausforderungen auftreten). Des Weiteren wird bereits ein hoher Anspruch an die Isolierung gelegt, wodurch ein hoher Wirkungsgrad realisierbar ist. Die EU-Norm Stand-By kann ebenfalls softwaretechnisch realisiert werden und einer hohen Energieeffizienz steht voraussichtlich nichts mehr im Wege.

Literaturverzeichnis:

1. Armin Rohnen, Status der Entwicklung einer Siebträger-Espressomaschine und labor-technischen Espressomaschine, 03/2020
2. 20200417_Hydraulikplan_Labor_u_Home.pdf, 04/2020
3. Marc Arendt, Neukonstruktion einer Kaffeemaschinenbrühgruppe, Bachelorarbeit, 12/2018
4. Rawad Alshilch, Frank Hadwiger, Sieber Timo, Inbetriebnahme der Labor-Espressomaschine, Projektarbeit, 03/2018
5. Tobias Tritschler, Konstruktion zweier Druckbehälter für eine hochwertige Siebträgermaschine, Bachelorarbeit, 05/2019
6. Kilian Stach, Entwicklung einer labortechnischen Mehrkreis- und Mehrkessel-Espressomaschine, Bachelorarbeit, 02/2020
7. Dino Krzavic, Dokumentation zu den einzelnen Arbeitspaketen für die „Entwicklung einer Systemsteuerung einer Espressomaschine“, Bachelorarbeit, 04/2020
8. RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009
9. Matthias Kretschmar, Joshua Bauske, Christoph Binder, Simulationsmodell einer Siebträger Kaffeemaschine, Projektarbeit, 21. Jhd.

Tabellen-/Abbildungsverzeichnis:

1. Tabelle 1: Hauptfunktion, Unterfunktion, Elementarfunktion