

Bericht  
Kaffee- und Teewasserbezug einer  
Siebträgermaschine mit  
veränderbaren Parametern



Mai 2020



## 1 Abstract

In diesem Bericht werden die Hauptfunktionen des Espresso- und Teewasserbezuges einer Siebträger-Espressomaschine beschrieben. Die Maschine ermöglicht, durch die Änderung technischer Parameter, verschiedene auf dem Markt befindliche Maschinen abzubilden und damit den Espressogeschmack zu beeinflussen.

## 2 Abkürzungsverzeichnis

SSR	solid state Relais
BG	Baugruppe

## 3 Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktionen Espresso Bezug .....	5
Tabelle 2: Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktionen Teewasser Bezug .....	5
Tabelle 3: Komponenten - Sollwertvorgabe .....	6
Tabelle 4: Komponenten – Ventilsteuerung (passive Komponenten grün eingefärbt).....	6
Tabelle 5: Komponenten – Durchflussrate (passive Komponenten grün eingefärbt) .....	7
Tabelle 6: Komponenten – Wasserbezugstemperatur (passive Komponenten grün eingefärbt) .....	8
Tabelle 7: mögliche Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktion Pre-Infusion.....	9
Tabelle 8: Komponenten – Pre-Infusion (passive Komponenten grün eingefärbt) .....	9
Tabelle 9: Komponenten – Aufnahme Siebträger (passive Komponenten grün eingefärbt) .....	10

## 4 Inhaltsverzeichnis

1 Abstract	2
2 Abkürzungsverzeichnis	3
3 Abbildungsverzeichnis	3
4 Inhaltsverzeichnis	4
5 Aufgabenstellung	5
6 Wasserbezug	5
6.1 Sollwertvorgabe	6
6.2 Steuerung der Ventile	6
6.3 Durchflussrate	7
6.4 Wasserbezugstemperatur	7
6.5 Pre-Infusion	8
6.6 Aufnahme des Siebträger	10
7 Ausblick	11
8 Literaturverzeichnis	12

## 5 Aufgabenstellung

Zugrunde liegt der Statusbericht und der Hydraulikplan einer sich noch in der Entwicklung befindlichen Siebträger-Espressomaschine. Mit der Maschine soll es möglich sein, den Geschmack des hergestellten Kaffees durch die Änderung von Wassertemperatur, Durchflussrate und Zeitspanne der ersten Benetzung des Kaffeemehls mit Wasser, technisch zu beeinflussen. Damit ist es auch möglich **verschieden**, auf dem Markt befindliche Siebträger-Espressomaschinen abzubilden.

Die Maschine soll später in unterschiedlichen Modellen umgesetzt werden. Dieser Bericht behandelt den Aufbau und die Funktion des labortechnischen Prototyps und der hydraulisch gleich aufgebauten 'Home' Variante.

Erfasst werden, sollen die Funktionen des Kaffee- und Teewasserbezuges und die dafür erforderlichen Bauteile, im Rahmen der Erstellung einer FMEA-Tabelle.

## 6 Wasserbezug

Die Maschine kann zwei unterschiedliche Formen der Ausgabe realisieren – Ausgabe von Espresso und Ausgabe von Teewasser. Der Teewasserbezuges unterscheidet sich vom Espressobezuges dadurch, dass das Wasser keine Bauteile durchläuft, in denen das Kaffeemehl aufgebührt wird. Somit fällt auch die Pre-Infusion (Benetzung des Kaffeemehls) hier weg. Die Hauptfunktion Espressobezug gliedert sich in die Ausgabe von einer, oder zwei Tassen Espresso. **Da die Funktionsweise sich durch die Durchflussmenge nicht unterscheidet, werden diese beiden Funktionen hier zu einer zusammengeführt.**

Für Espresso- und Teewasserbezug ergeben sich nachfolgend aufgelistete Unter- und Elementarfunktionen. Diese werden in den nächsten Punkten genauer beschrieben.

Tabelle 1: Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktionen Espressobezug

Hauptfunktion	Unterfunktion	Elementarfunktion	
Espressobezug	Sollwertvorgabe		
	Ventile steuern		
	Durchflussrate (Verlauf)		Durchflussmessung
			Pumpensteuerung
	Wasserbezugstemperatur (Verlauf)		Wasser erhitzen
			Wasser mischen
	Pre-Infusion		1g Kaffee --> 1g Wasseraufnahme
		Elementarfunktionen nicht definiert	
Siebträger aufnehmen			

Tabelle 2: Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktionen Teewasserbezug

Hauptfunktion	Unterfunktion	Elementarfunktion	
Teewasserbezug	Sollwertvorgabe		
	Ventile steuern		
	Durchflussrate (Verlauf)		Durchflussmessung
			Pumpensteuerung
	Wasserbezugstemperatur (Verlauf)		Wasser erhitzen
		Wasser mischen	

## 5.1 Sollwertvorgabe

Vom Anwender kann über die Bedienung ausgewählt werden, ob Espresso- oder Teewasserbezug erfolgt, welche Menge ausgegeben wird (1 Tasse, 2 Tassen) und welche Maschine abgebildet werden soll. Später könnte bei Espresso Bezug, auch die Masse des Kaffeemehls im Siebträger angegeben werden. Anhand dieser Angaben wird ein Programm im Controller gestartet, das den Verlauf von Durchflussrate und Wasserbezugstemperatur, die Ventilsteuerung und die Pre-Infusion ausdrückt. Durch die aktuellen Messwerte von Temperatur und Durchfluss, werden von den PID-Regelungen, im zeitlichen Verlauf, Sollwerte an die Basisplatine und SSR-Insel (Solid-State-Relais) übergeben. Die Basisplatine schaltet DC-Rotationspumpe und Wassermischer, die SSR-Insel die Ventile.



Tabelle 3: Komponenten - Sollwertvorgabe (passive Komponenten grün eingefärbt)

<b>elektrische/elektronische Komponenten</b>  Controller (Raspberry Pi, oder PIC) Basisplatine SSR-Insel
<b>Steuerungssoftware</b>  Mischerregler Pumpenregler Preinfusionsregler

## 5.2 Steuerung der Ventile

Über die Schaltung von Magnetventile, wird das Wasser durch die Rohrleitungen in die erforderlichen Bauteile gebracht. Die Positionen sind, Anhand der verwendeten Namen dem im Literaturverzeichnis aufgeführten Hydraulikplan zu entnehmen. Die Magnetventile werden über die SSR-Insel geschaltet, die am digitalen Ausgang des Controllers angeschlossen ist. Magnetventil Y01, aus der Baugruppe (BG) ‚Boilerbefüllung‘, wird geöffnet um der Pumpe Frischwasser zur Verfügung zu stellen, Y06 öffnet die Leitung für den Wasserbezug. Wird Wasser bezogen, schließt sich das Überlaufventil Y10. In der Baugruppe ‚Brühgruppe‘ öffnet Ventil Y07 die Leitung in den Siebträger für Espresso Bezug. Y09 öffnet die Leitung für Teewasserbezug. An der Funktion sind die aufgeführten Komponenten beteiligt.

Tabelle 4: Komponenten – Ventilsteuerung (passive Komponenten grün eingefärbt)

<b>mechanische Komponenten</b>  BG Entschichtung/Boilerbefüllung: Ventile Y01, Y06, Y10  BG Brühgruppe: Ventil Y10 und Y07 für Espresso Bezug Ventil Y10 und Y09 für Teebezug
--



### elektrische/elektronische Komponenten

SSR-Insel  
Controller (Raspberry Pi, oder PIC)  
Basisplatine  
Kabel

### 5.3 Durchflussrate

Die Durchflussmenge wird pumpennah mit einem Flowmeter der Firma Digmesa gemessen. Der Durchfluss wird durch eine Rotationspumpe mit DC-Motor gewährleistet. Sie wird durch den Controller PID-geregt und über die SSR-Insel geschaltet. Da Druck und Durchfluss direkt zusammenhängende physikalische Größen sind, ist es nicht notwendig den Druck zu messen.

Bei Espresso bezug wird der Druckverlauf im Kaffeepuck durch den Mahlgrad und die Kraft des Verpressens des Kaffeemehls bestimmt. Da die Durchflussrate des Bezugswassers ein geschmacksbildendes Merkmal darstellt, muss der steigende Druck von der Rotationspumpe ausgeglichen werden können, um die vorgegebene Durchflussrate zu gewährleisten.

*Tabelle 5: Komponenten – Durchflussrate (passive Komponenten grün eingefärbt)*

### mechanische Komponenten

BG Entschichtung/Boilerbefüllung:  
Pumpe  
Leitungen

### elektrische/elektronische Komponenten

BG Entschichtung/Boilerbefüllung:  
DC-Motor  
Digmesa Flowmeter

BG Steuerungselektronik:  
Controller (Raspberry Pi, oder PIC)  
SSR-Insel  
Basisplatine  
Kabel

### Steuerungssoftware

Pumpenregler

### 5.4 Wasserbezugstemperatur

Um unterschiedliche Bezugswassertemperaturen realisieren zu können, wird kaltes und warmes Wasser gemischt. Das auszugebende Wasser wird in eine Kaltwasser und eine Warmwasserleitung geteilt. Die Kaltwassermenge wird durch ein AVS Römer Dosierventil über die Basisplatine gesteuert. Der verbleibende Wasseranteil wird durch eine Düse gedrosselt und gelangt dann in ein Wasserwendel, das den Heißwasserboiler durchläuft. Das erhitzte Wasser wird anschließend mit dem Kaltwasser vermischt. Nach dem Vermischen wird die Wassertemperatur über einen NTC-Temperatursensor gemessen. Die NTC-Messplatine sitzt auf der Basisplatine. Anhand der gemessenen Temperatur, regelt der Controller über den programmierten PID Regelkreis den Sollwert für das Kaltwasser Dosierventil zwischen 0V und 10V. Die Wassertemperatur wird entsprechend verändert.

Die kalte Brühgruppe, sowie der kalte Siebträger, stellen durch ihre niedrige Wärmekapazität und -Leitfähigkeit sicher, dass die Wasserbezugstemperatur nur geringfügig verändert wird. Der dennoch stattfindende Wärmefluss wird dem Sollwert der Bezugstemperatur beaufschlagt.

*Tabelle 6: Komponenten – Wasserbezugstemperatur (passive Komponenten grün eingefärbt)*

<p><b>mechanische Komponenten</b></p> <p>BG Boiler:  Wasserwendel  Boiler  Leitungen</p> <p>BG Mischer  Drossel  Mischer  Leitungen</p>
<p><b>elektrische/elektronische Komponenten</b></p> <p>BG Boiler:  Heizelement  Temperatursensor  Füllstandsensor</p> <p>BG Mischer:  AVS Römer Dosierventil  AVS Römer Temperatursensor</p> <p>BG Steuerungselektronik:  Controller (Raspberry Pi, oder PIC)  SSR-Insel  Basisplatine  NTC-Messplatine  Kabel</p>
<p><b>Steuerungssoftware</b></p> <p>Mischerregler  Füllstandsregler  <del>Temperaturregelung Boiler</del></p> 



## 5.5 Preinfusion

Die Funktion der Pre-Infusion wurde noch nicht genauer definiert. Eine Programmierung steht noch aus. Die Preinfusionszeit und der Preinfusionsverlauf soll später frei gestaltet werden können. Allerdings liegen bereits einige Informationen vor, die erlauben, eine mögliche Umsetzungsweise zu beschreiben.

1g Kaffeemehl kann 1g Wasser (Todwasser) aufnehmen. Der Durchfluss der Todwassermenge, die nötig ist, um das gesamte Kaffeemehl zu benetzen, wird als Pre-Infusion bezeichnet. Die Pre-Infusionszeit, ist die Zeit, in der ~~dieser Durchfluss~~ geschieht und gilt als geschmacksbildendes Merkmal. Das Szenario der Pre-Infusion wird durch die PID-Regelung der DC-Rotationspumpe abgebildet. Während der Pre-Infusionszeit soll diese durch eine PID-Regelung des Controllers auf Maximaldruck geregelt werden. Für die Druckregelung können die Messwerte der zwei verbauten AVS Römer Drucksensoren auf der Spannungs-Messplatine, verwendet werden. Sie liefern ein Signal von 0V bis 5V und messen den pumpennahe Systemdruck, sowie den Druck nach der Mischung von Kalt- und Warmwasser. Dieser gilt auch als jener, der am Kaffeepuck des Siebträgers anliegt. ~~Anschließend wird die Pumpe wieder auf Durchfluss, wie unter Punkt 5.3 beschrieben, geregelt. Der Anwender könnte später die Möglichkeit haben, die Masse des verpressten Kaffeemehls anzugeben. Anhand dieser Angabe, wird die Todwassermenge, welche vom Kaffeemehl aufgenommen wird und eine zugehörige Pre-Infusionszeit und ein Pre-Infusionsverlauf definiert. Außerdem könnte diese Angabe die Möglichkeit bieten, die Todwassermenge später der Gesamtfördermenge zu beaufschlagen, um keine Verluste in der ausgegebenen Wassermenge zu verzeichnen.~~

Die folgenden Tabellen zeigen daraus resultierende Elementarfunktionen und die dafür verwendeten Komponenten.

Tabelle 7: mögliche Unter- und Elementarfunktionen der Hauptfunktion Pre-Infusion

Unterfunktion	Elementarfunktion
Pre-Infusion	1g Kaffee --> 1g Wasseraufnahme
	Druckmessung
	Pumpensteuerung

Tabelle 8: Komponenten – Pre-Infusion (passive Komponenten grün eingefärbt)

<p><b>mechanische Komponenten</b></p> <p>BG Entschichtung/Boilerbefüllung:            DC-Rotationspumpe            Leitungen</p>
<p><b>elektrische/elektronische Komponenten</b></p> <p>BG Entschichtung/Boilerbefüllung:            DC-Motor            Digimesa Flowmeter</p>

BG Mischer  
AVS Römer Drucksensoren

BG Steuerungselektronik:  
Controller (Raspberry Pi, oder PIC)  
SSR-Insel  
Basisplatine  
NTC-Messplatine  
Kabel

### Steuerungssoftware

Pumpenregler  
Pre-Infusionsregler

## 5.6 Aufnahme des Siebträgers

Um das gemahlene und gepresste Kaffeemehl in die Brühgruppe einzubringen, wird es in einen Siebträger gefüllt. Dieser wird anschließend in die Brühgruppe eingesetzt und vom Bezugswasser durchflossen.

Zu erwähnen ist, dass die Brühgruppe und der Siebträger den Anspruch haben, dem Bezugswasser so wenig Energie/ Temperatur wie möglich zu entziehen. Sie bestehen deshalb aus Materialien mit geringer Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit.

*Tabelle 9: Komponenten – Aufnahme Siebträger (passive Komponenten grün eingefärbt)*

### mechanische Komponenten

BG (kalte) Brühgruppe:  
Siebträgeraufnahme/ Träger  
Kunststoffeinsatz  
Außenring  
Brühgruppendichtung  
Schrauben  
Passstifte  
Leitungen  
Duschesieb  
Anschlüsse (AVS Römer ELSA)

BG (kalter) Siebträger:  
Siebträger Einsatz  
Kunststoffeinlagen  
Gegenschale  
Auslaufstutzen  
Schrauben

## 7 Ausblick

Weitere Hauptfunktionen werden in den Berichten der anderen Kursteilnehmer erörtert.



## 8 Literaturverzeichnis

Hydraulikplan Labor und Home, Rohnen, 17.04.2020



Status Espressomaschine, Rohnen, 23.03.2020