

Fakultät für  
Maschinenbau,  
Fahrzeugtechnik,  
Flugzeugtechnik



Abschlussbericht Projektarbeit

# Inbetriebnahme und Vorbereitung zur Erprobung der kalten Brühgruppe für eine labortechnische Espressomaschine

<i>Name</i>	<i>Matrikelnummer</i>	<i>Studiengang</i>	<i>Unterschrift</i>
Fabian Deiser fabianeiser@gmx.de	09900316	FAB6	_____
Felix Müller felix.mller79@gmail.com	66589315	LRB7	_____
Stefan Sellmaier Stefan.08@t-online.de	02656216	FAB6	_____
Johannes Amann amann2@hm.edu	24590014	LRB8	_____

Dipl.-Ing. Armin Rohnen

München, 18. Oktober 2019

## Abstract

Inhalt dieser Arbeit ist die Inbetriebnahme und die Vorbereitung zur Erprobung der kalten Brühgruppe für eine labortechnische Espressomaschine - kurz LEM. Dabei werden am vorhandenen Konzept der kalten Brühgruppe Änderungen an der Hydraulik, der Elektrik und an den Temperatursensoren vorgenommen.

Content of this project is the installation and preparation for testing of the cold brewing system of a laboratory espresso-coffeemachine. Changes of the hydraulical and electrical system, as well as to the temperature sensors, are made.

## Abkürzungsverzeichnis

BT	Betriebstemperatur
BG	Brühgruppe
ELSA	Einfach Lösbarer Steck-Anschluss
GPIO	General Purpose Input Output
LEM	Labortechnische Espressomaschine
NC	normally closed
NO	normally open
NTC	Negative Temperature Coefficient Thermistor
PFA	Perfluoralkoxy-Polymer
PMA	Polymethylacrylat
PPSU	Polyphenylsulfon
PTC	Positive Temperature Coefficient Thermistor
PTFE	Polytetrafluorethylen
SSR	Solid State Relais
STD	Siebträgerdichtung



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Hydraulik</b>	<b>6</b>
2.1	Magnetventile . . . . .	6
2.2	Schläuche . . . . .	8
2.3	ELSA-Steckverbindungen . . . . .	9
2.4	Dosierventile . . . . .	11
2.5	Boiler . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Elektrik</b>	<b>14</b>
3.1	Raspberry Pi . . . . .	14
3.2	Temperaturplatine . . . . .	14
3.3	Solid State Relais . . . . .	14
3.4	24V Spannungswandler . . . . .	15
3.5	Verkabelung . . . . .	15
3.6	Not-Aus . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Temperatursensoren</b>	<b>16</b>
4.1	Messpunkte . . . . .	16
4.2	Anforderungen an den Temperatursensor . . . . .	16
4.3	Auswahl des temperaturveränderlichen Widerstands . . . . .	16
4.4	Reaktionszeit des Sensors . . . . .	19
4.5	Auswahl des Sensorgehäuses/Sensoraufbau . . . . .	20
4.5.1	Fertigungsmöglichkeiten der Temperatursensoren . . . . .	22
4.6	Auslegung des Vorwiderstands der Spannungsteilerschaltung . . . . .	22
4.7	Kalibrierung der Sensoren . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Brühgruppe</b>	<b>25</b>
5.1	Dusche . . . . .	25
5.2	Siebträgerdichtung . . . . .	26
5.3	Gehäuse . . . . .	28
5.4	Buchse . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Mischer</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Teilebeschaffung</b>	<b>33</b>
7.1	Kaffeewerkstatt München . . . . .	33
7.2	Verbaute Kaufteile von AVS Römer . . . . .	33
7.3	Verbaute Kaufteile von LF SpA (lfersatzteile724.de) . . . . .	34
7.4	Verworfenene Dichtung der Fa. Grünberg . . . . .	34
<b>8</b>	<b>Erprobung</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>35</b>
9.1	Probleme und Verbesserungen . . . . .	35
<b>10</b>	<b>Textanteile der Gruppenmitglieder</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>39</b>
11.1	Literaturverweise . . . . .	39
11.2	Weiterführende Literatur . . . . .	39

**12 Anhang****39****Abbildungsverzeichnis**

1	Funktionsprinzip einer Siebträger-Kaffeemaschine . . . . .	4
2	Übersicht der labortechnischen Espressomaschine . . . . .	5
3	Darstellung eines 2/2- und eines 3/2-Wegeventils [2] . . . . .	6
4	Darstellung der verwendeten Magnetventile . . . . .	7
5	Neuer Hydraulikplan der aufgebauten kalten Brühgruppe . . . . .	8
6	ELSA-Winkel-Steckverbindung . . . . .	9
7	Auszug aus Datenblatt der Dosierventile . . . . .	11
8	Schemadarstellung des Boilers . . . . .	12
9	Foto der Temperaturmessplatine . . . . .	14
10	Spannungsteilerschaltung . . . . .	17
11	Radial-Glas-Thermistoren, Serie A, B und C [7] . . . . .	18
12	Form und Abmessungen des Temperatursensors [7] . . . . .	18
13	Teilenummer-Schlüssel der Temperatursensorbezeichnung [7] . . . . .	19
14	Reaktionszeit des NTC - Sensors G10K3976B1 . . . . .	20
15	Aufbau Temperatursensor im Sensorgehäuse . . . . .	22
16	Programmtext: Vergleich Spannungshub . . . . .	23
17	Ergebnis der Kalibrierung am Beispiel des BT11 Temperatursensors . . . . .	24
18	3D-Modell des Brühkopfes . . . . .	25
19	Führung des Abwassers (links) und Brühwassers (rechts) . . . . .	26
20	Siebträgerdichtung Alt (Links) und Neu (Rechts) . . . . .	26
21	Foto der Dusche mit Bohrungen und Dichtfläche . . . . .	27
22	Montierte Brühgruppe mit eingeklebter STD . . . . .	27
23	Brühkopfgehäuse mit Buchse und Madenschraube . . . . .	28
24	Gehäuse, Klassische E61 (Links) Gehäuse aktuell (Rechts) . . . . .	29
25	Brühgruppe mit eingesetztem Siebträger . . . . .	30
26	Funktionsdarstellung des Mischer-Elements . . . . .	31
27	Verbautes 3/2 Wegeventil mit fehleranfälligem Schlauchanschluss . . . . .	36

# 1 Einleitung

Aufgabe dieser Projektarbeit ist es, das in einer vorherigen Bachelorarbeit [1] entwickelte Konzept einer kalten Brühgruppe (BG) an der vorhandenen labortechnischen Espressomaschine, im folgenden LEM genannt, zu realisieren. Das Ziel des gesamten Entwicklungsprozesses der Espressomaschine ist es, in Zusammenarbeit mit der Kaffeewerkstatt München (siehe Abs. 7.1) eine neue innovative Siebträgermaschine zu entwickeln. Die Besonderheit des Konzept soll sein, jede Siebträgermaschine anderer Hersteller simulieren zu können, indem sie eine hohe Flexibilität der Druck- und Temperatureinstellungen aufweist.

~~Der Begriff Brühgruppe bezeichnet den Teil der Maschine, in der das kalte, aus der Leitung kommende Wasser im Boiler erhitzt und auf die gewünschte Temperatur gebracht wird,~~ bevor es über die Dusche im Brühkopf über ein Sieb auf das im Siebträger befindliche Kaffeepulver gegossen wird. Dieser Prozess geschieht unter hohen Temperaturen bis 110°C und Drücken von bis zu 16 bar, was besondere Anforderungen an die Dichtheit der verbauten Komponenten mit sich bringt. In Abbildung 1 ist die Aufgabe der Brühgruppe anschaulich dargestellt.

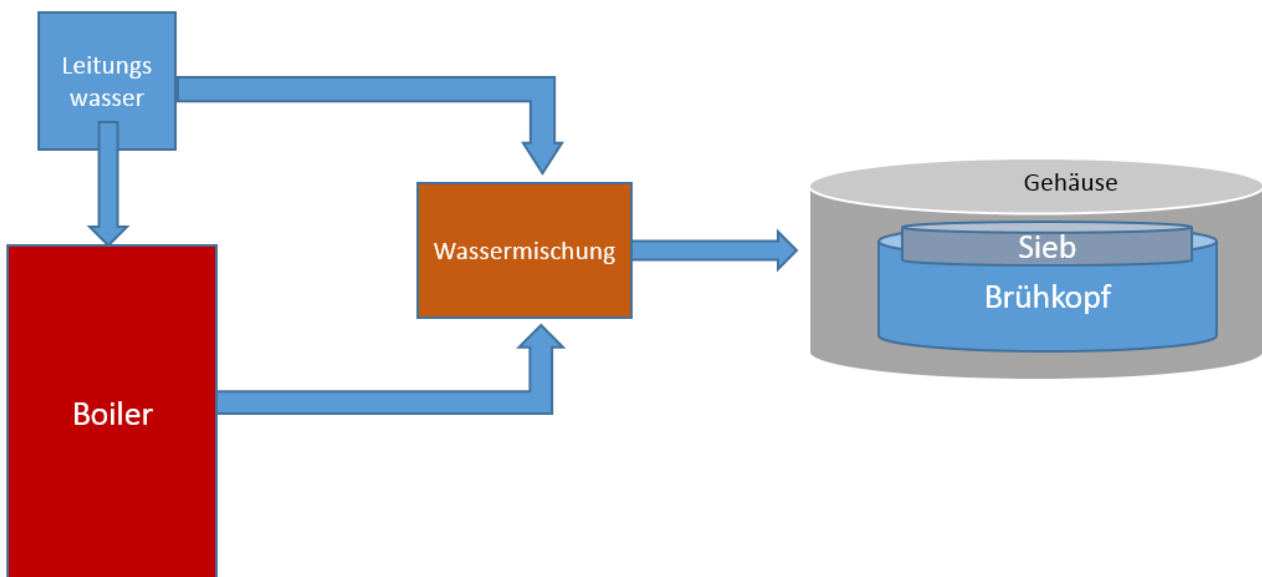


Abbildung 1: Funktionsprinzip einer Siebträger-Kaffeemaschine

Die Aufgabenstellung der Projektarbeit beinhaltet die Fertigung noch fehlender Teile sowie die Bestellung von Kaufteilen, den Einbau der Temperatursensoren mitsamt Brühkopfgehäuse, die Montage und Erprobung aller Bauteile an der LEM sowie die Erstellung von Montagezeichnungen, Explosionsdarstellungen und Montagevorschriften. Zudem ist in diesem Bericht eine Beschreibung aller Änderungen der Hydraulik, Elektrik und Sensorik des aus [1] hervorgehenden Konzepts enthalten.

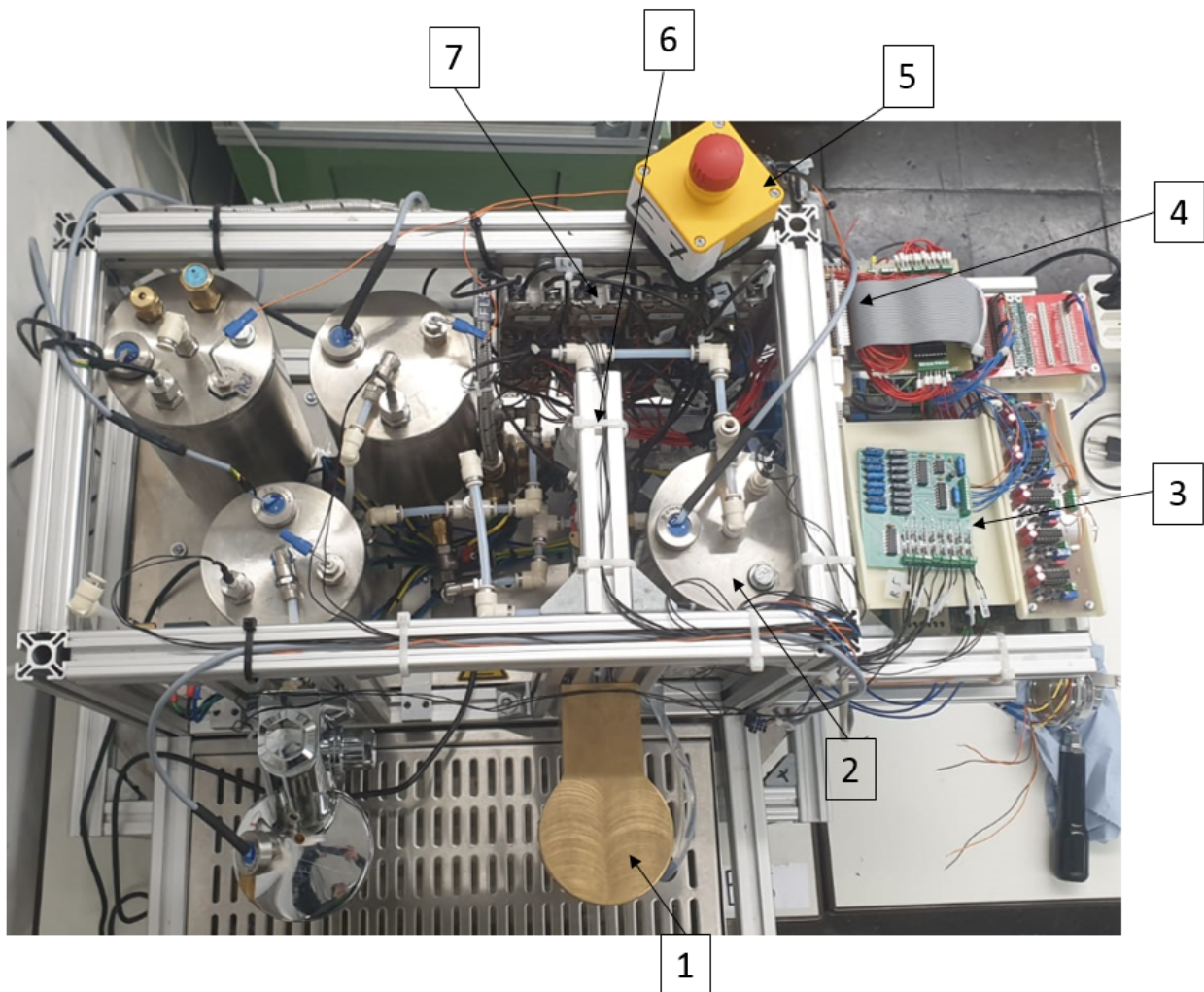


Abbildung 2: Übersicht der labortechnischen Espressomaschine

In Abbildung 2 ist eine Übersicht der labortechnischen Espressomaschine dargestellt. An der Rückseite der Maschine sind die ~~Solid State Relais~~ (7) angebracht (siehe Abschnitt 3.3). Rechts an der Maschine ist die Elektrik (Abschnitt 3) untergebracht. Die Steuerung der Maschine erfolgt durch den Raspberry Pi (4). Der Brühkopf der kalten Brühgruppe besteht aus Messing (1), soll aber in Zukunft an das Aussehen des E61 Brühkopfes angepasst werden. Der Not-Aus-Schalter (5) ist oben auf dem Gerüst gut sichtbar und erreichbar verschraubt. Die Temperaturmessplatine (3) ist in der obersten Etage der Elektrik rechts neben der Maschine untergebracht. Zur Befestigung der Dosierventile (6) wurde ein neues Aluminiumprofil verbaut.

## 2 Hydraulik

~~Die Hydraulik bezeichnet die Lehre des Strömungsverhaltens von Flüssigkeiten.~~ Unter die Hydraulik der Espressomaschine fallen alle Bauteile, die mit dem Medium Wasser in Berührung kommen. Dazu zählen die Magnetventile, die Schläuche, ELSA-Steckverbindungen sowie die zwei Dosierventile und der Boiler. Im Zuge der Inbetriebnahme wurde erörtert, welche Bauteile übernommen werden und wo Änderungen zwingend erforderlich sind.

### 2.1 Magnetventile

Magnetventile sind Wegeventile (Hydroventile), deren Stellung von einem Elektromagneten betätigt wird. Wenn das Ventil unter Strom gesetzt wird, erzeugt der in der Spule fließende Strom ein magnetisches Feld, welches den Kolben in Bewegung setzt. Wenn kein Strom fließt, hält eine Druckfeder den Ventilkolben in seiner Ruhestellung. Wegeventile werden nach der Anzahl der Anschlüsse und Anzahl der Schaltstellungen unterschieden. [2, S.124] Ein 2/2-Wegeventil bezeichnet ein Ventil mit zwei Anschlüssen - einem Eingang und einem Ausgang - und mit zwei Schaltstellungen. Diese Stellungen sind: Durchfluss gesperrt oder Durchfluss geöffnet.

Ein 3/2-Wegeventil besitzt drei Anschlüsse, z.B. einen Eingang und zwei Ausgänge, und ebenfalls zwei Schaltstellungen. In Abbildung 3 sind die Schaltzeichen der beschriebenen Ventile dargestellt. Durch das gedankliche Verschieben der Schaltsymbole wird die Funktion des jeweiligen Ventils verdeutlicht.

Tafel 10.2: Übersicht über unterschiedliche Arten von Wegeventilen

	<p>2/2-Wegeventil Ruhestellung Durchfluss (P → A)</p>
	<p>3/2-Wegeventil Ruhestellung gesperrt (P, A → T)</p>

Abbildung 3: Darstellung eines 2/2- und eines 3/2-Wegeventils [2]

In dieser Arbeit werden Magnetventile genutzt, um den Fluss des Wassers zu lenken. Zum besseren Verständnis des Wasserflusses ist in Abbildung 5 der aktuelle Hydraulikplan der kalten Brühgruppe abgebildet.

Um alle Funktionen einer Kaffeemaschine nachbilden zu können, sind grundlegend vier Szenarien zu realisieren:

- 1. Einregeln** Nachdem die Maschine zum ersten Mal in Betrieb genommen wird, wird das Wasser aus der Leitung im Boiler auf eine Temperatur von 102 - 104°C aufgeheizt. Die optimale Brühtemperatur, mit der das Wasser auf das Kaffeepulver gegossen wird, beträgt jedoch 92 - 96°C. Daher muss das Wasser vor dem ersten Kaffeebezug auf die vorher definierte Temperatur eingeregelt werden. Dies geschieht mithilfe von Dosierventilen und Temperatursensoren. Während dieser Phase wird das Brühwasser nicht in den Brühkopf, sondern in das Ablaufblech geleitet.

- 2. Kaffeebezug** Beim Kaffeebezug wird das nun eingeregelte Brühwasser über das Sieb und die Dusche auf den Siebträger geleitet.

- 3. Spülen** Soll der Wasserkreislauf zu Reinigungszwecken gespült werden, wird im Siebträger ein Blindsieb eingesetzt, das den Siebträger zu einem druckdichten Behälter macht. Während

des Spülprozesses wird in Intervallen Wasser in dieses Blindsieb geleitet und nach kurzer Warte-/Einwirkzeit in das Ablaufblech abgelassen.

**4. Entwässern** Das Szenario des Entwässerns ist notwendig, wenn man den Boiler zu Wartungszwecken trockenlegen möchte.

Um diese Funktionen zu gewährleisten, enthält das in [1] entwickelte Konzept drei Magnetventile: zwei 2/2 Wegeventile NC (normally closed/stromlos geschlossen) und ein 2/2 Wegeventil NO (normally open/stromlos offen). Das NC-Ventil soll den Zulauf und das NO-Ventil den Ablauf der Brühgruppe schalten. Letzteres wird dafür verwendet, noch nicht eingeschwungenes Wasser in den Abfluss zu leiten. Da ein stromlos geöffnetes 2/2-Wegeventil nur in sehr speziellen Fällen Anwendung findet und, neben langen Lieferzeiten, sehr teuer ist, wurde zunächst beschlossen, stattdessen ein 3/2-Wegeventil zu benutzen, wobei der verbleibende Ausgang mit einem Stopfen versiegelt werden sollte. Zudem benötigen die ursprünglich vorgesehenen Ventile eine zu Beginn der Arbeit noch nicht vorhandene 24V DC Stromversorgung, was nahelegt, für die Realisierung des Konzepts die Wahl der Ventile zu überdenken.

Gewählt wurden 2/2- (~~CEME~~ 5220VN20SAIF) bzw. 3/2-Wegeventile von Ceme, welche eine 230V Spannungsversorgung benötigen. Links in Abbildung 4 ist ein 2/2-Ventil in verbautem Zustand zu sehen, rechts im Bild ist das 3/2-Wegeventil (~~CEME~~ 5320VN20SAIX7) abgebildet.



Abbildung 4: Darstellung der verwendeten Magnetventile

Um das noch nicht **eingeschwungene Wasser** in den Abfluss zu leiten, wird ein ~~CEME~~ 3/2-Wegeventil (NO) verwendet (Y6). Selbiges erfüllt die Aufgabe eines der stromlos geöffneten Ventile für den Zulauf. Für den Ablauf wird ein ~~CEME~~ 2/2-Wegeventil (NC) verwendet (Y7). Soll die Brühgruppe gespült werden (orange), muss dieses Ventil betätigt werden, um das Spülwasser aus dem Siebträger mit Blindsieb in den Auffangbehälter zu leiten. Um den Zulauf in den Boiler zu regeln, wurde ein weiteres 2/2-Wegeventil (NC) vor den Boiler eingebaut (Y9). Da mit dieser Konfiguration das Wasser aus dem Boiler nicht ausgeleitet werden kann, ohne dass neues einfließt, wird ein drittes 2/2-Wegeventil (NC) in der Leitung zwischen Boiler und Ablauf verbaut (Y8).

~~Untenstehend~~ in Abbildung 5 ist der Fluss des Wassers unter den verschiedenen Szenarien dargestellt.



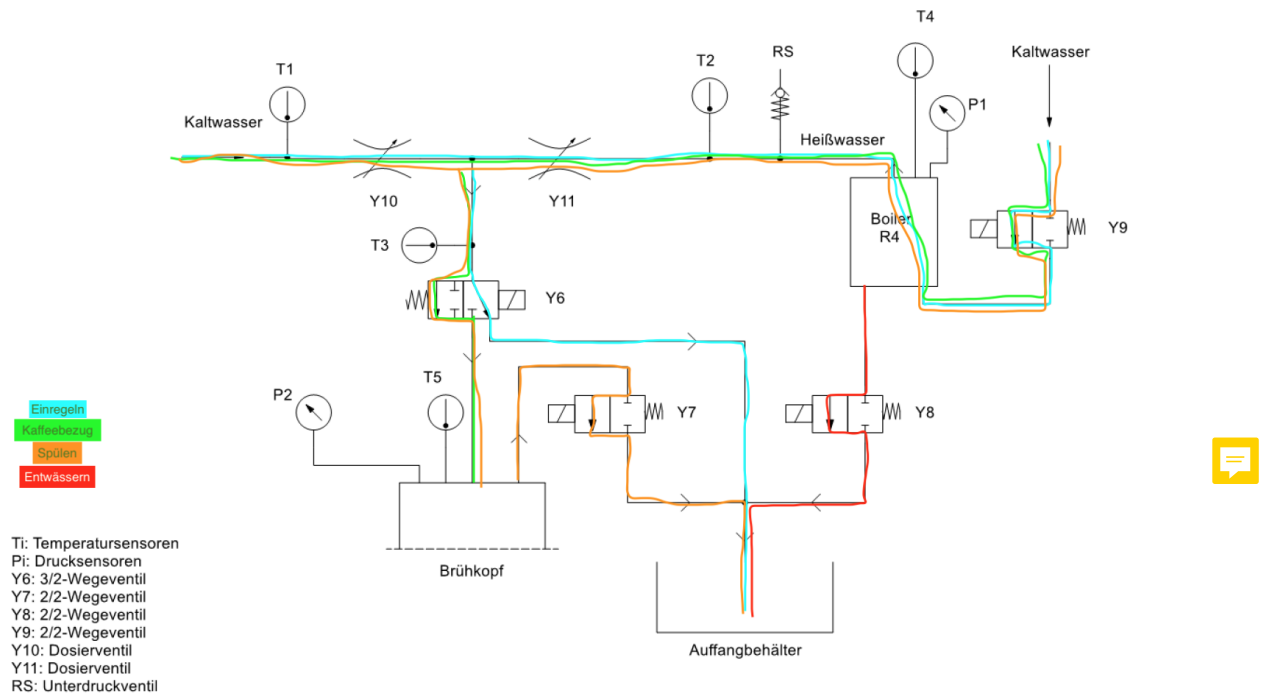


Abbildung 5: Neuer Hydraulikplan der aufgebauten kalten Brühgruppe

In der folgenden Tabelle 1 kann abgelesen werden, wie die Magnetventile für welches Szenario geschaltet werden müssen. (Ergänzend dazu befindet sich im Anhang (Abschnitt 12) eine Tabelle mit der Übersicht aller verwendeten GPIO's)

GPIO	PIN-Nr.	Bezeichnung	Art	1. Einregeln (blau)	2. Kaffeebezug (grün)	3. Spülen (orange)	4. Entwässern (rot)
<b>GPB3</b>	12	<b>Y6</b>	3/2	nicht betätigt	betätigt	betätigt	nicht betätigt
<b>GPB2</b>	11	<b>Y7</b>	2/2	nicht betätigt	nicht betätigt	betätigt	betätigt
<b>GPA1</b>	2	<b>Y8</b>	2/2	nicht betätigt	nicht betätigt	nicht betätigt	betätigt
<b>GPA4</b>	5	<b>Y9</b>	2/2	betätigt	betätigt	betätigt	nicht betätigt

Tabelle 1: Schalt-Szenarien der Magnetventile

## 2.2 Schläuche

Aufgabe der Schläuche ist es, das Wasser zu den einzelnen Komponenten zu verteilen. Die wichtigste Anforderung ist dabei die Lebensmittelverträglichkeit des Materials. Außerdem müssen die Schläuche wasser-, druck- und wärmebeständig sein und dabei dem Wasser möglichst wenig Wärme entziehen bzw. an die Umgebung abgeben.

Darüber hinaus ist es wünschenswert, dass die Schläuche möglichst leicht zu kürzen und möglichst flexibel sind, um den Montageaufwand zu minimieren. Dafür werden handelsübliche PFA-Schläuche der Firma Römer verwendet, die bereits eine Lebensmittelzulassung besitzen und bereits in [1] vorgeschlagen werden. Da diese den für Kunststoff typisch niedrigen Wärmeübergangskoeffizienten aufweisen, werden zudem die Wärmeverluste innerhalb der Maschine minimiert.

## 2.3 ELSA-Steckverbindungen

ELSA-Steckverbindungen werden vom Spezialteile-Vertrieb AVS Römer hergestellt (Siehe Abschnitt 7). Die Abkürzung ELSA steht für Einfach Lösbarer Steck-Anschluss. Diese Bauteile gibt es in verschiedenen Ausführungen und Variationen. Laut Herstellerkatalog halten diese einem Betriebsdruck von mind. 12 bar bei 100°C Mediumstemperatur stand.

Um ein Schlauchstück mit einer Steckverbindung zu verbinden, wird der Schlauch in die Öffnung eingesteckt und festgedrückt. Eine Kralle (siehe Abb. 6) aus Edelstahl hält den Schlauch mit kleinen Widerhaken in seiner Position. Zum Lösen der Verbindung kann der Lösering angedrückt werden, wodurch sich die Widerhaken der Kralle von dem Schlauch lösen lassen und dieser herausgezogen werden kann.

Bei der Herstellung der Temperatursensoren (siehe Abschnitt 4.5.1) können Komplikationen auftreten, wenn man das PTFE Stück aus dem Stecker herausziehen will. Da das PTFE im Gegensatz zu den PFA Schläuchen weicher ist, fressen sich die Widerhaken der Kralle tiefer in das Material herein, was das Lösen der Verbindung erschwert.

Das Material der ELSA-Steckverbindungen ist PPSU (Polyphenylsulfon). Dieser Werkstoff zeichnet sich vor Allem durch seine hohe Betriebstemperatur von bis zu 180°C aus, sowie durch eine geringe Feuchtigkeitsaufnahme, was für diese Anwendung von hoher Bedeutung ist. Laut Hersteller gilt es noch zu beachten, dass Bauteile aus PPSU nicht in Kontakt mit anaeroben Klebstoffen gebracht werden sollen.

**Winkel-Steck-Verbindungen** In dem engbemessenen Bauraum der Labormaschine muss sehr platzsparend gebaut werden. Dies erfordert eine verschachtelte Bauweise mit vielen Verzweigungen und Umlenkungen der Leitungen. Hierfür werden Winkel-Steck-Verbindungen verwendet. Alle Bauteile der Hydraulik müssen einem Betriebsdruck von teils mehr als 14 bar standhalten können. Gewährleistet wird dies durch den Einbau von O-Ringen (orange in Abb. 6). Die in Abbildung 6 dargestellte drehbare Winkel-Einschraub-Verschraubung ist am Heißwasserauslass an der Oberseite des Boiles mittig montiert.

**Rückschlagventil** Ebenfalls auf dem rechten Bild in Abb. 6 zu sehen, ist das Rückschlagventil. Sollte am Auslass des Boilers mehr Wasser austreten als am Einlass eintritt, entsteht ein Unterdruck im Boiler. Durch das eingebaute federbelastete Kegel-Rückschlagventil kann im Falle eines entstehenden Unterdrucks selbiger ausgeglichen werden, indem die auf der Feder sitzende Kugel angezogen wird und durch den offenen Ausgang am T-Stück Luft eintreten kann.

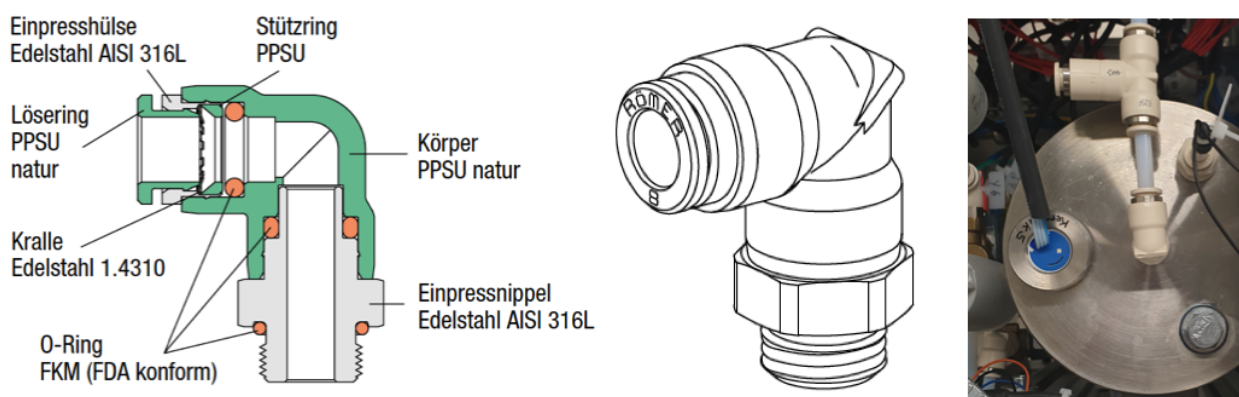


Abbildung 6: ELSA-Winkel-Steckverbindung

**Gerade Steck-Verbindung (Reduzierstück)** Die meisten Hydraulikleitungen, bestehend aus PFA-Kunststoffschläuchen, haben einen Durchmesser von 6 mm. Da das verbaute 3/2-Wegeventil

(Siehe Tabelle 7 und Abb. 4 rechts) am oberen Anschluss einen Außendurchmesser von 6 mm aufweist, wird hier ein 8 mm Schlauch mit 6 mm Innendurchmesser benötigt. Um die dünneren mit den dickeren Schläuchen zu verbinden, sind Reduzierstücke verbaut.

**T-Steck-Verbindung** Die T-Stücke befinden sich teils dort, wo z.B. zwei Leitungen aufeinander treffen, die beide in das Auslaufblech führen, oder an den Messstellen der Temperatursensoren. Beim zweiten Anwendungsfall dient der alleinstehende Anschluss zur Aufnahme des Temperatursensors, welcher im Inneren in die gerade Leitung des Bauteils ragt (mehr zum Aufbau des Temperatursensors in Abschnitt 4.5.1).


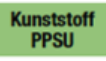
**Gerade Einschraub-Verschraubung** Die höhere Anzahl an verbauten geraden Einschraub-Verschraubungen erklärt sich dadurch, dass die Wegeventile kein einfaches Anstecken der Schläuche ermöglichen. Daher ist an jeden Anschluss der Ventile solch eine Adapter notwendig.

**Übersicht** Im Anhang (12) befindet sich eine schematische Übersicht, wie und wo die verschiedenen ELSA-Stecker und Magnetventile an der LEM verbaut sind.

## 2.4 Dosierventile

Mit den zwei EFC-Dosierventilen, EFC steht hier für Electronic Flow-Control, lässt sich der Durchfluss von Heiß- und Kaltwasser steuern, dessen Temperatur dann in der zusammenlaufenden Leitungen am Sensor abgenommen wird. Wird festgestellt, dass die Temperatur zu hoch oder zu niedrig ist, kann dies durch Verstellen der Durchflussrate verändert werden. In Abbildung 7 ist ein Ausschnitt des Datenblatts der Dosierventile dargestellt. Mit Variieren des Steuersignals (braun) zwischen 0 und 10 V wird die Durchflussrate im Bereich von 0-15 l/min verändert. Im rechten Teil der Abbildung ist die Durchflussrate über der Spannung des Steuersignals aufgetragen. Das verbaute Ventil wird durch die unterste, rote Kurve abgebildet. Wie man sieht, liegt der Regelbereich eher zwischen 2 und 8 Volt, außerhalb dieses Bereichs erscheint die Kurve linear.

Die integrierte Steuerelektronik im Ventilgehäuse gewährleistet eine stufenlos einstellbare Durchflussmenge. Durch den eingebauten Schrittmotor kann eine eingestellte Position auch unbe-stromt gehalten werden.

Dosierventil Typ EFC										
Produkt Gruppe	630	PN	8	Umg.-Temp. $T_{min}$	0 °C, $T_{max}$	+ 60 °C				
				Med.-Temp. $T_{min}$	0 °C, $T_{max}$	+ 80 °C				
LiCYC 4 x AWG 24				rot	+24 V	Versorgung				
				schwarz	GND	Versorgungsmasse				
				braun	0 - 10 V	Steuersignal				
				orange	GND	Signalmasse				
				gelb		Schirm				
für Schlauch D	DN	Kv-Wert Wasser [l/min]	Qnn-Wert 0-x [l/min]	L6	Dichtwerkstoff	Typ	Bestellnummer	Preis		
4	0,5	0 - 0,25	0 - 15	38	FKM	EFC-958-P305-4FF-024-10	690531	a. A.		
4	0,5	0 - 0,25	0 - 15	38	EPDM	EFC-958-P305-4PF-024-10	690529	a. A.		
6	0,5	0 - 0,25	0 - 15	39	FKM	EFC-958-P305-6FF-024-10	690527	a. A.		
6	0,5	0 - 0,25	0 - 15	39	EPDM	EFC-958-P305-6PF-024-10	690525	a. A.		
4	1	0 - 0,75	0 - 50	38	FKM	EFC-958-P310-4FF-024-10	690532	a. A.		

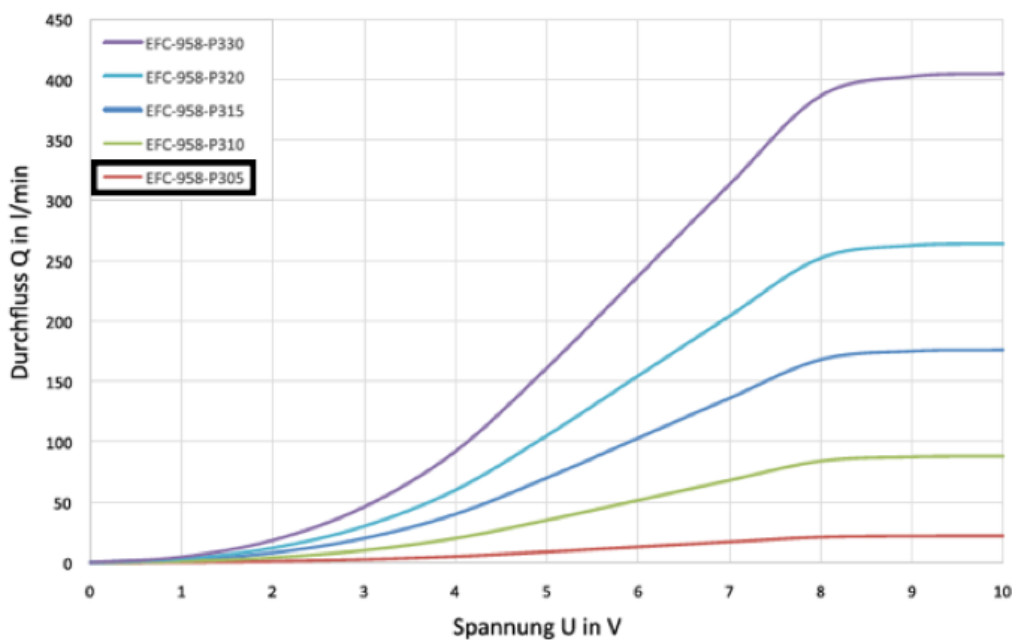


Abbildung 7: Auszug aus Datenblatt der Dosierventile

Desweiteren ist zu erwähnen, dass die verbauten Dosierventile eine sehr schnelle Ansprechzeit

von unter 150 ms aufweisen. Da es bei den Temperatursensoren Voraussetzung war, dass diese sehr schnell Messwerte bereitstellen, dürfen auch die Dosierventile in ihrem Zeitverhalten nicht hinterher hinken, da sonst die Regelung der Temperatur nicht schnell genug erfolgen kann.

## 2.5 Boiler

Das Heißwasser bezieht die Kaffeemaschine über den Boiler. Im Allgemeinen bezeichnet der Begriff Boiler einen Warmwasserspeicher, wobei unterschieden wird zwischen verschiedenen Varianten (Art der Erhitzung - Gas, elektrisch).

Bei dem verbauten Boiler handelt es sich um einen druckdichten Edelstahl-Kessel, in dessen Inneren sich eine Heizspirale (4) befindet. Der Kessel verfügt über drei Wasseranschlüsse, sowie einen Druck- und einen Temperatursensor.

Auf der Unterseite des Kessels befindet sich ein Anschluss (2), durch den kaltes Wasser eingeleitet wird. Die zweite Wasserleitung (3) auf der Unterseite dient zur Entwässerung des Boilers. Da in diesem Fall gewährleistet sein muss, dass Luft in das druckdichte Innere gelangen kann, wurde in die Leitung des Heißwasserabflusses (1) an der Oberseite ein Rückschlagventil gebaut, das bei einem entstehenden Unterdruck öffnet. Außerdem stellt es sicher, dass sich die Schläuche beim Abkühlen des Boilerwassers durch den entstehenden Unterdruck nicht zusammenziehen.

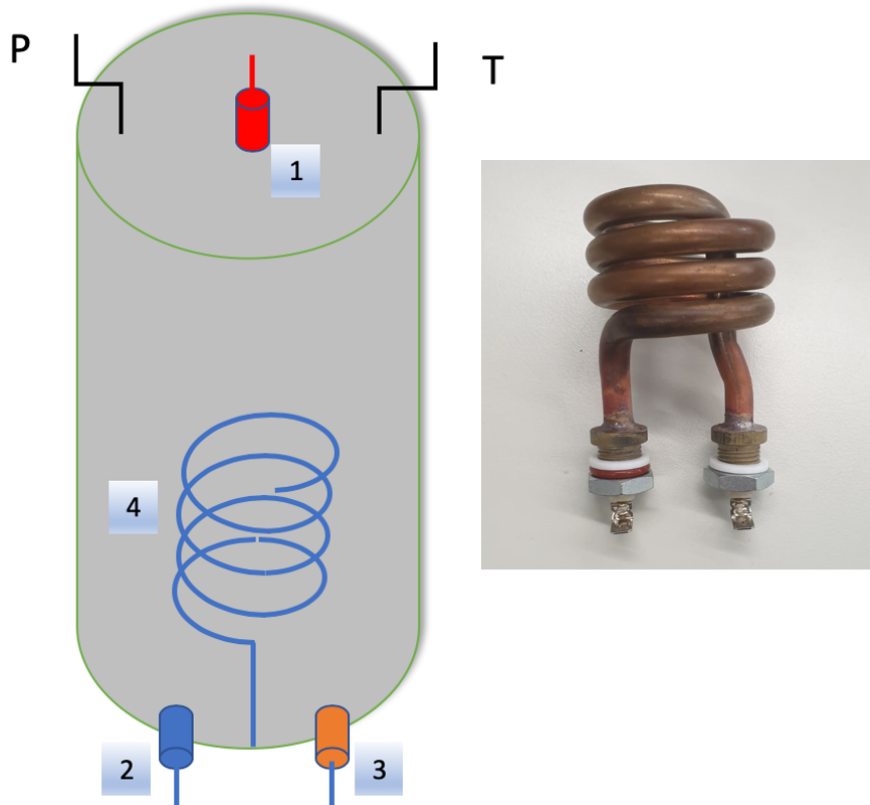


Abbildung 8: Schemadarstellung des Boilers

Das momentane Problem des verbauten Boilers ist die Erhitzung. Im Vergleich zu Haushalts-Wasserkochern wird das Wasser beim verbauten Boiler lediglich durch eine Heizspirale im Inneren erhitzt. Wasser ist ein schlechter, das Metall der Boilerwand hingegen ein sehr guter Wärmeleiter. Durch diese Differenz wird dem sich erhitzenden Wasser permanent Wärmeenergie entzogen. Hinzu kommt, dass es an heizelementnahen Stellen zu einer Überhitzung kommt. Durch die Thermodynamik steigt das heiße Wasser an die Oberfläche, wo sich auch der Temperatursensor des Boilers befindet. Um verlässliche Werte von diesem Sensor zu erhalten, muss darauf geachtet werden, dass ein gesättigter Zustand erst dann eintritt, wenn sich auch das komplette metallische Volumen auf die Wassertemperatur erhitzt hat.

Da es sich bei der aufgebauten Kaffeemaschine um ein Versuchsobjekt handelt, ist es unbedingt notwendig, den Boiler entwässern zu können. Dies kann erforderlich sein, wenn beispielsweise die Heizspirale zugänglich gemacht werden muss. Für diesen Fall ist ein Rückschlagventil verbaut, durch das, wie oben beschrieben, Luft ins Boilerinnere eindringen kann. Bei der Erprobung hat sich herausgestellt, dass der Prozess des Entwässerns zwar grundsätzlich funktioniert, jedoch aufgrund der kleinen Querschnitte im Rückschlagventil und Boilerauslass, sowie des geringen Höhenunterschied, sehr viel Zeit in Anspruch nimmt.

Desweiteren wird es als sinnvoll erachtet, den Boiler manuell entwässern zu können, indem man Eine der Öffnungen an der Boileroberseite mit einer Schraube verschließt, die bei Bedarf zur Belüftung geöffnet werden kann, sollte die primäre Entwässerungsmethode nicht funktionieren. Weitere Kenndaten des Boilers können der Dokumentation von K.Stach [3] entnommen werden.

### 3 Elektrik



Die elektrische Versorgung der Labormaschine wurde geringfügig erweitert. Im Folgenden werden die vorgenommenen Änderungen dargestellt. Der aus [4] hervorgehende Elektroplan wurde überarbeitet. Die neueste Version befindet sich im Anhang (Abschnitt 12).

#### 3.1 Raspberry Pi



Die Steuerung der Kaffeemaschine erfolgt über einen ~~Raspberry Pi 3B+~~. Dabei handelt es sich um einen Mini-Computer, der über programmierbare Ein- und Ausgänge - die sogenannten GPIO's - verschiedene Komponentenarten ansteuern kann. Das Betriebssystem basiert auf Linux und kann z.B. mit der Programmiersprache Python geschrieben werden.

#### 3.2 Temperaturplatine

Da an der ehemaligen Temperaturmessplatine nicht genügend Steckplätze zu Verfügung waren, um alle Sensorstellen auf der selben Platine unterzubringen, musste diese erneuert werden. In Abbildung 9 ist die neue Temperaturmessplatine zu sehen. Auf der rechten Seite befinden sich die Anschlüsse der verschiedenen Temperatursensoren. Oben im Bild sind die Anschlüsse der Stromversorgung und Verbindung an den Raspberry Pi. Der Schaltplan der Platine ist im Elektroplan enthalten (siehe Anhang: Abschnitt 12).

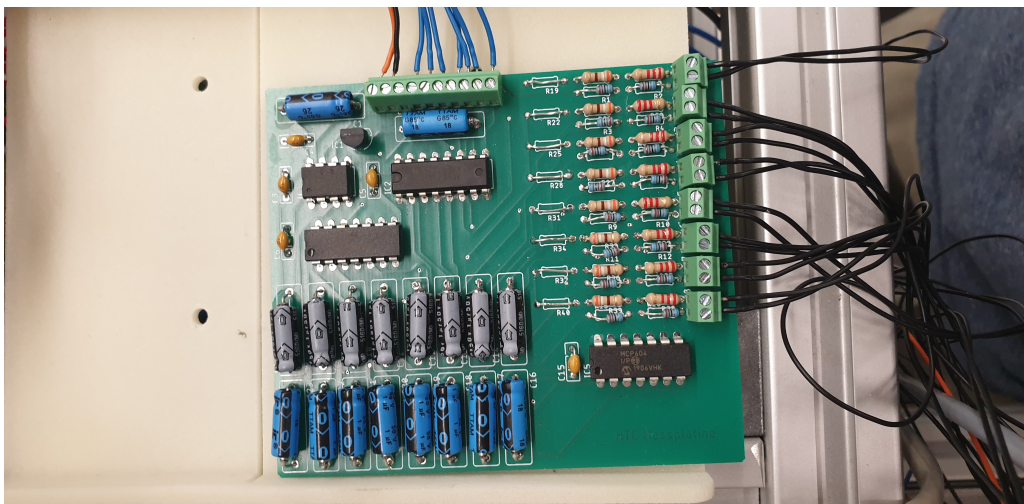


Abbildung 9: Foto der Temperaturmessplatine

#### 3.3 Solid State Relais

Zum Schalten der Magnetventile, Boilerheizung und Pumpe werden sogenannte Solid State Relais (SSR) verwendet.

Diese wurden von der bereits bestehenden E61-Laborespressomaschine übernommen, ebenso deren Befestigung in Form einer Relaisinsel an der Rückseite der Maschine. Die bestehende Relaisinsel musste lediglich um einige Relais erweitert werden.

Grundsätzlich eignen sich Relais hervorragend zum Schalten großer Lasten mithilfe kleiner Steuerströme. In konventionellen Relais wird dies über einen Elektromagneten realisiert, welcher im betätigten Zustand einen Anker anzieht, welcher wiederum die Kontakte schließt und den Laststromfluss ermöglicht.

Durch dieses elektromagnetische Funktionsprinzip sind konventionelle Relais allerdings verschleißbehaftet, stoßempfindlich und durch Magnetfelder beeinflussbar.

Im Laborumfeld und auch im möglichen späteren Serieneinsatz wären diese Eigenschaften sehr problematisch.

Eine Lösung dafür ist die Verwendung von SSR, welche auf rein elektronischen Halbleiterbausteinen bestehen. Nachteilig ist der bei SSR höhere Verlust beim Schalten des Laststroms, bei häufigen Schaltvorgängen bzw. sehr großen Lasten muss daher ein Kühlkörper montiert werden. Die an der Labormaschine zu schaltenden Lasten beziehungsweise die Häufigkeit der Schaltungen führt aber zu keiner nennenswerten Erwärmung, weshalb in diesem Aufbau auf Kühlkörper verzichtet werden kann.

Für eine zukünftige Serienproduktion wäre es sinnvoll, die Relaisinsel kompakter zu gestalten, z.B. indem die SSR gestapelt werden. Des Weiteren bietet es sich bei den Magnetventilen an, auf günstigere SSR zurückzugreifen, da diese nur relativ geringe Lasten mit relativ wenigen Schaltzyklen schalten müssen.

### **3.4 24V Spannungswandler**

Da die gewählten Dosierventile eine Spannungsversorgung mit 24V Gleichstrom erfordern, musste die Maschinenelektronik um ein Netzteil erweitert werden.

Hierfür wurde ein Hutschiennetzteil (TracoPower TIB 080-124) von Hr. Rohnen vorgegeben. Durch die genormte Hutschienebefestigung lässt sich dieses Netzteil problemlos an der Maschine befestigen.

Außerdem deckt es eine große Spannweite an Eingangsspannungen ab (85 - 264V Wechselstrom) und wandelt sie am Ausgang in 24V Gleichstrom, somit könnte das Netzteil auch für die meisten Stromnetze am internationalen Markt verwendet werden.

### **3.5 Verkabelung**

#### **Wird nachgereicht**

### **3.6 Not-Aus**

Hierbei wurde das Not-Aus Konzept der bestehenden E61 Laborespressomaschine übernommen. Bei Betätigung des Not-Aus Schalters werden lediglich die Außenleiter L2 und L3 vom Netz getrennt.

L1 hingegen wird nicht getrennt, da dieser die Steuerungs- und Messelektronik mit Spannung versorgt. Somit bleibt die Maschine nach Betätigung des Not-Aus in einem beherrschbaren Zustand, und die Vorgänge und Temperaturen nachvollziehbar.



## 4 Temperatursensoren

Ziel ist es, bei der Prototypen-Brühgruppe, Messwerte mit einer Genauigkeitsanforderung von  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  zu generieren, um eine Regelung des Temperaturverlaufs während des Kaffeebezugs zu ermöglichen.

Ein Kaffeebezug dauert zwischen 20 und maximal 30 Sekunden. In dieser Zeit sollen die Sensoren dazu beitragen, Temperaturänderungen schnell genug zu erfassen, um eine sehr genaue Temperaturregelung zu ermöglichen. Je nach Kaffeesorte, Mahlgrad und Brühzeit liegt die optimale Brühtemperatur, auf welche geregelt werden soll, zwischen  $86^\circ\text{C}$  und  $96^\circ\text{C}$ . [5] In der Prototypen-Brühgruppe werden mehr Sensoren verbaut, wie sie später in Serie erscheinen werden, um für die Erprobung und Testphase möglichst viele Daten zu generieren und den Temperaturhaushalt der Maschine besser kennenzulernen.

### 4.1 Messpunkte

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Bezeichnung der Sensoren, ihren Einbauort und wie sie an der Messplatine angeschlossen sind.

Steckplatz an Messplatine	Sensorbezeichnung	Einbauort
1	BT5	Kaltwasser
2	BT6	Heißwasser
3	BT9	Mischwasser
4	BT10	Boiler
5	BT11	Dusche

Tabelle 2: Temperaturmesspunkte der Brühgruppe an der Temperaturmessplatine

### 4.2 Anforderungen an den Temperatursensor

Die Anforderungen für den Temperatursensor ergeben sich aus der Anforderung, den Temperaturverlauf während eines Kaffeebezugs regeln zu können. Der Sensor soll eine Reaktionszeit kleiner 500ms haben, um schnell genug auf die richtige Temperatur regeln zu können. Diese Zeitangabe entspricht der  $t_{50}$ -Zeit, welche eine 50 % Reaktion auf sprunghafte Veränderungen der Temperatur angibt. Auf die Reaktionszeit wird später noch näher im Kapitel 14 eingegangen. Desweiteren wird eine möglichst hohe Messwertauflösung, im Messbereich von  $0-150^\circ\text{C}$  benötigt. Außerdem soll der Vorwiderstand so ausgelegt werden, um mit einem MCP3301 A/D-Wandler (12 Bit plus Vorzeichen) möglichst viele nutzbare Inkremente zu generieren. Dazu wurde in MATLAB® eine Simulationsrechnung verfasst, um einen maximalen Spannungshub über den Messbereich zu erzielen und gleichzeitig den dafür entsprechenden Vorwiderstand zu bestimmen. Wichtig ist außerdem noch, den Sensor so auszuwählen, dass das Messergebnis nicht durch Eigenerwärmung des temperaturveränderlichen Widerstands verfälscht wird. Somit muss auch die am Sensor abfallende Verlustleistung mit berücksichtigt werden. Um auch die Umgebungsverhältnisse so gut wie mögliche zu kompensieren, muss der Sensor noch zusätzlich von der Umgebung mit Hilfe eines geeigneten Isolationsmaterials abgeschirmt werden.

### 4.3 Auswahl des temperaturveränderlichen Widerstands

Bei der Auswahl, des am besten geeigneten Sensors, stellte sich in unserem Fall nur die Frage zwischen einem Heißleiter (NTC) und einem Kaltleiter (PTC). Was letztendlich ausschlaggebend war, ist der Aufwand zur Generierung der Messwerte und dieser Aufwand ist beim Heißleiter wesentlich geringer. Beim Heißleiter wird die Widerstandsänderung des Sensorelements

mit Hilfe eines einfachen Spannungsteilers in eine Spannung umgewandelt, welche dann über einen Programmcode eines Mikrocontrollers, exakt einem Temperaturwert zugesprochen wird. Beim PTC-Sensor benötigt man noch zusätzlich einen Spannungsverstärker um den geringen Spannungshub zu verstärken, um brauchbare Messwerte erlangen zu können. Aus diesem Grund fällt die Wahl auf einen NTC-Widerstand. In Abbildung 10 ist eine Spannungsteilerschaltung zu sehen, wie sie auch später verwendet wird. Der Widerstand R1 stellt den Vorwiderstand dar, sowie R2 den temperaturveränderlichen NTC-Widerstand.

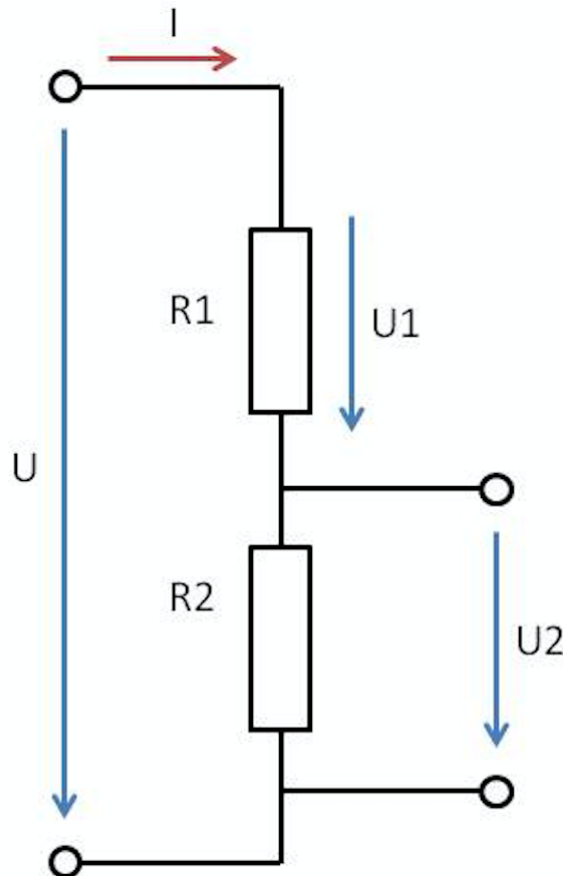


Abbildung 10: Spannungsteilerschaltung

Für unsere Prototypenbrühgruppe werden Radial-Glas-Thermistoren ~~der Firma Telemeter~~ verwendet, da sie laut Herstellerangaben eine schnelle Ansprechzeit haben, ausgelegt sind für einen Temperaturmessbereich von  $-55^{\circ}\text{C}$  bis  $+250^{\circ}\text{C}$  und eine hohe Temperaturstabilität aufweisen. Das NTC-Element ist in einem hermetisch dichtem Glaskörper eingegossen, was vor Oxidation schützt. Typischerweise findet er Anwendung in feuchten Umgebungen, bei plötzlichen und starken Temperaturänderungen, sowie in Heißwassersystemen (Boilertechnik).

Diese Sensoren gibt es in drei Spezifikationen. Serie A, Serie B und Serie C. Die Serien unterscheiden sich in der Baugröße, Dissipationsfaktor (Verlustfaktor der Eigenerwärmung in  $\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ ) und in der thermalen Zeitkonstanten in stehender Luft und im Öl.



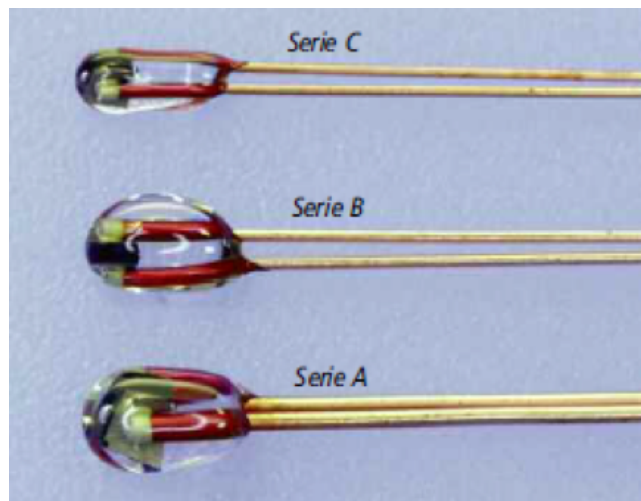


Abbildung 11: Radial-Glas-Thermistoren, Serie A, B und C [7]

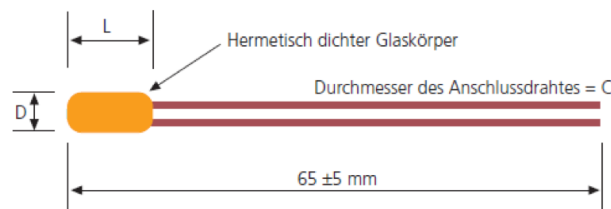


Abbildung 12: Form und Abmessungen des Temperatursensors [7]

	<b>Dissipationsfaktor</b>	<b>Thermale Zeitkonstante in Luft</b>	<b>Thermale Zeitkonstante in Öl</b>	<b>Länge des Glaskörpers</b>	<b>Durchmesser des Glaskörpers</b>	<b>Länge des Anschlussdrahtes</b>
Serie A	1,3 mW/° C	11-12 s	0,9 - 1,1 s	4mm	2,5mm	0,3mm
Serie B	0,8 mW/° C	4-5 s	0,3 - 0,4 s	3mm	1,5mm	0,2mm
Serie C	0,5 mW/° C	2-3 s	0,18 - 0,2 s	2mm	0,9mm	0,15mm

Tabelle 3: Übersicht der Spezifikationen von Sensoren der Serie A, B und C [7]

Die Wahl fiel auf einen Sensor der Serie B, da er nicht zu klein bzw. filigran ist im Vergleich zu Serie C Sensoren und man ihn somit gut weiterverarbeiten kann. Desweiteren hat er eine ausreichende Reaktionszeit in Öl, was darauf schließen lässt, dass er im Wasser eine noch schnellere Reaktionszeit besitzt. Die Sensoren der Serie C könnten zwar noch schneller auf Temperaturänderungen reagieren, was aber auch vermehrt zu Messrauschen führen kann. Somit reicht ein Sensor der Serie B vollkommen aus. Die Sensoren der Serie A wären zwar noch handlicher als die der Serie B, jedoch haben sie eine zu hohe Zeitkonstante und sind daher keine Option.

Der nächste Schritt war, den Sensor mit dem passenden Widerstandswert für unsere Messaufgabe zu finden. Der Widerstandswert ist jeweils bei 25°C angegeben. Die Sensoren gibt es mit folgenden Widerstandswerten: 2kΩ, 5kΩ, 10kΩ, 30kΩ, 50kΩ, 100kΩ, 200kΩ und 500kΩ. Durch eine Simulationsrechnung in MATLAB® wurde die Verlustleistung der verschiedenen Widerstandswerte im Verbund mit einem passenden Vorwiderstand im Bereich von 0-150°C berechnet. Unsere Wahl fiel auf einen 100kΩ Widerstand, der aber leider nicht lieferbar war. Angeboten wurde uns ein 10kΩ Widerstand, der auch in kleineren Stückzahlen, wie wir sie

für unseren Prototypen brauchen, lieferbar war. Über den  $10\text{k}\Omega$ -NTC-Widerstand fließt ein maximaler Strom von  $1,48\text{mA}$ . Bei einer Betriebsspannung von  $4096\text{mV}$  besitzt er eine sehr geringe Eigenerwärmung von maximal  $1,63\text{mW}$ , welche keinen wesentlichen Einfluss auf das Messergebnis hat. Somit fiel die Wahl auf diesen Sensor. Bezeichnet wird er folgendermaßen: G10K397651B1. Abbildung 13 erklärt die Teilenummer-Schlüssel-Bezeichnung. Im Anhang (Abschnitt 12) befindet sich das Datenblatt des verwendeten NTC-Temperatursensors.

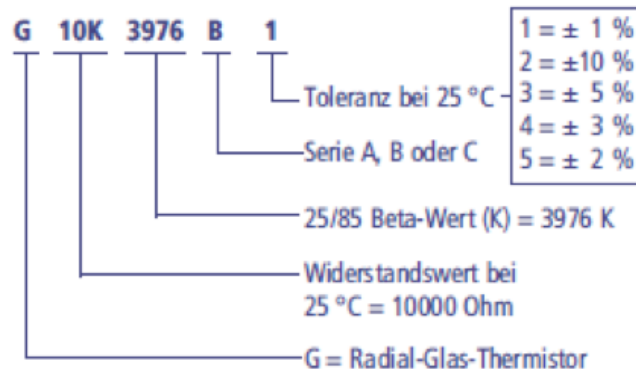


Abbildung 13: Teilenummer-Schlüssel der Temperatursensorbezeichnung [7]

#### 4.4 Reaktionszeit des Sensors

Eines der Hauptkriterien die der Sensor erfüllen muss, ist eine sehr schnelle Reaktionszeit. Diese sollte möglichst unter  $500\text{ms}$  liegen, da die Temperatur, bei der der Kaffee gebrüht wird, einen sehr hohen Einfluss auf den Geschmack des Kaffees hat. Um die Temperatur schnell genug regeln zu können werden daher Sensoren ~~gebraucht~~, welche sehr schnell auf Temperaturänderungen reagieren können. Beim Boiler ~~braucht~~ man einen derart schnellen Sensor nicht, da dort keine großen Temperaturschwankungen auftreten aufgrund der Trägheit und längeren Verweilzeit des Wassers im Boiler. ~~We~~ jedoch sehr schnelle Sensoren benötigt werden, ist am Heiß-, Kalt- und Mischwasseranschluss. Dort wird das Mischverhältnis der beiden Zuläufe bestimmt und somit auch die Wassertemperatur. Um die Bauteilvielfalt auf ein Minimum zu reduzieren, wurden an jeder Messstelle die gleichen Sensoren benutzt. Da eine hohe Reaktionszeit des Sensors nicht nachteilig ausgelegt werden kann, und diese außerdem sehr günstig im Einkauf sind, wurde auf die bereits konstruierten Sensoren zurückgegriffen.

Das Diagramm in Abbildung 14 zeigt die Reaktion eines G10K3976B1 NTC - Sensors auf eine sprunghafte Veränderung der Temperatur in Wasser.

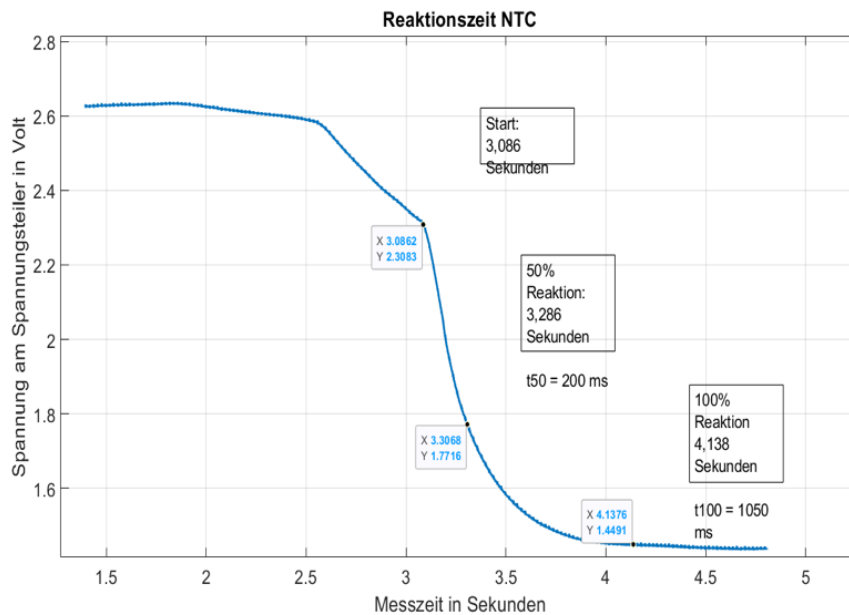


Abbildung 14: Reaktionszeit des NTC - Sensors G10K3976B1

Nach 200 ms ist 50% der Messwertänderung erkannt, was einer  $t_{50}$ -Zeit von 200ms entspricht. Nach 400 ms haben wir eine 75%ige Messwertänderung und nach etwas mehr als einer Sekunde die ganze Messwertänderung. Der Sensor G10K3976B1 erfüllt die Anforderung einer Reaktionszeit, sprich  $t_{50}$ -Zeit, kleiner 500ms und wird somit in der Brühgruppe verbaut.

#### 4.5 Auswahl des Sensorgehäuses/Sensoraufbau

Der ursprüngliche Aufbau des Sensorgehäuses ~~von Arendt~~ musste verworfen werden, da es montagetechnisch nur schwer umzusetzen war, mehrere Schrumpfschläuche auf kleinstem Raum übereinander zu ziehen und zu verkleben.

Daher wurde nun ein neuer Lösungsansatz, möglichst mit bereits vorhandenen Materialien, gesucht. Zur Auswahl des Sensorgehäuses standen zwei Materialien zur Verfügung.

Zum einen handelte es sich um dünnwandige Messingrohre unterschiedlicher Durchmesser, zum anderen um PTFE-Rundstäbe.

Für beide Materialien war bereits die notwendige Lebensmittelverträglichkeit bekannt. Die PTFE-Rundstäbe hatten mit 6mm bereits den passenden Durchmesser, um eine wasser- und druckdichte Verbindung mit den handelsüblichen T-Schlauchverbindungsstücken zu gewährleisten. Anhand der Auswahlmatrix in Tabelle 4 wurde schließlich folgende Lösung ausgewählt: Die PTFE-Rundstäbe werden auf Maß geschnitten, so dass sie problemlos in das T-Verbindungsstück gesteckt und wieder entfernt werden können.

Anschließend wurden die Rundstäbe mit einer Bohrung versehen, und die Sensoren mit lebensmittelverträglichem Epoxidharzkleber so eingeklebt, dass nur der Sensorkopf oben herausragt.

Lösungsvarianten/Kriterien	Sensor eingeklebt in PTFE-Stück	Sensor eingeklebt in Messingrohr	Verbundlösung
Lebensmittelverträglichkeit	gut	gut	gut
Dichtigkeit in T-Stück	gut	Nein, Durchmesser zu klein	gut
Einfache Integration in Wasserkreislauf	ja	Nein	ja
Fertigungsaufwand	mittel	niedrig	hoch
Einfluss auf Temperaturmessung	niedrig	mittel	mittel

Tabelle 4: Auswahltabelle Temperatursensorgehäuse

Nach der Fertigung des Prototyps stellte sich jedoch heraus, dass der Sensor nicht weit genug in die Mitte des T-Verbindungsstücks ragt, da das Sensorgehäuse an einem Absatz im T-Stück anliegt und nicht weiter eingeschoben werden konnte.

Deshalb mussten nun neue Lösungsansätze gefunden werden, dazu wurde wieder eine Tabelle (Tabelle 5) mit Lösungsvarianten und Kriterien erstellt.

Lösungsvarianten/Kriterien	Absatz in PTFE-Stück drehen	Verbundlösung
Dichtigkeit in T-Stück	ja	ja
Einfache Integration in Wasserkreislauf	ja	ja
Fertigungsaufwand	sehr hoch	hoch
Mechanische Stabilität	hoch	hoch

Tabelle 5: Aktualisierte Auswahltabelle Temperatursensorgehäuse

Aufgrund des hohen Fertigungsaufwands der anderen Lösung wurde schließlich die Verbundlösung aus Messingrohr und PTFE-Stück gewählt.

Dazu wurden dünne Messingröhrchen mit Epoxidharzkleber in die PTFE-Stücke eingeklebt, anschließend wurden die Sensoren in die Messingröhrchen eingeklebt. Durch die runde Form der Sensoren entstand nur ein kleiner Spalt zwischen Sensor und Messingröhrchen, der sich gut mit Epoxidharzkleber versiegeln lies.

Durch die Länge des Messingröhrchens ließ sich die Eindringtiefe des Sensors beliebig variieren, somit konnten auch Temperatursensoren für die Boiler angefertigt werden.

Da die Anschlussdrähte der NTC-Sensoren lose durch das Messingrohr geführt wurden, musste ein elektrischer Kurzschluss zwischen den beiden Anschlussdrähten bzw. zwischen Anschlussdrähten und Messingröhrchen ausgeschlossen werden.

~~Für zukünftige Aufbauten wäre es möglich, Sensoren mit bereits isolierten Anschlussdrähten vom Hersteller zu beziehen, für die kleine Stückzahl beim Prototyp war dies jedoch nicht möglich.~~

~~Die Sensoren mussten also im Rahmen der Projektarbeit selbst isoliert werden.~~

Dazu wurde ein erster Versuch mit einem speziellen Platinenschutzlack aus dem Labor unternommen, der jedoch nur schlecht an den Drähten haftete und dadurch keine brauchbare Isolierung gewährleistete. Zielführend war es schließlich, die Drähte mit einem handelsüblichen Klarlack (Dupli-Color 585012) auf Kunstharzbasis zu lackieren. Dabei wurden die Drähte gründlich mit Ethanol entfettet und anschließend mit drei Lagen Klarlack überzogen.

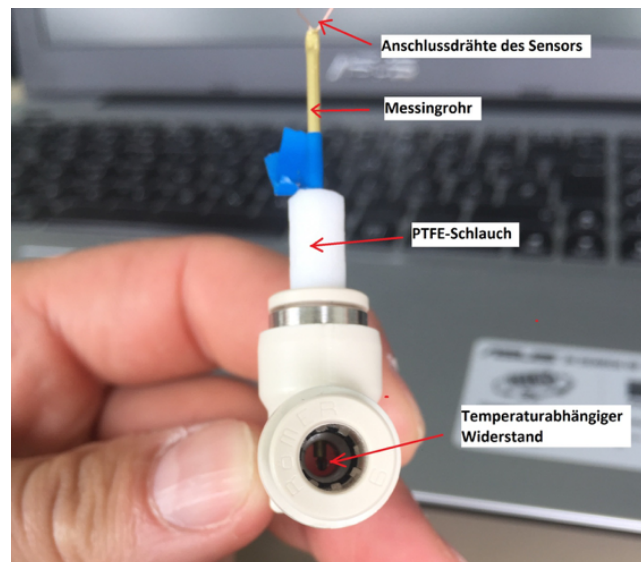


Abbildung 15: Aufbau Temperatursensor im Sensorgehäuse

#### 4.5.1 Fertigungsmöglichkeiten der Temperatursensoren

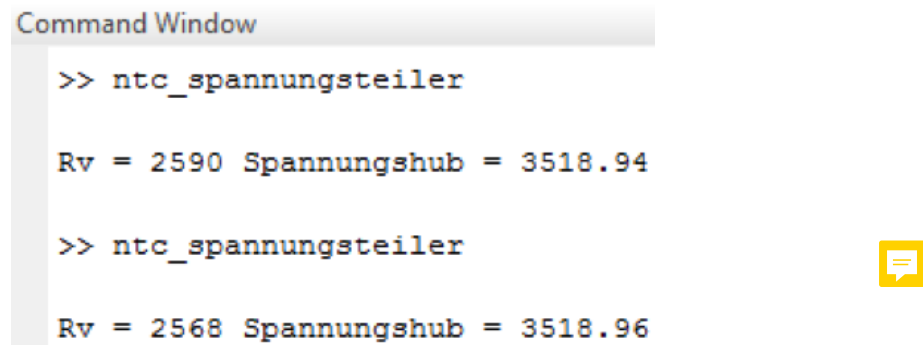
Da die manuelle Fertigung der Temperatursensormodule sehr zeitaufwendig, fehleranfällig und somit teuer ist, ist es erstrebenswert diese zu vereinfachen und automatisieren. Wie bereits erwähnt fällt das Lackieren der Anschlussdrähte der Sensoren in der Serienfertigung weg, da es bei größeren Bestellmengen möglich ist, Sensoren mit bereits isolierten Anschlussdrähten vom Hersteller zu beziehen. Zur Vereinfachung der Temperatursensorgehäuse wäre es denkbar, den bestehenden Aufbau aus PTFE-Stück mit eingeklebtem Messingröhrchen zu einem einzigen Bauteil zu vereinen. Dazu könnte ein PTFE-Stück mit Absatz gedreht werden, so dass das dickere Ende ins T-Verbindungsstück gesteckt werden kann, während das dünne Ende um die gewünschte Länge hineinragt. Anschließend muss der Temperatursensor lediglich noch hindurchgesteckt und eingeklebt werden, um Wasserdichtheit zu gewährleisten. Dies könnte manuell oder maschinell erfolgen. Dabei könnte es sich als problematisch erweisen, die Bohrung im PTFE-Stück mit der geringen Wandstärke im vorderen Teil umzusetzen. Eine andere Möglichkeit wäre es, das Gehäuse bereits mit bestehender Bohrung im 3D-Druck zu fertigen. Auch hier müsste lediglich noch der Sensor eingeklebt werden. Hierbei müsste allerdings die Werkstoffwahl nochmals überprüft werden, da 3D-Druckverfahren für PTFE noch nicht lange im Einsatz und daher teuer sind. Da die meisten im 3D-Druck eingesetzten Materialien nicht sehr wärmeformbeständig sind könnte es sich als schwierig herausstellen, einen druckbaren Werkstoff zu finden, der sowohl die nötige Wärmeformbeständigkeit als auch Lebensmittelverträglichkeit besitzt.

Im Anhang (12) ist eine Montageanleitung der verbauten Temperatursensoren zu finden.

#### 4.6 Auslegung des Vorwiderstands der Spannungsteilerschaltung

Vorgabe war es nicht den Vorwiderstand so auszulegen, dass die Kennlinie möglichst linear wird, sondern möglichst viele Inkremente der möglichen ~~4096bit, des 12bit A/D Wandlers~~ zu nutzen, um eine mögliche hohe Messwertauflösung zu bekommen. Desweiteren soll der Vorwiderstand als Schutz für den Sensor verwendet werden, um bei heißen Temperaturen eine Erwärmung des Sensor möglichst zu verhindern. Um möglichst viele Inkremente des A/D-Wandlers nutzen zu können, wurde ein MATLAB-Skript erstellt, welches automatisch den besten Widerstandswert für den Vorwiderstand berechnet. Mit dem von uns verwendeten Sensor wurde für den idealen Vorwiderstand ein Wert von  $2568\Omega$  berechnet. Durch Reihenschaltung zweier Widerstände aus dem Lager des Labors beträgt der Gesamtwiderstand  $2590\Omega$ , was keinen wesentlichen Unterschied im Spannungshub ausmacht, siehe Abbildung 3. Somit ergibt sich eine theoretische

Messwertauflösung im Messbereich von 0-150°C von 0,04°C pro Inkrement und 0,86mV pro Inkrement.



```
Command Window
>> ntc_spannungsteiler

Rv = 2590 Spannungshub = 3518.94

>> ntc_spannungsteiler

Rv = 2568 Spannungshub = 3518.96
```

Abbildung 16: Programmtext: Vergleich Spannungshub

## 4.7 Kalibrierung der Sensoren

Beim Kalibrieren eines Sensors wird unter vorgegebenen Bedingungen der Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße ermittelt und dokumentiert. Eingangsgröße ist die zu messende physikalische Größe, die Temperatur, welche durch einen Referenzsensor, auch Normalinstrument genannt, erfasst wird. Ausgangsgröße ist die elektrische Spannung des zu kalibrierenden Sensors.

Die NTC-Sensoren werden mit einem Referenzsensor, welcher ein NiCrNi - Thermoelement ist, kalibriert. Durch die Kalibrierung mit diesem sehr genau messenden Sensor wird eine Genauigkeit von  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  erzielt. Um die Sensoren zu kalibrieren, werden der Referenzsensor und unser selbstgemachter Sensor in einen Wasserbehälter gehalten, welcher auf einer Heizplatte steht. Die Sensoren sind über Messkarten mit einem Laptop verbunden, sodass mit dem ~~MATLAB Skript "Sensorkalibrierung"~~ die Werte abgespeichert werden können. In bestimmten Zeitschritten werden die Messwerte gegenübergestellt. So wird jedem Temperaturwert ein Spannungswert zugeteilt.

Kalibriert wurde bis zu einer Temperatur knapp unter 100°C um ein Überkochen des Wassers zu vermeiden. Die restlichen Werte werden aus den vorhandenen Daten extrapoliert. Das Ergebnis der Kalibrierung ist Anhand des BT11 Temperatursensors in Abbildung 17 zu sehen.

Bei jeder Kalibrierung der einzelnen Sensoren, muss die gesamte Spannungsteilerschaltung neu aufgebaut werden, aufgrund von möglichen Abweichungen der Vorwiderstände zueinander. Die Kalibrierung hat nur Sinn, wenn im Nachhinein auch der dazugehörige Vorwiderstand zum dementsprechenden NTC-Widerstand verwendet wird.



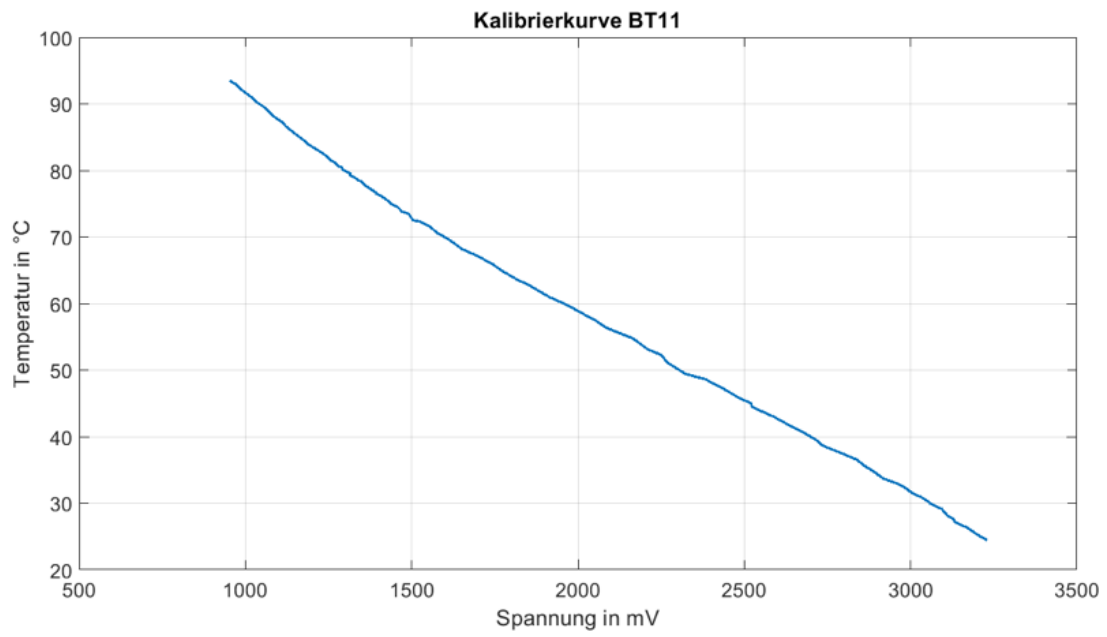


Abbildung 17: Ergebnis der Kalibrierung am Beispiel des BT11 Temperatursensors

## 5 Brühgruppe

Aufgabe der Brühgruppe (Abbildung 18) ist es, mithilfe des zu ihr geförderten Heißwassers (1), einen Kaffeebezug zu ermöglichen. Hierfür wird der mit Kaffee gefüllte Siebträger in die Buchse eingespannt. Die Steuerventile der kalten Brühgruppe werden so geschaltet, dass eine Verbindung zwischen der Heißwasserzufuhr und der Dusche im Gehäuse entsteht. Die unmittelbar über dem Kaffeepulver angeordnete Dusche, drückt unter typischen 9 bar das Heißwasser durch den Kaffee. Nach Ende des Brühvorgangs, wird die Dusche durch erneutes Betätigen der Steuerventile von der Heißwasserzufuhr getrennt. Der schematische Aufbau der Brühgruppe ist im Anhang (12) nochmals genauer verdeutlicht. Im folgendem werden die einzelnen Komponenten der Brühgruppe genauer beschrieben und welche Probleme jeweils auftraten.

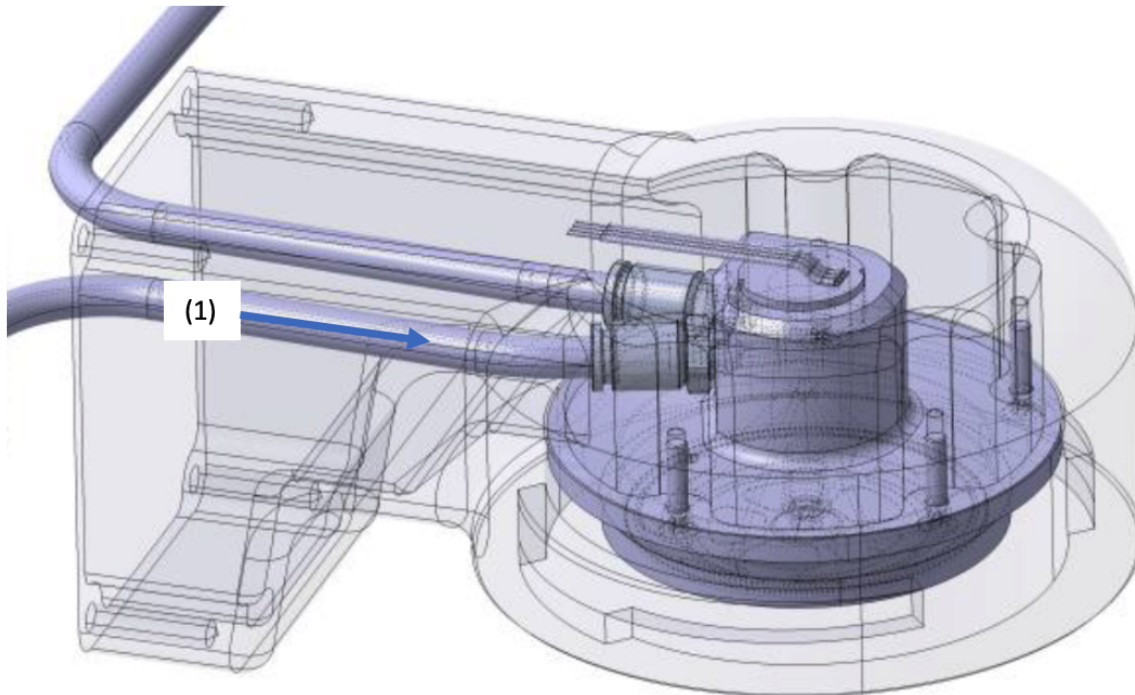


Abbildung 18: 3D-Modell des Brühkopfes

### 5.1 Dusche

Die Dusche ist hauptsächlich für die Verteilung des Brühwassers über dem Kaffeepulver zuständig (Abbildung 19 rechts). Außerdem muss über einen Rücklauf das Spülen der Brühgruppe gewährleistet sein (Abbildung 19 links). Hierfür verfügt die Dusche über einen Zulaufanschluss und einen Abwasseranschluss. Für den Prototyp wurde ein Temperatursensor (1) und ein Drucksensor (2) in die Dusche verbaut, um genaue Messdaten für die Programmierung der kalten Brühgruppe verwenden zu können.

Die Dusche wurde nach Zeichnung (Anhang 19 links) gefertigt. Jedoch wurden die weiteren Bearbeitungsschritte aus der Zeichnung der Dusche komplett (Anhang 19 rechts) angepasst. Für die Temperaturmessung an der Dusche wird ~~ein von uns neu entwickelter~~ Temperatursensor verwendet, dieser ist ohne das PTFE-Stück, ausgeführt. Das Messingstück wird mittels Epoxidharzkleber direkt in die Dusche eingeklebt.

Zur Befestigung des Drucksensors wurde entgegen der vorherigen Auslegung kein Cyanacrylatkleber, sondern ein Epoxidharzkleber verwendet. Dies dient einer besseren Abdichtung. Das Duschsieb, das einer besseren Verteilung des Heißwassers dient, wird mit einer selbstschneidenden Schraube an der Dusche befestigt.

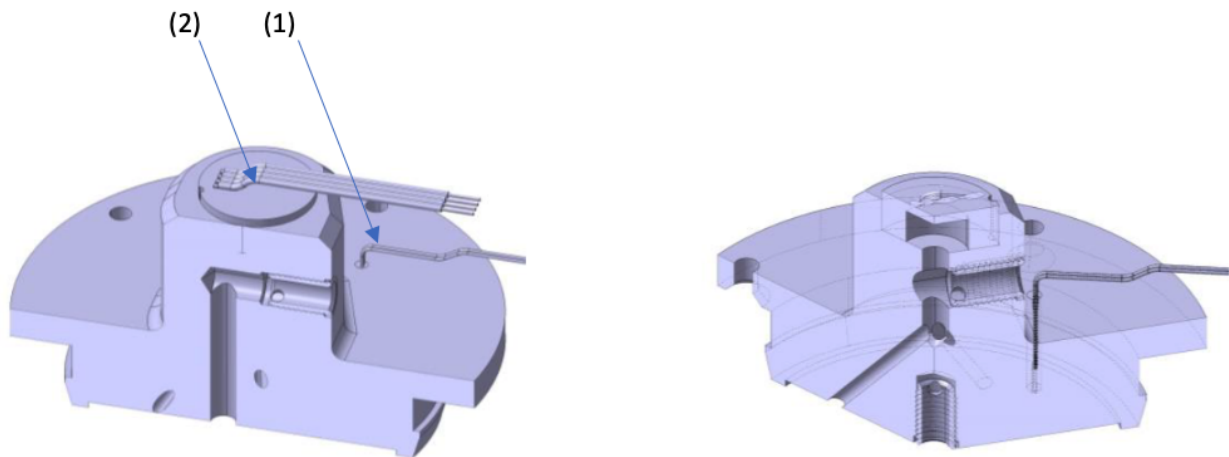


Abbildung 19: Führung des Abwassers (links) und Brühwassers (rechts)

## 5.2 Siebträgerdichtung

Die Siebträgerdichtung (~~STD~~) ist für die Abdichtung der Brühgruppe zuständig. Diese sitzt zwischen der Dusche und dem Siebträger.

Speziell beim Spülen der Brühgruppe, bei dem bis zu 16 bar auftreten, ist auf eine ausreichende Abdichtung zu achten.

Die ursprüngliche ~~STD~~ (Abbildung 20), konnte bei der ersten Erprobung keine Dichtheit gewährleisten. Dies ist auf das zu harte PTFE Material und die zu geringe Verpressung zwischen Siebträger und Dichtung zurückzuführen.

Daher wurde diese durch eine Standarddichtung ~~der Fa. BFC~~ ausgetauscht (Abbildung 20). Diese passt in die vorhandene Nut der Dusche, wodurch auf eine weitere Bearbeitung der Dusche verzichtet werden konnte (Abbildung 21).



Abbildung 20: Siebträgerdichtung Alt (Links) und Neu (Rechts)

Bei der zweiten Erprobung der Dusche ist eine weitere Undichtigkeit der ~~STD~~ aufgefallen. Dies lag an der unzureichenden Dichtfläche zwischen Dusche und ~~STD~~, da diese durch die Verschraubungen der Dusche beeinträchtigt ist (Abbildung 21).

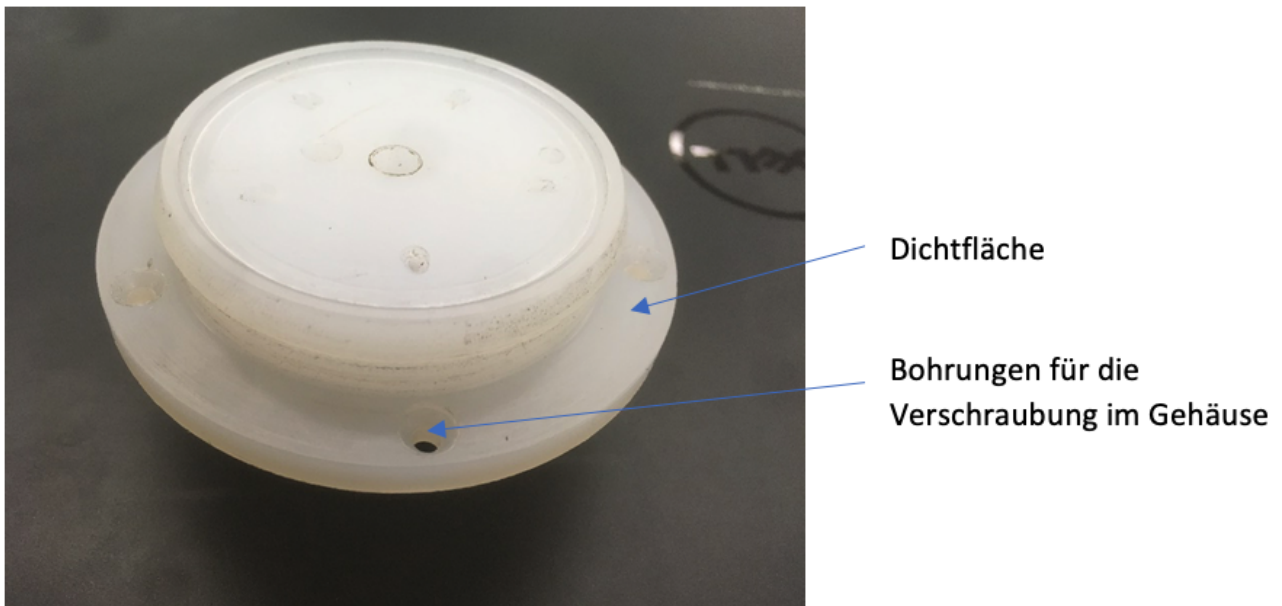


Abbildung 21: Foto der Dusche mit Bohrungen und Dichtfläche

Vorläufige Lösung zur Erprobung der kalten Brühgruppe war hierbei das Verkleben der Dichtung mit der Dusche. Hierbei wurde das mehrfach eingesetzte Epoxidharz verwendet (Abbildung 22).

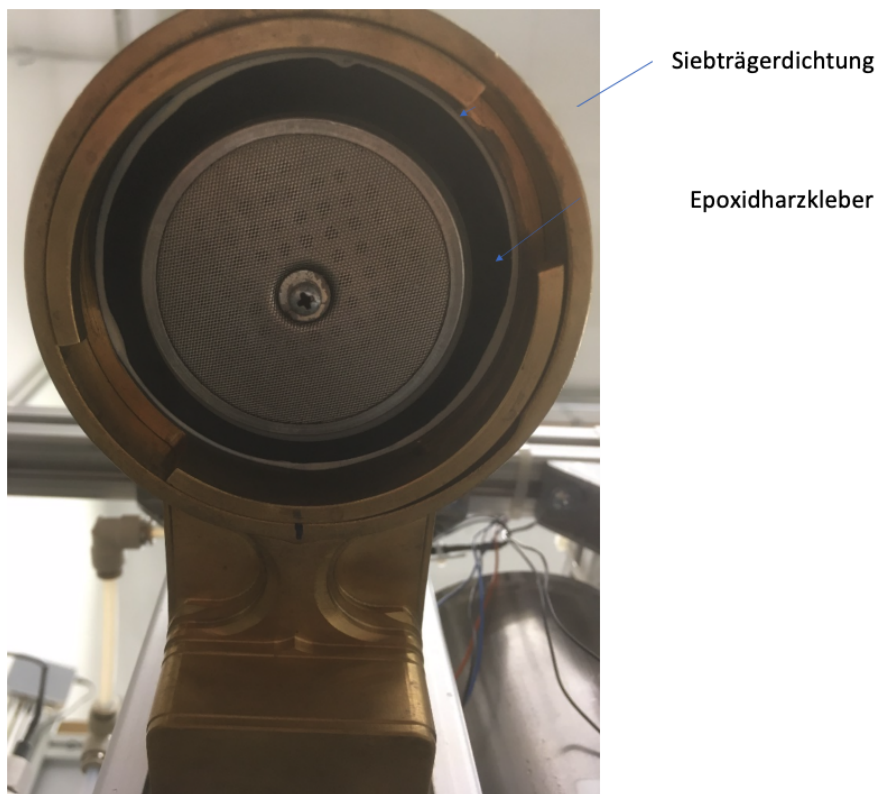


Abbildung 22: Montierte Brühgruppe mit eingeklebter STD

Bei einer Weiterentwicklung ist auf eine geeignete Dichtfläche zwischen Dichtung und Dusche zu achten.

Eine andere Möglichkeit ist es, das Konzept der Brühgruppe komplett zu überdenken.

### 5.3 Gehäuse

Im Allgemeinen ist das Gehäuse für die Befestigung aller Komponenten, die für den Brühvorgang des Kaffeebezugs notwendig sind, zuständig. Die Dusche muss im Gehäuse untergebracht werden. Ebenso muss eine Verbindungsmöglichkeit von der Wasserversorgung zur Dusche gewährleistet sein. Außerdem muss über einen Drehmechanismus die Fixierung eines E61 Siebträgers gegeben sein. Das Gehäuse (Abbildung 23) der Brühgruppe wurde nach der Zeichnung der Abschlussarbeit von M. Arendt [1] gefertigt. Jedoch wurde derzeit auf die Anbringung der 10 Zylinderstifte verzichtet, um den Bearbeitungsaufwand gering zu halten. Zur Positionierung der Buchse im Gehäuse wurden 3 x M4 Gewinde angebracht. Durch das Einschrauben von einer Madenschraube in das M4 Gewinde greifen die Spitzen in die Buchse. Somit wird ein Verdrehen der Buchse verhindert.

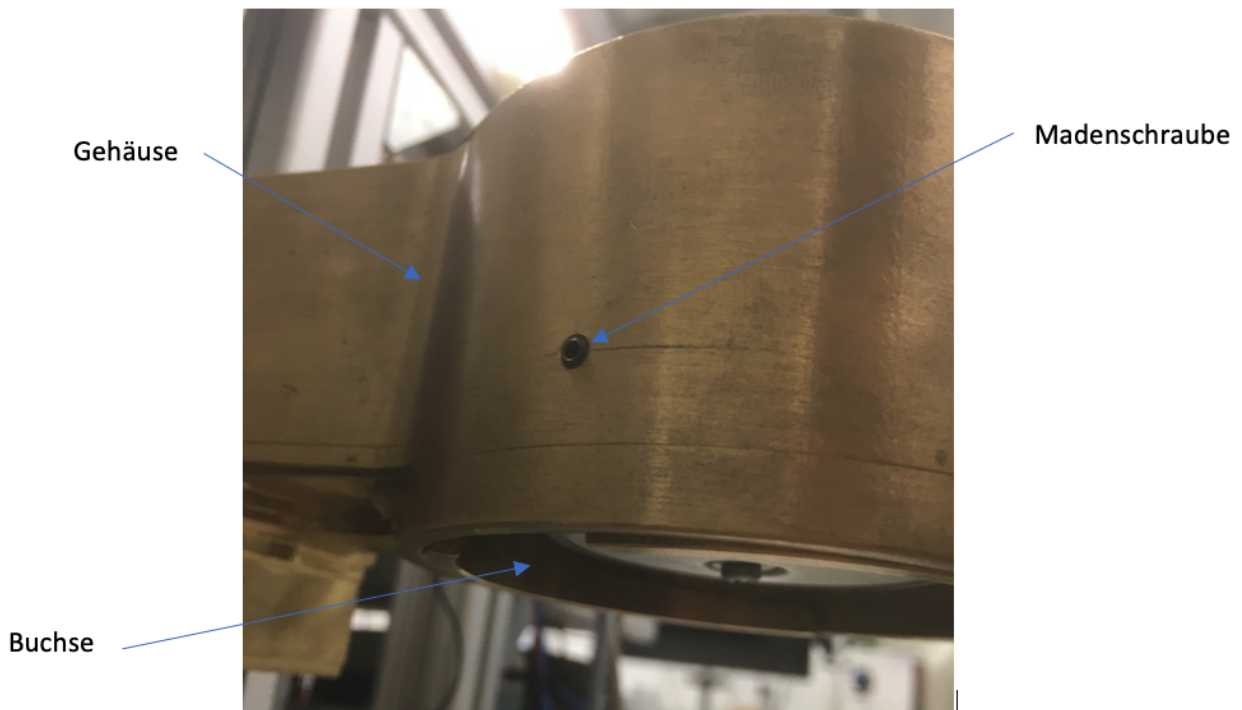


Abbildung 23: Brühkopfgehäuse mit Buchse und Madenschraube

Da das Gehäuse ein Hauptaugenmerkmal der Espressomaschine ist, wird in Zukunft auf eine Alternative umgestiegen, die optisch der klassischen E61 (Abbildung 24) entspricht und somit ein gewohntes Bild für den Endverbraucher ergibt.



Abbildung 24: Gehäuse, Klassische E61 (Links) Gehäuse aktuell (Rechts)

#### 5.4 Buchse

Die Fertigung der Buchse erfolgte wie in der Zeichnung von M. Arendt beschrieben (Zeichnung Buchse, [1])

Die Buchse ist für die Fixierung des Siebträgers in der Brühgruppe verantwortlich. Über das einsetzen und verdrehen des Siebträgers um ca.  $45^\circ$  (Abbildung 25) erfolgt eine vertikale Bewegung nach oben auf die Siebträgerdichtung. Somit sind Siebträger und Buchse miteinander verpresst. Eine Abdichtung zwischen den beiden Bauteilen ist gewährleistet.

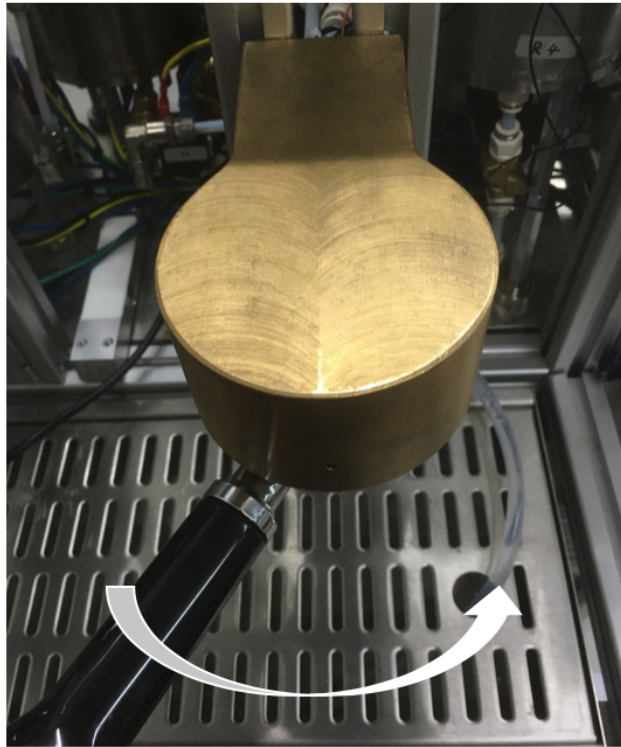


Abbildung 25: Brühgruppe mit eingesetztem Siebträger

## 6 Mischer

Um eine zuverlässige Messung der Temperatur nach dem Zusammenführen des kalten und warmen Wasserstroms zu gewährleisten war in der Abschlussarbeit von Hr. Arendt ein statischer Wendelmischer vorgesehen.

Dazu sollte ein PVDF-Gehäuse gefertigt werden, in welches ein Mischelement (~~Kaufteil der Firma Esska~~) eingelegt wird und mittels Schrauben fixiert wird.

Um den Fertigungsaufwand des Gehäuses zu vermeiden wurden Alternativlösungen gesucht. Der erste Ansatz war, das Mischelement in einen Schlauch mit passendem Durchmesser einzulegen, und mittels Reduzierstücken in den Wasserkreislauf einzubinden. Auch nach langer Suche wurden keine passenden Schläuche mit Lebensmittelzulassung beziehungsweise ausreichender Temperatur- und Druckbeständigkeit gefunden.

Ein weiterer Ansatz war die Suche nach bereits in einem Gehäuse montierten Mischern. Jedoch waren im Handel solche Mischer nur für den Gebrauch in der Kunststoffindustrie aufzufinden, welche keine Lebensmittelzulassung besitzen. Deshalb musste auch dieser Ansatz verworfen werden.

Der dritte Ansatz war ein Integralgehäuse aus PVDF, welches die Sensoren für Warm-, Kalt- und Mischwasser sowie das Mischelement selbst aufnimmt (siehe Abb. 26).

Aufgrund des hohen Fertigungsaufwands wurde dieser Ansatz nach Diskussion in der Gruppe jedoch verworfen.

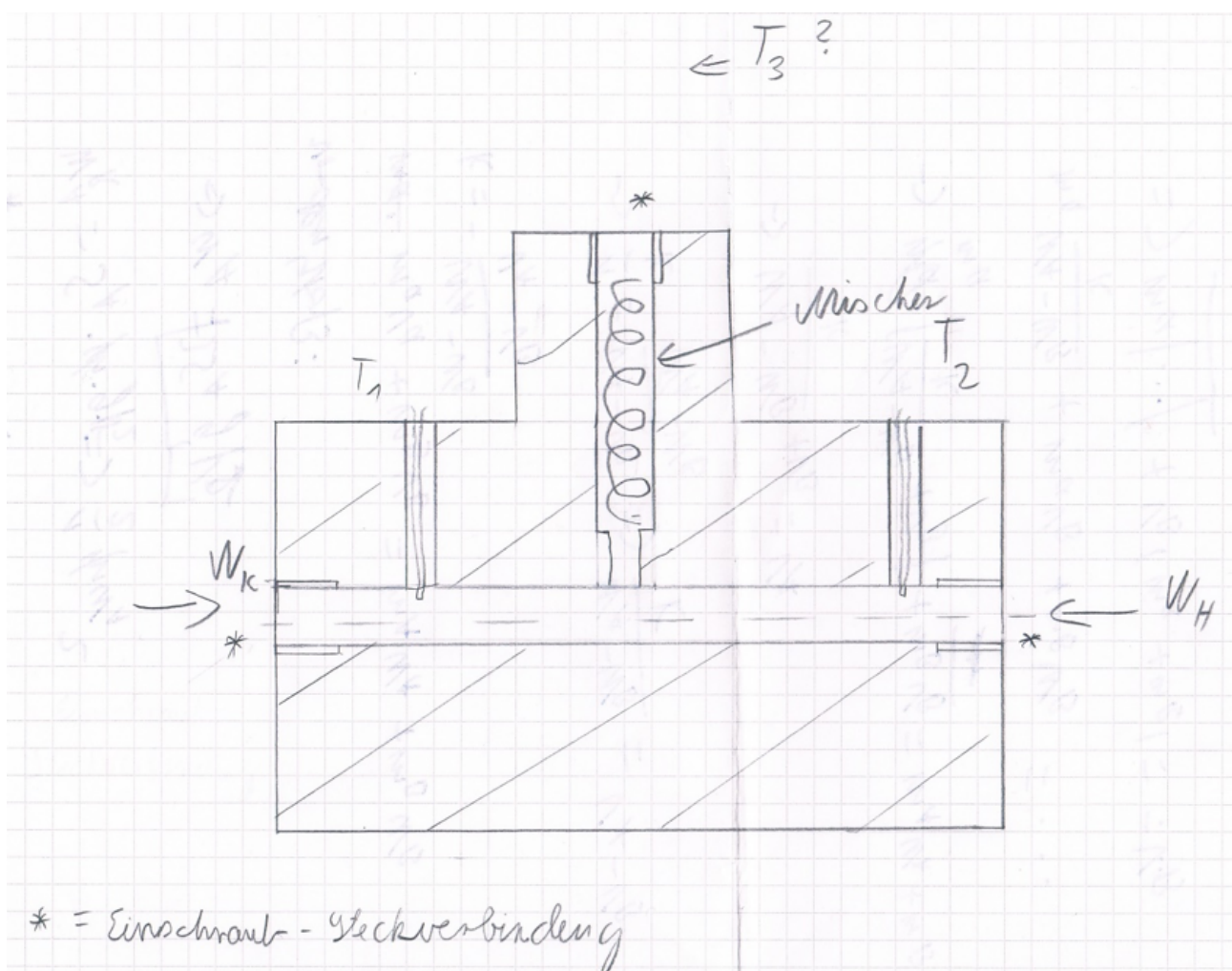


Abbildung 26: Funktionsdarstellung des Mischer-Elements

Schließlich wurde das ursprüngliche, von Hr. Arendt entworfene Konzept, gefertigt und montiert.



Im aktuellen Aufbau der Labormaschine ist der Mischer aufgrund von Platzmangel jedoch nicht eingebaut.

Da Warm- und Kaltwasser in einem T-Stück zusammengeführt werden, dürfte sich hier bereits das Wirkprinzip eines Gegenstrommischers einstellen, wodurch vermutlich auf einen dedizierten Mischer verzichtet werden kann. Dies müsste aber im Verlauf der Maschinenerprobung noch geklärt werden.

## 7 Teilebeschaffung

"Die Versorgung der Unternehmen mit den benötigten Erzeugnis- und Betriebsstoffen, Anlagen und Dienstleistungen wird in Literatur und Praxis mit unterschiedlichen Begriffen bezeichnet: Einkauf, moderner Einkauf, Materialwirtschaft, (...)"([8], S. 1). Die Herausforderung der Materialwirtschaft bei dieser Projektarbeit ist es, geeignete Lieferanten zu finden. Die Lieferantenauswahl leitet sich ab aus der Lieferantenfindung, in der regionale bzw. (inter-)nationale Lieferanten, die den Bedarf decken können, gesucht werden [9].

Für die Entwicklung der neuartigen Kaffeemaschine sind zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Anforderungen bei der Teilebeschaffung gegeben. So ist es in der Prototypenphase notwendig, geringe Stückzahlen und Einzelfertigungen zum Testen zu beschaffen. Gleichzeitig müssen die aus der Prototypenphase hervorgehenden Lieferanten in der Lage sein, die erfolgreich getesteten Komponenten für die Serienproduktion in höheren Auflagen zu liefern, wobei Lieferzeiten und Verfügbarkeiten von entscheidender Bedeutung sind. Da zu erwarten ist, dass auch die Serienproduktion der marktreifen Maschine durch ihren sehr spezifischen Anwendungsfall keine exorbitant großen Stückzahlen hervorbringen wird, mildert das Verhandlungsargument, trotz vorerst geringer/Einzel Stückzahl in Zukunft eine hohe Serienproduktion in Aussicht stellen zu können. Bei der Auswahl der Lieferanten gilt es nicht nur die Stückpreise der gewünschten Produkte zu vergleichen, sondern auch die mögliche Aufdeckung von Fehlern bei Lieferanten zu beachten und abzuschätzen. Diese Fehler können sich ausdrücken in Unzufriedenheit der Kunden am Endprodukt, sowie erhöhten Produktions-Ausschüssen wegen qualitativ schlechter Lieferteile." [9].

Ebenfalls zu beachten ist, dass eine einheitlich dokumentierte Stückliste geführt werden muss. Dies ist notwendig, um zu gewährleisten, dass die in der Serie verbauten Komponenten mit den in der Prototypenphase getesteten übereinstimmen.

### 7.1 Kaffeewerkstatt München

Die Kaffeewerkstatt München ist ein Unternehmen für den Verkauf und die Reparatur von Espressomaschinen. Die Existenz dieser Kooperation erleichtert die Suche nach geeigneten Lieferanten erheblich. Bereits vor Beginn dieser Arbeit bestand eine enge Zusammenarbeit des Kooperationspartner mit Teilelieferanten.

### 7.2 Verbaute Kaufteile von AVS Römer

Die genutzten Lieferantenbeziehungen sind zum einen AVS Römer, ein Spezialist für kundenspezifische Speziallösungen. Mit Sitz in Deutschland stellt die Firma neben Verschraubungen, Magnetventilen und Dosierventilen auch ELSA-Steckverbindungen, bzw. -verschraubungen (ELSA Push-in Fittings) her, welche für den Aufbau an der LEM perfekt geeignet sind. (Mehr zu den ELSA-Steckverbindungen in Abschnitt 2.3)

In Tabelle 6 sind die Bezeichnungen und Bestellnummern der verbauten Kaufteile von AVS Römer aufgeführt. Die Ziffern hinter den Bauteilbeschreibungen beziehen sich auf die Durchmesser der Anschlüsse in mm.

Anzahl	Beschreibung	Römer Bestellnummer
1	Winkel-Einschraub-Verschraubung, drehbar	367061
1	T-Steck-Verbindung 6/8	367082
1	Gerade Steck-Verbindung (Reduzierstück) 6/8	367086
6	Winkel-Steck-Verbindung 6/6	367090
4	T-Steck-Verbindung 6/6	367095
10	Gerade Einschraub-Verschraubung 6/ M5	380060
1	Rückschlagventil	634938
2	Dosierventil	690525

Tabelle 6: Verbaute Kaufteile AVS Römer

### 7.3 Verbaute Kaufteile von LF SpA (lfersatzteile724.de)

Zum Anderen konnten die Arbeiten von der Zusammenarbeit mit dem Handelspartner LF SpA profitieren. LF ist eine globaltätige Vertriebsorganisation für Komponenten und Ersatzteile für u.A. Kaffeemaschinen. Neben den Aspekten der hohen Lieferbereitschaft und der Möglichkeit, online in nach Anwendungsfall sortierten Spezialkatalogen zu stöbern und bequem zu bestellen, hebt sich das Unternehmen vor allem dadurch hervor, als einziger Vertrieb weltweit Ersatzteile in den beiden Bereichen Profi und Haushalt anzubieten.

Durch den Vertrieb von LF konnte vor Allem der Bedarf an Magnetventilen gedeckt werden. Auch bei eventuell zukünftigen Änderungen der Hydraulik kann man sich sicher sein, bei LF die passenden Ventile zu finden. In Tabelle 7 sind die Bezeichnungen und Bestellnummern der verbauten Magnetventile aufgeführt.

Anzahl	Bauteil	LF Bestellnummer
3	CEME 2/2-Wegeventil 5220VN20SAIF	1120237
1	CEME 3/2-Wegeventil 5320VN20SAIX7	1120174

Tabelle 7: Verbaute Kaufteile lfersatzteile724.de

### 7.4 Verworfenene Dichtung der Fa. Grünberg

Die in ~~Arendts~~ Dokumentation vorgesehene Dichtung wurde gemäß Zeichnung nach Erstellung einer Angebotsübersicht bei der Firma Grünberg in Auftrag gegeben. Wie bereits in Abschnitt 5.2 beschrieben, konnte diese nicht die gewünschte Dichtigkeit erzielen, und wurde daher ersetzt. Der Vollständigkeit halber soll diese Dichtung hier nur kurz erwähnt werden. Im Anhang (12) befindet sich die die Übersicht der erhaltenen Angebote, für eventuelle zukünftige Weiterbearbeitung dieses Themas.

## 8 ~~Erprobung~~

~~Die Versuchsberichte der beiden Erprobungstermine befinden sich im Anhang (12).~~

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das in [1] entwickelte Konzept erfolgreich an der ~~LEM~~ aufgebaut werden konnte.

Die Magentventile aus [1] wurden verworfen und ersetzt durch drei 2/2-Wegeventile und ein 3/2-Wegeventil.

Die Dosierventile sind in der Steuerung der Maschine noch nicht integriert. Die Temperaturmessplatine wurde erneuert. Alle Änderungen an der Elektrik wurden im Elektroplan\_V6 aktualisiert, welcher an diesen Bericht angehängt ist.

Für die Stromversorgung der Dosierventile wurde ein 24V-Spannungswandler verbaut.

Die Lösung aus [1] für die Temperatursensoren wurde generalüberholt. Bei den jetzt verbauten Sensoren handelt es sich um reaktionsschnelle NTC-Sensoren, die in einem PTFE-Stück eingeklebt sind und durch ELSA-Steckverbindungen in den Wasserkreislauf der Maschine integriert werden.

Der Aufbau des Brühkopfes wurde grundlegend aus [1] übernommen. In Gehäuse und Buchse wurden gemäß Montageanweisung aus [1] Bohrungen für die Positionierstifte gesetzt, um eine definierte Siebträgerposition sicherzustellen.

Die Siebträgerdichtung weist Probleme mit der Dichtigkeit auf, daher wurde sie durch eine Standard E61 Dichtung ersetzt.

### 9.1 Probleme und Verbesserungen

Es folgt eine Beschreibung der Probleme und empfohlenen Verbesserungen für den weiteren Entwicklungsprozess. Einige wurden bereits in der Schwerpunktstudienarbeit "Inbetriebnahme der Labor Espressomaschine" beschrieben, werden jedoch zur Vollständigkeit nochmals aufgelistet.

**Magnetventil** Das 3/2 Magnetventil verfügt über einen Anschluss, der nicht optimal ist zur Befestigung von PTFE-Schläuchen Abbildung 27. Dies sollte bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden und durch ein Magnetventil mit passenden Anschlüssen ausgetauscht werden.



Abbildung 27: Verbautes 3/2 Wegeventil mit fehleranfälligem Schlauchanschluss

**Gehäuse** Das Lochbild der Bodenplatte muss im Rahmen der Gehäuseentwicklung vollständig überdacht werden. Außerdem sollte zukünftig auf einen geeigneten Öffnungsmechanismus der Maschine gedacht werden, sodass Wartungsarbeiten und Reparaturen gut möglich sind. Die Inbetriebnahme empfiehlt, dass mindestens zwei Wände und der Deckel abnehmbar sein müssen. Mehr Abnehmbare Gehäuseteile erleichtern die Arbeit im inneren der Maschine.

**Relaisinsel** Die bisherige Ausführung der Relaisinsel ist konstruktiv noch zu verbessern. Die Verwendung von 6 Solid State Relais sollte überdacht werden. Grundsätzlich sind Solid State Relais sinnvoll, um Verbraucher mit hohen Leistungen sehr oft zu schalten. Die Relais aller Magnetventile können somit durch günstigere ersetzt werden, da hier geringe Leistung herrscht und weniger Schaltzyklen erwartet werden. Für den Motor und die Heizung sollten die Solid State Relais erhalten bleiben.

**Anschluss der Hydraulik** Mit flexiblen Edelstahlschläuchen soll der spätere Besitzer der Kaffeemaschine Wasser an die Maschine führen. Eventuell sollte aus Sicht eines ganzheitlichen Produktes das Entkalkungssystem in die Maschine integriert werden. Außerdem sollte der Hydraulikanschluss fest am Gehäuse angebracht werden. Ein Eingreifen des Kunden in das Innenleben der Maschine sollte verhindert werden.

**Erdung des Boilers** Der Boiler ist derzeit über das Heizelement geerdet. Er ist nicht mit dem Bodenblech der Maschine verschraubt, sondern stehen lediglich darauf. Im nächsten Entwicklungsschritt sollte eine gesonderte Erdung für den Kessel vorgesehen werden. Eine feste Verbindung zum Gehäuse ist hier ebenfalls eine Option.

**Verkabelung** Die Pole der Magnetventile sind derzeit einzeln mit Flachsteckern verkabelt. Für die Zukunft sollte aber auf Klassische Ventilstecker SVS umgestellt werden. Dies gilt ebenfalls für das Heizelement. So kann die Menge der Kabel auf ca. ein Drittel reduziert werden. Auch die Stromversorgung einzelner Komponenten ist auf verschiedene Arten realisiert worden. Hier sollte auf ein Einheitliches Konzept umgestellt werden um Platz zu sparen, und für eine bessere Übersicht zu sorgen. Bei späteren Weiterentwicklungen der Maschine ist eventuell an eine Konstruktion eines separat gefertigten Kabelbaums zu denken.

**Zusammenfassung der Platinen** Derzeit gibt es für jede Messung (Druck, Temperatur) je eine Platine. Später sollten diese zu einer Messplatine zusammengefasst werden. So kann Bauraum gespart werden.

**Buchse** Bei weiterer Betrachtung fällt auf das sich die Nasen der Buchse bei starkem eindrehen des Siebträgers verbiegen, dadurch ist die Verpressung zwischen Siebträger und Dichtung eingeschränkt. Bei einer Weiterentwicklung der Brühgruppe ist darauf zu achten, dass an dieser Stelle nachgebessert wird. Entweder werden die Nasen stabiler ausgelegt oder diese werden mit dem Gehäuse Verstiftet. Auch eine Fertigung aus einem Teil ist hierbei denkbar, ähnlich wie bei der Originalen E61 Brühgruppe [Verweis auf Kalte E61 Brühgruppe].

**Drucksensor** Der Drucksensor ist zur Montage am Boiler in einen Adapter eingebaut Abbildung X. Hierbei treten allerdings verschiedene Probleme auf. Zum derzeitigen stand ist der Drucksensor mit Adapter oft undicht. Ein weiteres Problem sind die zwei Rechtsgewinde, die sich nicht separat voneinander lösen lassen. Bilder. . .

## 10 Textanteile der Gruppenmitglieder

Textabschnitt	Bezeichnung	Verfasser
	Abstract	Felix Müller
	Abkürzungsverzeichnis	Felix Müller
1	Einleitung	Felix Müller
2	Hydraulik	Felix Müller
2.1	Magnetventile	Felix Müller
2.2	Schläuche	Johannes Amann
2.3	ELSA-Steckverbindungen	Felix Müller
2.4	Dosierventile	Felix Müller
2.5	Boiler	Felix Müller
3	Elektrik	Felix Müller
3.1	Raspberry Pi	Felix Müller
3.2	Temperaturplatine	Felix Müller
3.3	Solid State Relais	Johannes Amann
3.4	24V Spannungswandler	Johannes Amann
3.5	Verkabelung	Fabian Deiser
3.6	Not-Aus	Johannes Amann
4.1	Ziele und Aufgaben des Sensors	Stefan Sellmaier
4.2	Messpunkte	Stefan Sellmaier
4.3	Anforderungen an den Temperatur	Stefan Sellmaier
4.4	Auswahl des temperaturveränderlichen Widerstands	Stefan Sellmaier
4.5	Reaktionszeit des Sensors	Stefan Sellmaier
4.6	Auswahl des Sensorgehäuses/Sensoraufbau	Johannes Amann
4.6.1	Fertigungsmöglichkeiten der Temperatursensoren	Johannes Amann
4.7	Auslegung des Vorwiderstands der Spannungsteilerschaltung	Stefan Sellmaier
4.8	Kalibrierung der Sensoren	Stefan Sellmaier
5.1	Dusche	Fabian Deiser
5.2	Siebträgerdichtung	Fabian Deiser
5.3	Gehäuse	Fabian Deiser
5.4	Buchse	Fabian Deiser
6	Mischer	Johannes Amann
7	Teilebeschaffung	Felix Müller
7.1	Verbaute Kaufteile von AVS Römer	Felix Müller
7.2	Verbaute Kaufteile von LF SpA	Felix Müller
8	Erprobung	Fabian Deiser
9	Zusammenfassung und Ausblick	Felix Müller
9.1	Probleme und Verbesserungen	Fabian Deiser
	Zusammenfügen & Formatieren der Dokumentation mit LaTeX	Felix Müller



Tabelle 8: Textanteile der Projektmitglieder

## 11 Quellenverzeichnis

### 11.1 Literaturverweise

- [1] Neukonstruktion einer Kaffeemaschinenbrühgruppe, Marc Arendt, 21.12.2018
- [2] Grundlagen der Hydraulik, Grollius, 2019
- [3] Labortechnische Kaffeemaschine, Kilian Stach
- [4] Inbetriebnahme der Labor-Espressomaschine, Alshikh, Hadwiger, Sieber
- [5] <http://www.kaffee-schmecker.de/kaffeezubereitung/bruehtemperatur-kaffee>, Stand 28.09.2019
- [7] Datenblatt NTC Telemeter
- [8] Materialwirtschaft und Einkauf, Arnold, Heege, Röh, Tussing
- [9] Lieferantenauswahl (Diplomarbeit), Stefan Hirsch

### 11.2 Weiterführende Literatur

- [10] Konstruktion zweier Druckbehälter für eine hochwertige Siebträgermaschine, Tobias Tritschler
- [11] Simulationsmodell einer Siebträger Kaffeemaschine, Kretzschmar, Bauske, Binder

## 12 Anhang

- Anhang 1: Übersicht der verwendeten GPIOs am Expansionsbus 2
- Anhang 2: Schematischer Aufbau und Teileübersicht
- Anhang 3: Datenblatt Dosierventil
- Anhang 4: Aktualisierter Schaltplan\_V6
- Anhang 5: Montageanleitung für einen Temperatursensor
- Anhang 6: Schemaplan Brüheinheit
- Anhang 7: Versuchsberichte Erprobung Anhang 8: Angebote Dichtung
- Anhang 9: Datenblatt NTC-Sensor

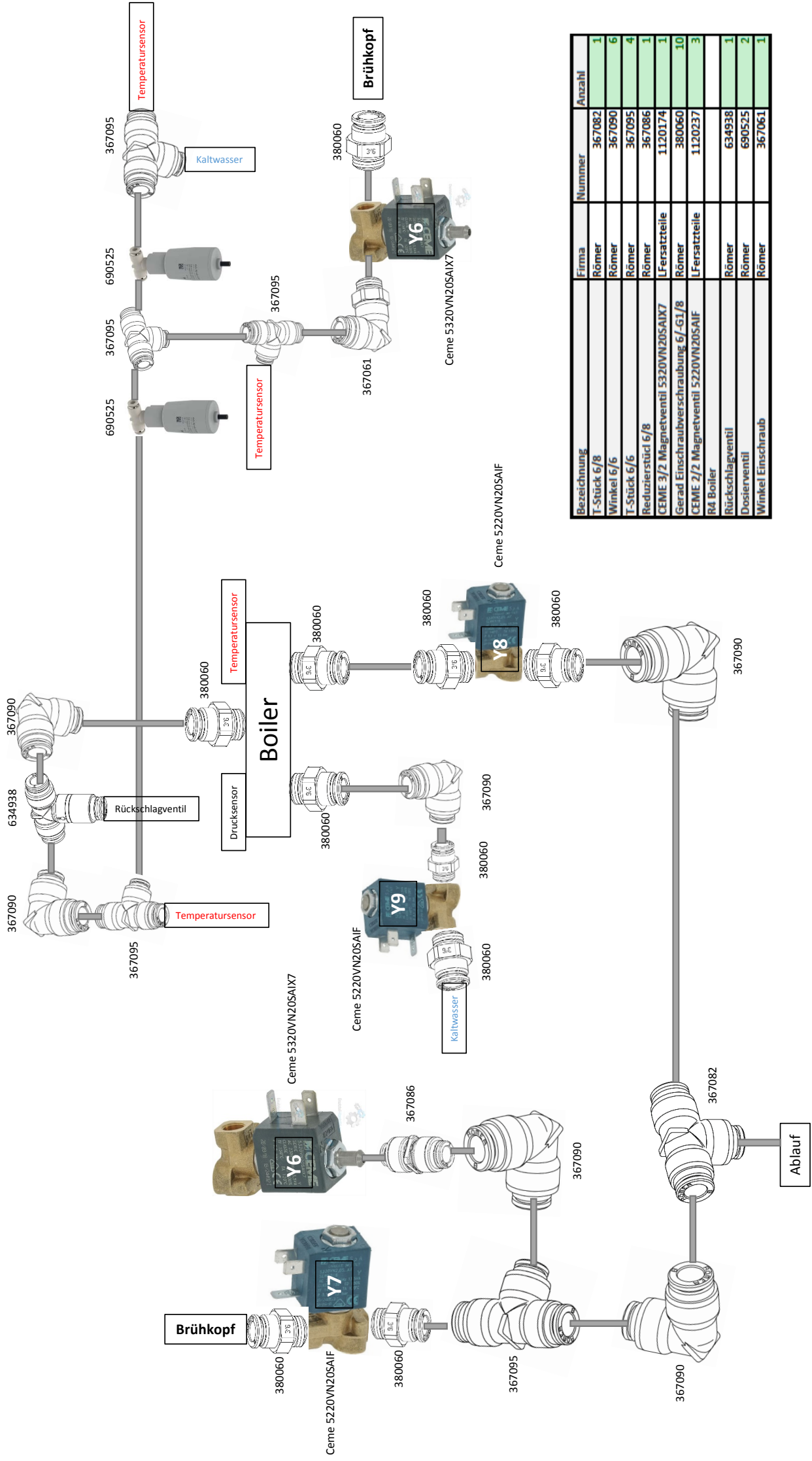


Anhang 1: Übersicht der verwendeten GPIOs am Expansionsbus 2  
(Felix Müller)

## Übersicht der verwendeten GPIOs am Expansion Bus 2 für die Ausgänge

GPO-Nr. MCP23017_SO	PIN-Nr.	PIN Nr. ULN2803A	Relais- Verzeichnis	Last	Betriebs- mittel
	PORT_0	IC2			
GPA0	1	O_1	Q9	Ventil Dampfboiler	Y2
<b>GPA1</b>	<b>2</b>	<b>O_2</b>	<b>Q10</b>	<b>Boiler Ablauf BG2</b>	<b>Y8</b>
GPA2	3	O_3	Q11	Ventil Dampfbezug	Y4
GPA3	4	O_4	Q12	Ventil Kaffeebezug BG1	Y5
<b>GPA4</b>	<b>5</b>	<b>O_5</b>	<b>Q15</b>	<b>Boiler Einlass BG2</b>	<b>Y9</b>
GPA5	6	O_6	Q16	-	-
GPA6	7	O_7	Nicht belegt	-	-
GPA7	8	O_8	Nicht belegt	-	-
		I_9	GND		
	PORT_1	IC3			
<b>GPB0</b>	<b>9</b>	<b>O_1</b>	<b>Q7</b>	<b>Heizer Boiler BG2</b>	<b>R4</b>
GPB1	10	O_2	Q6	Heizer Boiler BG1	R3
<b>GPB2</b>	<b>11</b>	<b>O_3</b>	<b>Q14</b>	<b>Ablauf BG2</b>	<b>Y7</b>
<b>GPB3</b>	<b>12</b>	<b>O_4</b>	<b>Q13</b>	<b>Ventil Kaffeebezug BG2</b>	<b>Y6</b>
GPB4	13	O_5	Q8	Ventil Vorwärmboiler	Y1
GPB5	14	O_6	Q5	Heizer Dampfboiler	R2
GPB6	15	O_7	Q4	Heizer Vordampfboiler	R1
GPB7	16	O_8	Q3	Pumpe	M1
		I_9	GND		
				<b>Dosierventil Kaltwasser</b>	<b>Y10</b>
				<b>Dosierventil Heißwasser</b>	<b>Y11</b>

## Anhang 2: Schematischer Aufbau und Teileübersicht



Bezeichnung	Firma	Nummer	Anzahl
T-Stück 6/8	Römer	367082	1
Winkel 6/6	Römer	367090	6
T-Stück 6/6	Römer	367095	4
Reduzierstück 6/8	Römer	367086	1
CEME 3/2 Magnetventil 5320VN20SAIX7	LFersatzteile	1120174	1
Gerad Einschraubverschraubung 6/ G1/8	Römer	380060	10
CEME 2/2 Magnetventil 5220VN20SAIF	LFersatzteile	1120237	3
RA Boiler			
Rückschlagventil	Römer	634938	1
Dosierventil	Römer	690525	2
Winkel Einschraub	Römer	367061	1

### Anhang 3: Datenblatt Dosierventil

**Dosierventil Typ EFC**

**Electronic Flow-Control Valve**
**EFC** das neue elektronische Dosierventil von AVS-Römer

Motorisch betriebenes Dosierventil zur Regulierung des Volumenstroms von flüssigen und gasförmigen Medien.

Die Position der direkt mit einem Linearmotor verbundenen Präzisions-Drossel bestimmt den Durchfluss.

In Verbindung mit den bewährten ELSA-Steckverschraubungen aus PPSU findet dieses Ventil seinen Einsatz auch im Lebensmittelbereich.

Die im Ventilgehäuse integrierte Steuerelektronik erlaubt es die Stellung des Motors über ein analoges Spannungssignal festzulegen, wodurch die Durchflussmenge nahezu stufenlos eingestellt werden kann.

Durch die Schrittmotortechnik kann eine eingestellte Position auch unbestromt gehalten werden.

**Weitere Merkmale:**

- geringer Totraum
- Werkstoffe und Bauart insb. für Lebensmittel-Anwendungen optimiert
- geringe Hysterese
- einfache Ansteuerung
- einfache Verbindung durch ELSA-Steckanschluss

**Varianten / Optionen:**

- andere Dichtwerkstoffe
- andere Nennweiten
- andere Spannungsbereiche
- andere Charakteristiken des Ventils durch Variation der Spindelspitze oder der A/D-Wandler Kennlinie


**KENNGRÖSSEN**
**ALLGEMEIN**

<b>Bauart</b>	Motorisch betriebene Präzisions-Kegeldrossel
<b>Benennung</b>	Elektronisches Dosierventil
<b>Typbezeichnung</b>	EFC-958-P3...-024-10
<b>Nennweite</b>	DN 0,5, DN 1, DN 1,5, DN 2 und DN 3
<b>Anschluss</b>	ELSA-Steckanschluss für Rohr/Schlauch AD 4 bzw. AD 6
<b>Umgebungstemperatur</b>	0 °C bis + 60 °C
<b>Mediumtemperatur</b>	0 °C bis + 80 °C
<b>Mediumviskosität</b>	bis ca. 25 mm <sup>2</sup> /s
<b>Werkstoff Körper</b>	PPSU (KTW-zugelassen, NSF-zertifiziert)
<b>Werkstoff Spindel</b>	1.4404
<b>Werkstoff O-Ringe</b>	FKM (FDA-konform) bzw. EPDM (NSF-, KTW-zugelassen)
<b>Werkstoff Gehäuse</b>	PPS GF40 (UL94-V0)
<b>Befestigungsart</b>	über Skt.-Schraube M3 DIN931 in Nut bzw. Federklammer innere Weite Ø18-22 am Gehäuse (nicht im Lieferumfang enthalten)
<b>Einbaulage</b>	vorzugsweise stehend
<b>Zulassung</b>	NSF/ANSI 169

**PNEUMATISCH - HYDRAULISCH**

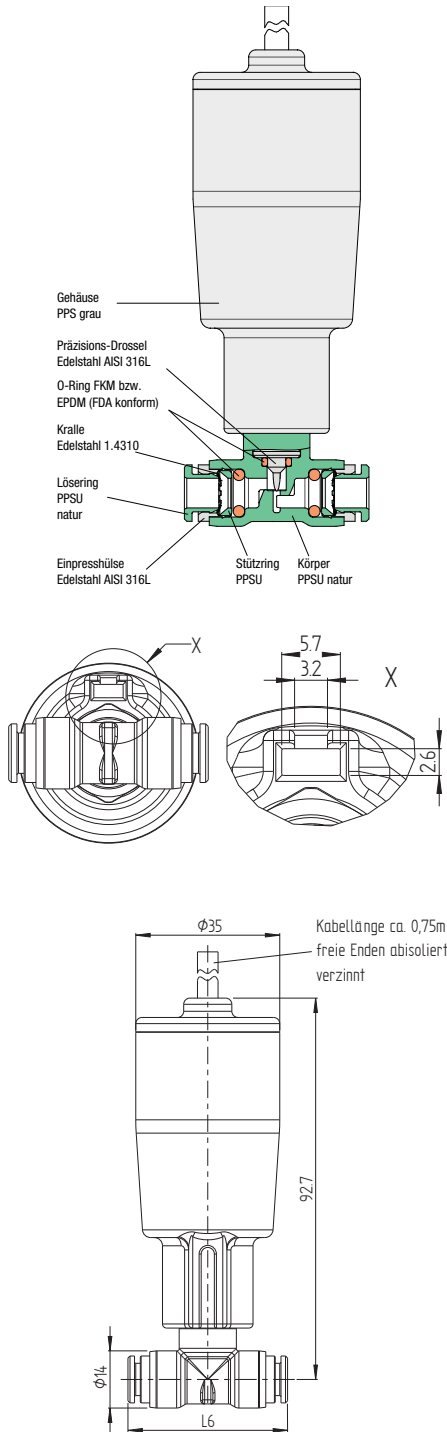
<b>Nenndruck</b>	PN 8
<b>Druckbereich</b>	0 bis 8 bar
<b>Durchflusswert</b>	Kv-Wert, Qnn-Wert gemäß Tabelle
<b>Durchflussmedien</b>	Gasförmige oder flüssige Medien, die die angegebenen Werkstoffe nicht angreifen
<b>Verunreinigungen</b>	Die Vorschaltung eines Filters mit einer Maschenweite von 0,1 mm wird empfohlen (z. B. SMF-958P3-...-100)
<b>Zykluszeit</b>	700 ms bei 30 % ED (komplett geöffnet bis komplett geschlossen oder umgekehrt)
<b>Ansprechzeit</b>	< 150 ms
<b>Totzeit</b>	nach erfolgter Verstellung reagiert das Ventil erst nach einer Totzeit von 400 ms (geringere auf Anfrage)

**ELEKTRISCH**

<b>Nennspannung</b>	24 V DC ± 10 %
<b>Steuersignal</b>	Spannung: 0 - 10 V Abtastrate: 100 ms
<b>Leistung Pmax.</b>	ca. 15 W während Verstellung, < 1 W im Wartezustand
<b>Einschaltdauer</b>	30 % ED (entspricht dem Anteil der aktiven Verstellzeit an der gesamten Prozesszeit)
<b>Elektrischer Anschluss</b>	4-poliges geschirmtes Kabel 0,75 m, Litzenenden vorverzinnt (LiYCY 4 x AWG 24)
<b>Schutzart</b>	IP65

**Achtung!** PPSU sollte nicht eingesetzt werden in Kontakt mit aromatischen Kohlenwasserstoffen, oxidierenden Säuren, Aceton, Chlorkohlenwasserstoffen, Ether und Ketonen! Auch sollte PPSU nicht direkt in Kontakt mit anaeroben Klebstoffen gebracht werden!

Abbildung

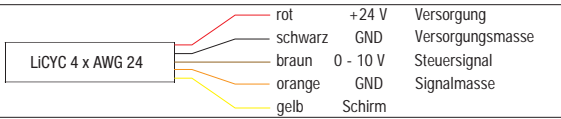


Dosierventil, Typ EFC

Produktgruppe **23** PN 8  
 Umg.-Temp. T<sub>min</sub> 0 °C, T<sub>max</sub> + 60 °C  
 Med.-Temp. T<sub>min</sub> 0 °C, T<sub>max</sub> + 80 °C

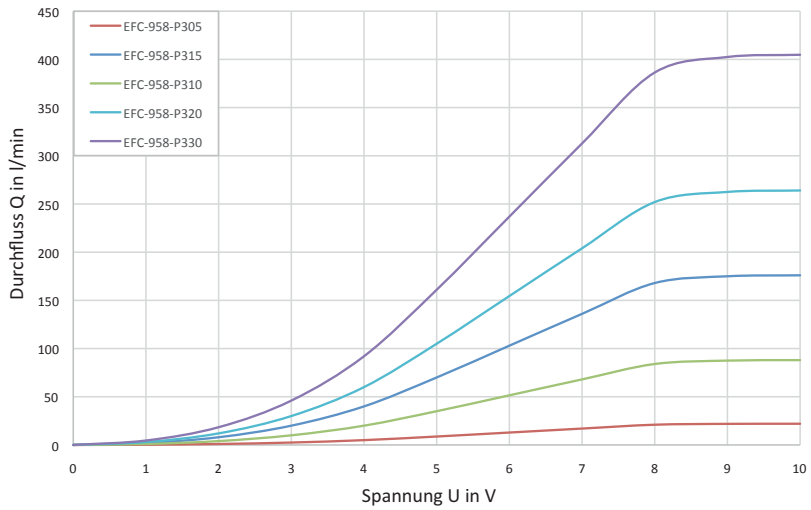


Kunststoff PPSU



für Rohr AD	DN	Kv-Wert Wasser [l/min]	Qnn-Wert Luft [l/min]	L6	Dichtwerkstoff	Typ	Bestellnummer	Preis
4	0,5	0,1 - 0,25	5 - 15	38	FKM	EFC-958-P305-4FF-024-10	690531	a. A.
4	0,5	0,1 - 0,25	5 - 15	38	EPDM	EFC-958-P305-4PF-024-10	690529	a. A.
6	0,5	0,1 - 0,25	5 - 15	39	FKM	EFC-958-P305-6FF-024-10	690527	a. A.
6	0,5	0,1 - 0,25	5 - 15	39	EPDM	EFC-958-P305-6PF-024-10	690525	a. A.
4	1	0,1 - 0,75	5 - 50	38	FKM	EFC-958-P310-4FF-024-10	690532	a. A.
4	1	0,1 - 0,75	5 - 50	38	EPDM	EFC-958-P310-4PF-024-10	690530	a. A.
6	1	0,1 - 0,75	5 - 50	39	FKM	EFC-958-P310-6FF-024-10	690528	a. A.
6	1	0,1 - 0,75	5 - 50	39	EPDM	EFC-958-P310-6PF-024-10	690526	a. A.
4	1,5	0,1 - 1,35	5 - 85	38	FKM	EFC-958-P315-4FF-024-10	690510	a. A.
4	1,5	0,1 - 1,35	5 - 85	38	EPDM	EFC-958-P315-4PF-024-10	690507	a. A.
6	1,5	0,1 - 1,35	5 - 85	39	FKM	EFC-958-P315-6FF-024-10	690504	a. A.
6	1,5	0,1 - 1,35	5 - 85	39	EPDM	EFC-958-P315-6PF-024-10	690501	a. A.
4	2	0,1 - 1,8	5 - 120	38	FKM	EFC-958-P320-4FF-024-10	690511	a. A.
4	2	0,1 - 1,8	5 - 120	38	EPDM	EFC-958-P320-4PF-024-10	690508	a. A.
6	2	0,1 - 1,8	5 - 120	39	FKM	EFC-958-P320-6FF-024-10	690505	a. A.
6	2	0,1 - 1,8	5 - 120	39	EPDM	EFC-958-P320-6PF-024-10	690502	a. A.
6	3	0,1 - 2,4	5 - 190	39	FKM	EFC-958-P330-6FF-024-10	690506	a. A.
6	3	0,1 - 2,4	5 - 190	39	EPDM	EFC-958-P330-6PF-024-10	690503	a. A.

Kennlinien: 8 bar Eingangsdruck, 0 - 10 V, Medium: Luft (freier Auslauf)



## 1. Allgemeines

Die nachstehenden Verkaufs- und Lieferbedingungen gelten für die Geschäftsbeziehungen zu dem Personenkreis des § 310, Abs.1 Bürgerliches Gesetzbuch (Unternehmer sowie juristische Personen und Sondervermögen des öffentlichen Rechts). Für andere Personen gelten sie insoweit, als das Bürgerliche Gesetzbuch nicht entgegensteht.

Die nachstehenden Bedingungen gelten für alle Liefergeschäfte; sie setzen von anderer Seite vorgeschriebene abweichende Bedingungen außer Kraft. Eines ausdrücklichen Widerspruchs bedarf es dazu nicht.

Bis zu einer gegenteiligen Vereinbarung gelten die nachstehenden Verkaufs- und Lieferbedingungen für den gesamten gegenwärtigen und künftigen Geschäftsverkehr, auch soweit bei einer einzelnen Auftragserteilung im Rahmen einer bestehenden Geschäftsverbindung auf sie nicht besonders Bezug genommen wird. Ohne ausdrückliche Zustimmung des Verkäufers dürfen Rechte und Pflichten aus dem Vertrag nicht auf Dritte übertragen werden.

## 2. Angebote

Angebote oder Zusagen von Mitarbeitern sowie Handelsvertretern des Verkäufers sind stets freibleibend und unverbindlich, auch wenn dies nicht besonders vereinbart wird.

## 3. Aufträge

Aufträge gelten erst dann als angenommen, wenn sie vom Verkäufer schriftlich bestätigt worden sind. Erfolgt ohne Bestätigung unverzüglich Lieferung, so gilt die Rechnung als Auftragsbestätigung.

## 4. Preise

Maßgebend sind die im Zeitpunkt des Vertragsabschlusses nach der Preisliste des Verkäufers gültigen Preise zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer, sofern diese in der Preisliste nicht gesondert ausgewiesen ist. Verpackung, Porto, Fracht, sonstige Versandkosten, Versicherung, Zoll und Montage sowie die Kosten der etwaigen Rücksendung der gelieferten Gegenstände bzw. des Verpackungsmaterials gehen zu Lasten des Käufers.

Sofern in der Zeit zwischen Vertragsabschluss und Lieferung Erhöhungen bei Lohnkosten, Rohmaterialpreisen sowie Fertigungsgemeinkosten eintreten, die der Preisberechnung des Verkäufers zugrunde liegen, ist dieser berechtigt, gegenüber Vollkauleuten eine angemessene Erhöhung des im Vertrag ausgewiesenen oder nach seiner Preisliste maßgeblichen Preisen zu verlangen. Das gleiche gilt für neu entstandene Kosten der bezeichneten Art. Für die Berechnung ist die bei dem Verkäufer festgestellte Stückzahl maßgebend.

## 5. Lieferung

Für jeden einzelnen Auftrag bleibt die Vereinbarung der Lieferzeit vorbehalten. Die Lieferzeit gilt mit der rechtzeitigen Meldung der Versandbereitschaft als eingehalten, wenn die Absendung ohne Verschulden des Verkäufers unmöglich ist. Eine Verpflichtung zur Einhaltung vereinbarter Lieferfristen wird nur unter der Voraussetzung übernommen, dass nicht durch höhere Gewalt oder Mangel an Roh- und Hilfsstoffen der geordnete Fabrikationsgang gestört wird. Die Käufer sind nicht berechtigt, bei Nichteinhaltung bestätigter Lieferfristen, Schadenersatzansprüche geltend zu machen. Mit Aufgabe zur Fracht, mit sonstiger Versendung durch den Verkäufer oder mit Meldung der Versandbereitschaft geht die Versendungsgefahr auch bei Franko-Lieferung und trotz Eigentumsvorbehalt auf den Käufer über.

Die Wahl des Transportweges und der Transportmittel erfolgt mangels besonderer Weisungen nach bestem Ermessen ohne irgendwelche Haftung für billigste und schnellste Verfrachtung. Teilleistungen dürfen vom Käufer nicht zurückgewiesen werden. Über- und Unterlieferungen sind bis zu 10 v.H. der bestellten Gegenstände zulässig.

## 6. Beanstandungen

Ansprüche wegen Mängel der gelieferten Gegenstände, insbesondere wegen fehlerhafter Bauart, mangelhafter Ausführung oder ungeeigneter bzw. fehlerhafter Baustoffe sowie Abweichungen in der Menge bestehen nur, wenn der Käufer die gelieferten Gegenstände unverzüglich untersucht und Mängel bzw. Abweichungen dem Verkäufer sofort nach Feststellung, bei Mengenabweichungen spätestens 10 Tage nach Eingang der Gegenstände am Empfangsort schriftlich anzeigt. Mängel, die auch bei sorgfältiger Prüfung nicht entdeckt werden können, sind unverzüglich bei ihrem Auftreten zu rügen, andernfalls gehen etwaige Ansprüche auf Mängelbeseitigung in Ansehung dieser Mängel unter.

## 7. Mängelansprüche

Der Mängelanspruch des Käufers ist auf Mängel beschränkt, die beim Einsatz der von dem Verkäufer gelieferten Gegenstände im Einschichtbetrieb innerhalb von 12 Monaten, beim Einsatz im Zweisichtbetrieb innerhalb von 6 Monaten nach dem Gefahrübergang nachweisbar infolge eines vor dem Gefahrübergang liegenden Umstandes auftreten und die Brauchbarkeit der gelieferten Gegenstände wenigstens erheblich beeinträchtigen. Der Käufer hat zunächst nach Wahl des Verkäufers lediglich Anspruch auf Mängelbeseitigung durch Nachbesserung, Ersatz der unbrauchbaren bzw. mangelhaften Teile oder Lieferung eines Ersatzgegenstandes.

Ist die Beseitigung des Mangels nicht möglich oder dem Käufer nicht zumutbar oder verletzt der Verkäufer seine Pflicht zur Nachbesserung oder Ersatzlieferung schuldhaft, so kann der Käufer nach fruchtlosem Ablauf einer dem Verkäufer zu setzenden angemessenen Frist Minderung beanspruchen, falls diese unzumutbar ist, unter den gesetzlichen Voraussetzungen vom Vertrag zurücktreten. Im übrigen stehen zugesicherte Eigenschaften im Hinblick auf vorstehende Ansprüche auf Mängelbeseitigung gleich.

Ansprüche auf Mängelbeseitigung sind ausgeschlossen, wenn

- seitens des Käufers eigenmächtige Änderungs- oder Instandsetzungsarbeiten an den beanstandeten Gegenständen vorgenommen wurden oder
- der Mangel auf natürliche Abnutzung zurückzuführen ist oder nach dem Gefahrübergang infolge fehlerhafter oder nachlässiger Behandlung, unsachgemäßer Beanspruchung, ungeeigneter Betriebsmittel bzw. mangelhafter Bau- oder Montagearbeiten ohne das Verschulden des Verkäufers entstanden ist.

Mängelansprüche, die aus Mängeln an Gegenständen herrühren, die der Verkäufer nicht selber hergestellt hat, sind zunächst auf die Abtretung der Ansprüche beschränkt, die der Verkäufer selbst gegen seinen Zulieferer besitzt. Die Rücksendung mangelhafter Gegenstände bedarf der vorherigen Zustimmung des Verkäufers. Die Behebung der Mängel durch den Käufer darf nur mit Einverständnis des Verkäufers erfolgen. Für Instandsetzungsarbeiten, die vom Käufer oder vom Dritten ohne Einverständnis des Verkäufers an den Gegenständen durchgeführt werden, übernimmt der Verkäufer keine Haftung.

Leistungsort für die Nachbesserung ist, sofern nicht anders vereinbart oder sich aus den Umständen ergibt, der Betriebsort des Verkäufers. Transport- und Wegekosten werden vom Verkäufer in Höhe von 1 v.H. des Verkaufspreises (einschließlich Mehrwertsteuer), höchstens jedoch bis zu 500,- Euro übernommen.

Für Nachbesserungsarbeiten, die der Verkäufer nach Ablauf der Frist für Mängelansprüche vornimmt, übernimmt er keine Haftung.

## 8. Eigentumsvorbehalt

Bis zur Erfüllung aller Forderungen, die dem Verkäufer aus jedem Rechtsgrund gegen den Käufer jetzt oder künftig zustehen, werden dem Verkäufer die folgenden Sicherheiten gewährt, die er auf Verlangen nach seiner Wahl insoweit freigeben wird, als ihr Wert die Forderungen nachhaltig um mehr als 20 % übersteigt.

Die Ware bleibt Eigentum des Verkäufers. Verarbeitung oder Umbildung erfolgt stets für den Verkäufer als Hersteller, jedoch ohne Verpflichtung für ihn. Erlischt das (Mit-) Eigentum des Verkäufers durch Verbindung, so wird bereits jetzt vereinbart, daß das (Mit-) Eigentum des Käufers an der einheitlichen Sache wertanteilmäßig (Rechnungswert) auf den Verkäufer übergeht. Der Käufer verwahrt das (Mit-) Eigentum des Verkäufers unentgeltlich. Ware, an der dem Verkäufer (Mit-) Eigentum zusteht, wird im folgenden als Vorbehaltsware bezeichnet.

Der Käufer ist berechtigt, die Vorbehaltsware im ordnungsgemäßen Geschäftsverkehr zu verarbeiten und zu veräußern, solange er nicht in Verzug ist. Verpfändungen oder Sicherungsüberreibungen sind unzulässig. Die aus dem Weiterverkauf oder einem sonstigen Rechtsgrund (Ver sicherung, unerlaubte Handlung) bezüglich der Vorbehaltsware entstehenden Forderungen tritt der Käufer bereits jetzt sicherungshalber in vollem Umfang an den Verkäufer ab. Der Verkäufer ermächtigt ihn unwiderruflich, die an den Verkäufer abgetretenen Forderungen für dessen Rechnung im eigenen Namen einzuziehen. Diese Einziehungsermächtigung kann nur widerrufen werden, wenn der Käufer seinen Zahlungsverpflichtungen nicht ordnungsgemäß nachkommt.

Der Käufer hat im übrigen bei der Veräußerung von Gegenständen, die im Vorbehalts Eigentum des Verkäufers stehen, durch geeignete Vereinbarungen sicherzustellen, daß sein Abnehmer das Eigentum an dem Gegenstand erst erwirbt, wenn er seine Zahlungsverpflichtungen gegenüber dem Käufer voll erfüllt hat.

Bei Zugriffen Dritter auf die Vorbehaltsware wird der Käufer auf das Eigentum des Verkäufers hingewiesen und diesen unverzüglich benachrichtigen.

Bei vertragswidrigen Verhalten des Käufers – insbesondere Zahlungsverzug – ist der Verkäufer berechtigt, die Vorbehaltsware zurückzunehmen oder gegebenenfalls Abtretung der Herausgabensprüche des Käufers gegen Dritte zu verlangen.

## 9. Zahlung

Zahlungen sind auf Kosten des Käufers innerhalb von 30 Tagen ab Ausstellungsdatum der Rechnung zu leisten. Der Rechnungsbetrag ist jedoch sofort fällig, wenn dem Verkäufer die Unsicherheit der Vermögensanlage des Käufers durch Konkursanmeldung, gerichtlichen oder außergerichtlichen Vergleichsantrag, Wechsel- und Scheckprotest, Zwangsvollstreckung oder Ausfall eines Bürgen oder sonstige Ereignisse bekanntwerden. In diesem Falle ist der Verkäufer berechtigt, noch ausstehende Lieferungen nur gegen Vorauszahlung vorzunehmen oder vom Abschluss zurückzutreten.

Bei der Erfüllung der Zahlungsverpflichtung des Käufers innerhalb von 8 Tagen ab Rechnungsdatum wird 2 v.H. Skonto vergütet. Der Skontoabzug ist nur möglich, wenn der Käufer keine älteren Verbindlichkeiten gegenüber dem Verkäufer hat. Eingehende Zahlungen werden, soweit mehrere Forderungen offenstehen, in jedem Fall auf die älteste Forderung angerechnet.

Die Zahlung mit Wechsel bedarf besonderer Vereinbarung. Wechsel und Schecks werden nur unter Vorbehalt ihrer Eingehung angenommen und gelten erst zum Zeitpunkt der Einlösung an als Barzahlung. Diskontspesen und Verzugszinsen sind sofort zu zahlen. Einziehungs- und Diskontspesen gehen zu Lasten des Bestellers. Der Verkäufer ist berechtigt, von demjenigen Käufer, der Kaufmann im Sinne des Handelsgesetzbuches ist, vom Fälligkeitstage an, ansonsten ab Verzug, Zinsen zu berechnen mit einem Zinssatz, der um 8 % über dem von der Europäischen Zentralbank festgesetzten Basiszinssatz zuzüglich der gesetzlichen Umsatzsteuer liegt.

Die Aufrechnung von Gegenforderungen durch den Käufer sind nur insoweit zulässig, als diese vom Käufer schriftlich anerkannt oder rechtskräftig festgestellt sind. Der Käufer darf Zahlungen, wenn eine Mängelrüge gemacht wird, nur insofern verweigern, als über deren Berechtigung bzw. Vorliegen keine Zweifel bestehen.

## 10. Zeichnungen

Zeichnungen, Unterlagen und Entwürfe des Verkäufers dürfen vom Käufer keinen dritten Personen bekanntgegeben werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zum vollen Schadensersatz, Zeichnungen oder Unterlagen des Verkäufers sind vom Empfänger unverzüglich zurückzugeben, wenn ein Vertrag nicht zustande kommt.

## 11. Erfüllungsort und Gerichtsstand

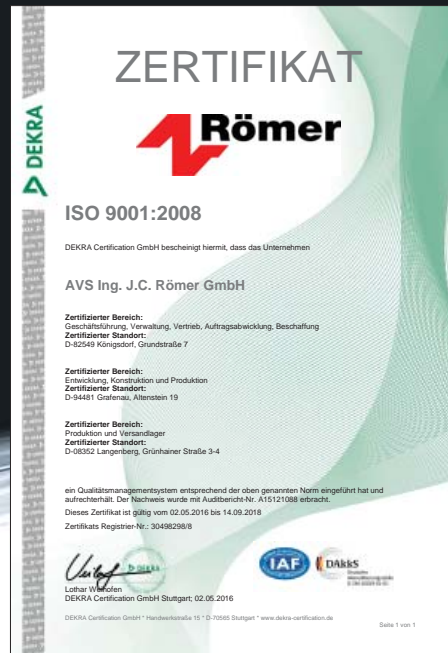
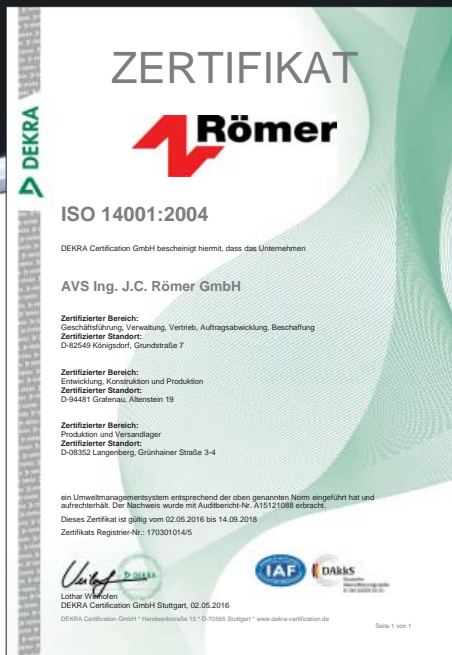
Erfüllungsort und Gerichtsstand für alle aus dem Vertrag sich ergebenden Verbindlichkeiten ist der Firmensitz des Verkäufers.

## 12. Teilunwirksamkeit

Der Kauf- oder Lieferungsvertrag sowie diese Bedingungen bleiben auch bei etwaiger rechtlicher Unwirksamkeit einzelner Bestimmungen in ihren übrigen Teilen verbindlich.



Unser hoher Qualitätsstandard wird seit 20 Jahren durch ein konsequentes Qualitätsmanagement gestützt.



Um unsere Umweltpolitik konsequent umzusetzen und die erreichten Umweltstandards weiter auszubauen haben wir seit über zehn Jahren unser Umweltmanagementsystem nach der internationalen Norm ISO 14001 zertifizieren lassen.

Es gelten unsere Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Abbildungen unverbindlich. Konstruktions-, Maß- und Werkstoffänderungen vorbehalten. Druckfehler vorbehalten. Die Rechte für alle Zeichnungen und Texte bei Herausgeber AVS Ing. J.C. Römer GmbH.

Überreicht durch:

**AVS Ing. J.C. Römer GmbH**

Grundstraße 7

D-82549 Königsdorf

Telefon: +49 (0) 8179 92 61 0

Telefax: +49 (0) 8179 92 61 44

E-Mail: [info@avs-roemer.de](mailto:info@avs-roemer.de)

Internet: [www.avs-roemer.de](http://www.avs-roemer.de)



# **ANSTIFTUNG ZUM FORTSCHRITT**

In Achtung gegenüber der Person und dem Lebenswerk unseres Firmengründers wurde im Jahre 2011 die gemeinnützige Joachim Christian Römer Stiftung eingerichtet. Mit der Stiftung wurde nach dem Tode von Joachim Christian Römer gleichzeitig dessen lebenslanges Bestreben aufgenommen, Nachwuchskräfte im Ingenieurwesen und in technischen Berufszweigen zu fördern, u.a. durch Vergabe von Stipendien und Ausbildungsbeihilfen. Darüber hinaus sieht sich die Stiftung in Kooperation mit Universitäten und Hochschulen der Wissenschaft und der Forschung auf dem Gebiet des Maschinenbaus verpflichtet, dabei bevorzugt im Bereich der Fluidtechnik. Für weitere Informationen besuchen Sie die J.C. Römer Stiftung unter [www.jcroemer-stiftung.de](http://www.jcroemer-stiftung.de)

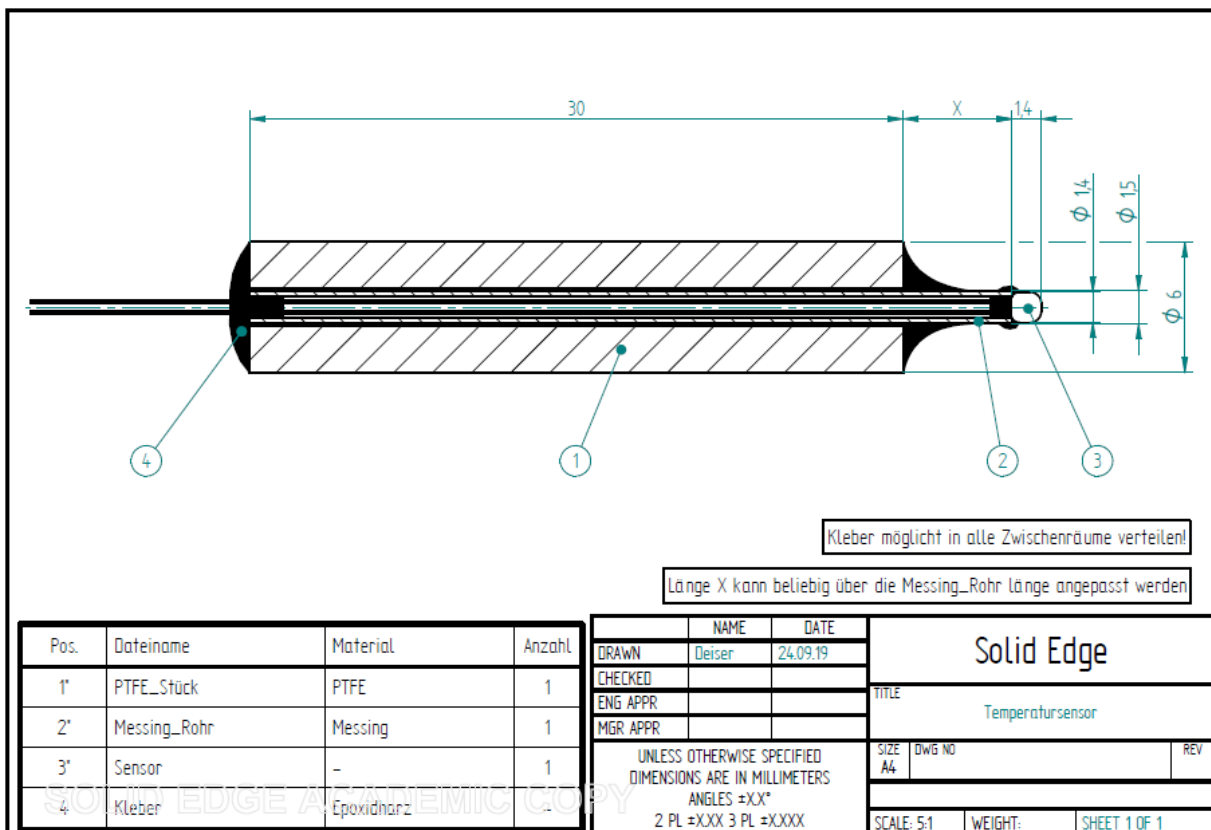
Anhang 4: Aktualisierter Schaltplan\_V6  
(Felix Müller)

Anhang 5: Montageanleitung für einen Temperatursensor

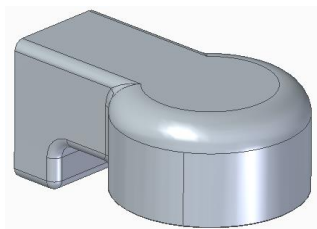
## Montageanleitung des Sensors

Maße aus Zeichnung entnehmen!

1. PTFE-Rundstäbe auf Maß ablängen
2. Messingstäbe auf Maß ablängen
3. PTFE-Stäbe nach Zeichnung bohren
4. Sensorkopf, Bohrung des PTFE-Stücks und Messingröhrchen primern (Einwirkzeit laut Packungszettel beachten)
5. Epoxidharzkleber vorbereiten (Mischungsverhältnis beachten)
6. Sensordrähte durch Messingrohr führen, dabei Sensorkopf an der Kabelseite mit Epoxidharz bestreichen und an das Messingröhrchen andrücken
7. Bohrung des PTFE-Stücks mit Epoxidharz bestreichen und das Messingrohr so hindurchführen, dass das Messingröhrchen an der Kabelseite bündig mit dem PTFE-Stück abschließt und an der Sensorkopfseite herausragt
8. Messingrohr an der Kabelseite mit Epoxidharzkleber versiegeln
9. Aushärtezeit des Epoxidharzes beachten



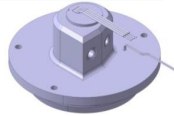
## Anhang 6: Schemaplan Brüheinheit



Gehäuse



Buche



Dusche



Duschsieb



Siebträgerdichtung



Siebträger

## Anhang 7: Versuchsberichte Erprobung

## **Erste Erprobung der Kalten Brühgruppe**

Für die Erprobung der kalten Brühgruppe wurde zunächst ein PC an den Raspberry Pi angeschlossen. Mithilfe des Command Windows konnten so die Magnetventile, Drosselventile und Boiler über entsprechende Befehle angesteuert werden.

## **Anforderungen**

- Dichtheit der Hydraulikleitungen
- Dichtheit der Drucksensoren
- Dichtheit der Temperatursensoren
- Dichtheit der Brühgruppe
- Ansteuerung der Magnetventile
- Ansteuerung der Dosierventile
- Heizen des Boilers
- Entwässern des Boilers (Nicht getestet)
- Alle Ansteuerungsfälle Realisierbar (Einregeln, Kaffeebezug, Spülen, Druckprüfung)

## **Beobachtungen und Maßnahmen**

- Hydraulikleitungen hielten dicht.
- Drucksensoren hielten dicht.
- Temperatursensoren hielten dicht.
- Bei der Druckprüfung des Siebträgers ist eine Undichtigkeit aufgefallen. Dies ist auf die Siebträgerdichtung zurückzuführen, da das verwendete Material zu hart gewählt wurde. Daraufhin wurde eine neue Standarddichtung bestellt (Material etc.). Auf eine erneute Bearbeitung der Dusche konnte vorerst verzichtet werden, da die neue Dichtung in die bereits vorhandene Nut passt.
- Die Magnetventile ließen sich nicht schalten. Dies ist auf einen Gedankenfehler zurückzuführen. Da die Magnetventile in falscher Durchflussrichtung eingebaut hätten müssen. Dieses Problem wurde durch den Austausch betroffener Magnetventile gelöst. Dabei wurden die Magnetventile (Y9...) durch 2/2 Magnetventile ersetzt.
- Die Dosierventile konnten angesteuert und geregelt werden.
- Bei weiteren Tests ist aufgefallen, dass am Boiler Drosselventile verbaut waren, die als Reduzierstücke gehalten wurden und somit den Durchfluss stark einschränkten. Diese wurden daraufhin entfernt.
- Beim Ansteuern des Boilers ist nach kurzer Zeit die gewünschte Erwärmung aufgetreten.
- Mit Austausch der Magnetventile waren fast alle Ansteuerungsfälle realisierbar. Nur die Druckprüfung, aufgrund der Undichtigkeit der Siebträgerdichtung, konnte nicht erfolgreich



durchgeführt werden.

### **Fazit**

Die Änderungen wurden ausgeführt. Somit war die Brühgruppe fertig für eine erneute Inbetriebnahme.

## **Zweite Erprobung der kalten Brühgruppe**

Für die Erprobung der kalten Brühgruppe wurde zunächst ein PC an den Raspberry Pi angeschlossen. Mithilfe des Command Windows konnten so die Magnetventile, Drosselventile und Boiler über entsprechende Befehle angesteuert werden.

### **Anforderungen**

- Dichtheit der Hydraulikleitungen
- Dichtheit der Drucksensoren
- Dichtheit der Temperatursensoren
- Dichtheit der Brühgruppe
- Ansteuerung der Magnetventile
- Ansteuerung der Dosierventile
- Heizen des Boilers (Nicht getestet)
- Entwässern des Boilers
- Alle Ansteuerungsfälle realisierbar (Einregeln, Kaffeebezug, Spülen, Druckprüfung)

### **Beobachtungen und Maßnahmen**

- Hydraulikleitungen hielten dicht.
- Undichtigkeit am Drucksensor. Des Weiteren ist eine Demontage des Drucksensoradapters sehr ungünstig, da zweimal Rechtsgewinde angebracht wurden. Daher öffnet sich oft das falsche Gewinde bei einer Demontage, siehe Abbildung XX.  
Mögliche Lösung ist ein Verkleben des Drucksensors in den Adapter mit Epoxidharz. Allerdings sollte für die Serienfertigung das Konzept des Drucksensoradapters überdacht werden.
- Temperatursensoren hielten dicht.
- Neue Siebträgerdichtung ebenfalls undicht. Aufgrund der Schrauben, mit der die Dusche befestigt wurde, ist keine geeignete Dichtfläche zwischen Dusche und STD gegeben.  
Für die weitere Erprobung wurde sie STD mithilfe von Epoxidharz auf die Dusche geklebt.
- Magnetventile konnten alle geschaltet werden.
- Dosierventile konnten angesteuert und geregelt werden.
- Die Entwässerung des Boilers war nur sehr langsam möglich. Das Unterdruckventil hat zu wenig Durchsatz. Zukünftig muss für eine Entwässerung, eine Schraube am Boiler geöffnet werden.
- Mit dem Verkleben der STD sind nun alle Ansteuerungsfälle realisierbar.

### **Fazit**

Die kalte Brühgruppe erfüllt alle Voraussetzung für die Programmierung und Weiterentwicklung.

## Anhang 8: Angebote Dichtung

Angebote Dichtung

08.05.19

Anbieter	1 Stück	2 Stück	50 St.	100 St.
Grünberg	29,8	<b>22,2</b>	9,5	8,6
Spanflug	142	<b>76,74</b>	11,12	9,54
Facturee		<b>57,95</b>	15,85	12,65
PTFE Competence Center	121	<b>61,7</b>	24,8	12,9
teku	nicht möglich	<b>angefragt</b>	angefragt	angefragt

Preise in €

**Von:** Felix Müller <felix.mller79@gmail.com>  
**Gesendet:** Samstag, 4. Mai 2019 09:19  
**An:** mail-gkr@gruenberg-kunststoffe.de  
**Betreff:** Re: Attached Image

Hallo Herr Grünberg,

danke für Ihr Angebot.

Inzwischen habe ich erfahren, dass wir bei der ersten Bestellung gerne zwei Prototypen gefertigt haben wollen und bei erfolgreichen Tests dieser eine Serienanfrage in Aussicht stellen wollen.

Können Sie mir daher in das Angebot den Preis für die zwei Prototypen und Preise für 50 bzw. 100 Stück einfügen?

Mit freundlichen Grüßen  
Felix Müller

> Am 03.05.2019 um 12:42 schrieb mail-gkr@gruenberg-kunststoffe.de:

>

> <3586\_001.pdf>

**Von:** Felix Müller <felix.mller79@gmail.com>  
**Gesendet:** Donnerstag, 2. Mai 2019 17:07  
**An:** info@gruenberg-kunststoffe.de  
**Betreff:** Re: Anfrage über die Website  
**Anlagen:** Siebeinsatzdichtung.stp; Unbenannte Anlage 00014.htm; 01.001  
Dichtung.pdf; Unbenannte Anlage 00017.htm

Sehr geehrter Herr Grünberg,


im Anhang schicke ich Ihnen die technische Zeichnung als PDF, sowie die .step Datei, falls Sie diese benötigen.  
Material wäre (möglichst) lebensmittelverträgliches PTFE (die Dichtung wird in einer Kaffeemaschine Verwendung finden), Stückzahl 1.

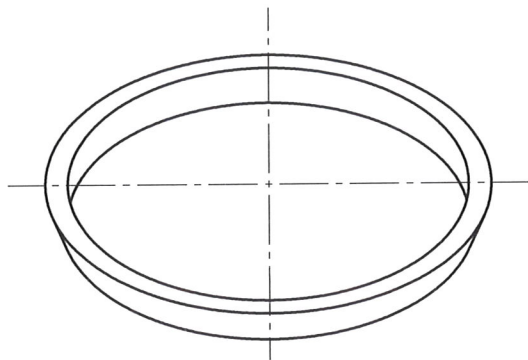
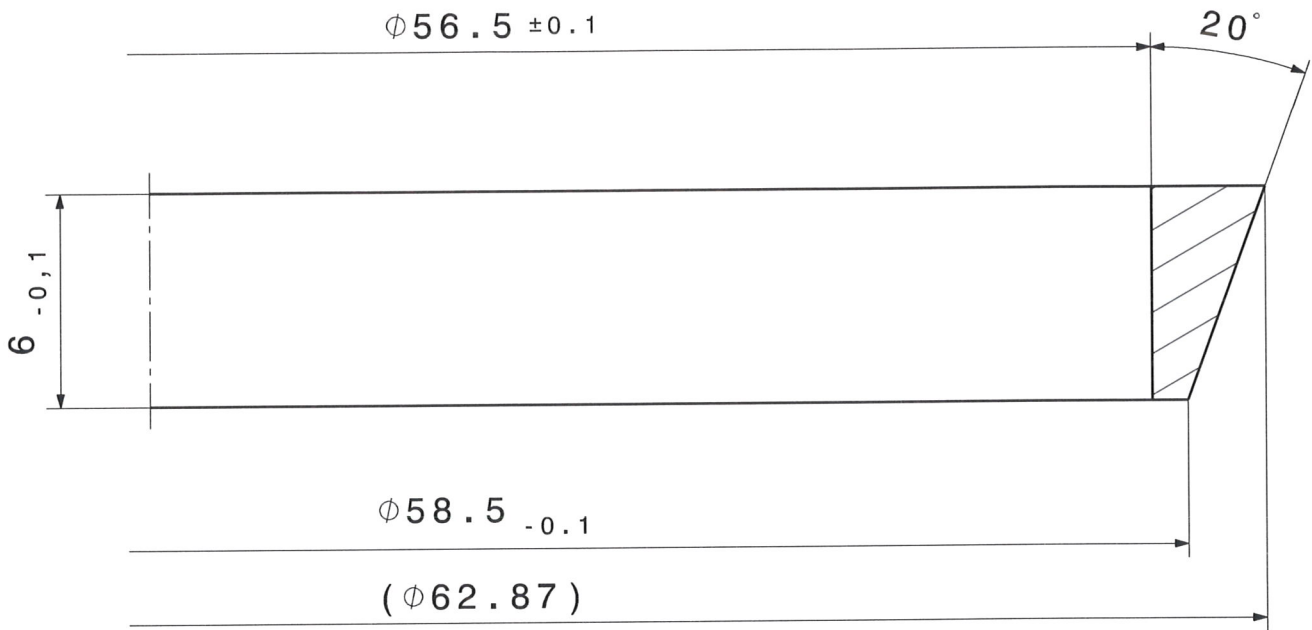
Bitte senden Sie mir ein Auftragsangebot zu.

Mit besten Grüßen

Felix Müller

Zuschlag für Verwaltungsaufwand  
bei Warenwert (netto):  
Unter € 30,- = € 5,-  
Unter € 80,- = € 3,-  
Maut-Umlage pro Auftrag € 2,80

<p><u>Lieferung:</u> ab Werk, aussch. Verpackung <u>Zahlung:</u> 14 Tage 2% Skonto oder 30 Tage netto <u>Lieferzeit:</u> 3 Wochen Mit freundlichen Grüßen <b>Grünberg-Kunststoffe GmbH</b> Rödermark 06.05.2019 </p>
---



PTFE, natur


1 Stk.,  $\phi 62,87 / \phi 56,5 \times 6 \text{ mm}$   
nach Zeichnung  
€ 29,80 / Stk.

2 Stk. € 22,20 / Stk.

50 Stk. € 9,50 / Stk.

100 Stk. € 8,60 / Stk.

$\nabla$  RZ 6,3

Verwendungsbereich Brühgruppe				Allgemein- toleranzen ISO 2768-mK	Werkstück- kanten DIN 6784	Maßstab 5:1	Menge 1
				Datum	Name	Werkst./Halbz. PTFE rein, weiß Rohteil d55xd65	
				Bear. 20.11.18	Arendt	<h1>Dichtung</h1>	
				Gepr. -	-		
				Norm -	-		
				Matrikelnummer	-		
				 HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN FÜR MÜNCHEN		Zeichnungsnummer	Blatt 1 / 1
						<b>01.001</b>	DIN A4
Zust.	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5		Betr.: Rohnen	Semester: MBB 7

Felix Müller  
Kaffeewerkstatt-München UG  
Dr.-Carl-von-Linde-Str. 21  
81479 München  
UST-ID: DE284483285

---

## Angebot

Angebotsnummer: A000001139

Datum: 08.05.2019

Telefon: 089 21555438

E-Mail: [anfrage@spanflug.de](mailto:anfrage@spanflug.de)

---

Vielen Dank für Ihre Anfrage. Im Folgenden finden Sie unser Angebot.

Pos.	Beschreibung	Stückzahl	Stückpreis	Netto
1	<b>Siebeinsatzdichtung nach Zeichnungsnr. 01.001</b> PTFE Ra 3,2	2	76,74 €	153,48 €
2	<b>Siebeinsatzdichtung nach Zeichnungsnr. 01.001</b> PTFE Ra 3,2	50	11,12 €	556,00 €
3	<b>Siebeinsatzdichtung nach Zeichnungsnr. 01.001</b> PTFE Ra 3,2	100	9,54 €	954,00 €
4	<b>Verpackung &amp; Versand</b>	1	5,99 €	5,99 €
5	<b>Transportversicherung</b>	1	6,00 €	6,00 €
<b>Zwischensumme netto</b>				1.675,47 €
<b>USt. (19 %)</b>				318,34 €
<b>Gesamt brutto</b>				1.993,81 €

Angebotsgültigkeit: 4 Wochen  
Lieferzeit: 20 Arbeitstage ab Auftragseingang  
Lieferbedingung: EXW nach Incoterms 2010  
Zahlungsbedingung: 14 Tage netto

---

### Spanflug Technologies GmbH

Sitz der Gesellschaft:  
Bgm.-Steinberger-Ring 4  
84431 Rattenkirchen

089 21555438  
[info@spanflug.de](mailto:info@spanflug.de)  
<https://spanflug.de>

Registereintrag:  
AG Traunstein, HRB 26699  
UST-ID: DE 316537170

Bankverbindung:  
Sparkasse Altötting-Mühldorf  
BYLDEM1MDF  
DE68 7115 1020 0031 4831 18

Zweigniederlassung:  
Müllerstr. 17  
80469 München

Geschäftsführer:  
Dr. Markus Westermeier,  
Dr. Adrian Lewis

---



Herr Felix Müller  
Kaffeewerkstatt-München UG (haftungsbeschränkt)  
Planegger Str. 1  
82061 Neuried  
Deutschland

Projekt-Nr. **01550205BAKA**  
Beleg-Nr. **AG1905061221-A\_KAF1**  
Angebotsdatum **06.05.19**  
Ihre Kunden-Nr. **KAF1**  
Ansprechpartner **Billy Schulz**

## Angebot

Sehr geehrter Herr Müller,

vielen Dank für Ihre Anfrage vom 02.05.19. Es freut uns, Ihnen ein Angebot für folgende Einzelpositionen mit den verschiedenen angefragten Teilmengen / Materialien unterbreiten zu können:

Pos.	Bezeichnung	Anmerkung	Menge	Stück	Gesamt
1	Siebeinsatzdichtung	Material: PTFE Keine Oberflächenbehandlung; Entgraten;	2	57,95 €	115,90 €
2			50	15,85 €	792,50 €
3			100	12,65 €	1.265,00 €

Nr.	Mengen	Lieferzeit	Netto	Gesamt
Set 1	(2)	12 Arbeitstage	115,90 €	137,92 €
Set 2	(50)	14 Arbeitstage	792,50 €	943,08 €
Set 3	(100)	16 Arbeitstage	1.265,00 €	1.505,35 €

Gültigkeit: 14 Tage  
Versandart: DHL Express  
Lieferbedingung: Lieferung frei Kunde (CIP)  
Zahlungsbedingung: 14 Tage

Die genannten Preise verstehen sich als Nettopreise. Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne unter 030-39710849 zur Verfügung. Das Angebot erfolgt ausschließlich gemäß unserer Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen, wie sie auf [www.facturee.de/agb](http://www.facturee.de/agb) aufgeführt sind.

Mit freundlichen Grüßen,  
Billy Schulz



PTFE Competence Center GmbH | Zum Fliegerhorst 10 | 01558 Großenhain

Herr Felix Müller

**Angebot 034128 / 01**

**Angebotsdatum:** 06.05.2019  
**Lieferkonditionen:** ab Werk, ausschliesslich Verpackung  
**Unsere Lief-Nr.:**  
**Ihre Kunden-Nr.:**  
**Sachbearbeiter:** Heike Gotzmann  
**Durchwahl:** 14  
**Fax:** 99  
**Email:** heike.gotzmann@ptfe-cc.de  
**Ihre Anfrage-Nr.:** Siebeinsatzdichtung  
**Anfrager:** Herr Felix Müller

Seite 1 / 1

Pos	Teilenummer Bezeichnung	Zeichnungsnummer	Preisbasis	Menge ME	Preis / Preisbasis	Positionswert
001	Siebeinsatzdichtung 62,87 x 56,5 x 6 CCN-01 PTFE rein, virginal	01.001	1 St.	1,00 St. 2,00 St. 5,00 St. 10,00 St.	121,00 € 61,70 € 24,80 € 12,90 €	121,00 € 123,40 € 124,00 € 129,00 €
LIEFERZEIT: ca. 3 - 4 Wochen ab Bestelldatum Lebensmittelrechtliche Bestimmungen (FDA)						

**Bei Bestellung bitte unbedingt unsere Angebotsnummer angeben.**

Es gelten unsere allgemeinen Lieferbedingungen. Diese senden wir Ihnen auf Wunsch gern zu. Alternativ können Sie diese unter [https://www.ptfe-cc.de/media/PTFE\\_CC\\_Allgemeine\\_Lieferbedingungen\\_012017-1.pdf](https://www.ptfe-cc.de/media/PTFE_CC_Allgemeine_Lieferbedingungen_012017-1.pdf) einsehen.

!!! Bitte beachten Sie unseren Mindestpositionswert von 40,-EUR !!!

Wir fertigen nach den Vorgaben der GKV-Richtlinie (GKV - Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie, Fachgruppe Fluor-Kunststoffe, (Ausgabe 1993 ff)). Kleinere Toleranzen werden nur zugesichert, wenn ausdrücklich durch uns bestätigt.

All tolerances are according to GKV- Guidelines. Other tolerances can only be guaranteed, if explicitly confirmed.

USt-ID. Nr.: DE267328413  
 Zahlungsbedingungen: Vorkasse ohne Abzug  
 Angebotsbindefrist bis: 03.06.2019

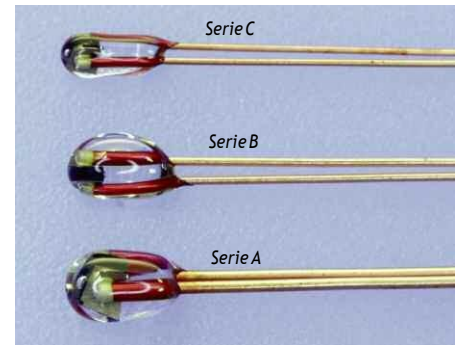
## Anhang 9: Datenblatt NTC-Sensor

# NTC-Temperatursensoren

## Radial-Glas-Thermistoren, Serie A, B und C

Bei den Radial-Glas-Thermistoren der Serien A und B handelt es sich um Thermistoren, welche komplett in Glas vergossen sind. Durch diesen Vollglaskörper eignen sich die Serien A, B und C ideal für Anwendungen, welche hohe Zuverlässigkeit und hervorragendes Stabilitätsverhalten unter harten bzw. extremen Bedingungen fordern. Da das eigentliche NTC-Element hermetisch dicht im Glas eingeschlossen ist, sind die Thermistoren gut geeignet für den Einsatz in feuchten Umgebungen. Durch die hohe Festigkeit des Glases und einem spezifizierten Betriebstemperaturbereich von  $-55\text{ °C}$  bis  $+250\text{ °C}$  können die Thermistoren der Serie A und B auch für Anwendungen verwendet werden, bei denen ein schnelles, „zyklisches Fahren“ in definierten Temperaturbereichen erforderlich ist.

Dem Anwender stehen drei unterschiedliche Baugrößen (Serie A, B und C) in verschiedenen Toleranzklassen ( $\pm 1\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 5\%$  und  $\pm 10\%$ ) zur Verfügung.



### Eigenschaften

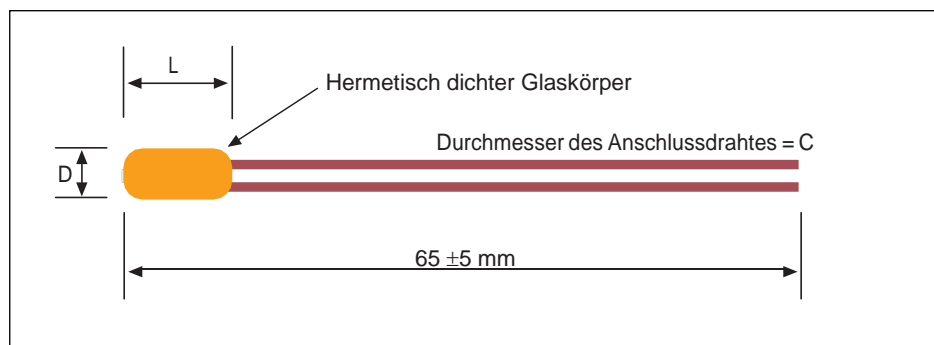
- Schnelle Ansprechzeit
- Dissipationsfaktor (in stehender Luft)  
Serie A:  $1,3\text{ mW/°C}$  Serie B:  $0,8\text{ mW/°C}$   
Serie C:  $0,5\text{ mW/°C}$
- Min./max. Temperaturbereich  $-55\text{ °C}$  bis  $+250\text{ °C}$
- Hohe Temperaturstabilität
- Hermetisch dichter Glaskörper
- Lieferbar in den Toleranzklassen  $\pm 1\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 5\%$  und  $\pm 10\%$  bei  $25\text{ °C}$
- Lieferung mit isolierten Anschlüssen möglich

### Typische Anwendungsbereiche

- Temperaturmessung und -kontrolle
- Temperaturüberwachung von Motoren
- Heißwasser-Systeme (Boilertechnik)
- Klimaanlage-technik
- Temperaturüberwachung von Gefrier-Systemen
- Bei feuchten Umgebungen
- Bei plötzlichen und starken Temperaturänderungen (Temperatur-Schock)



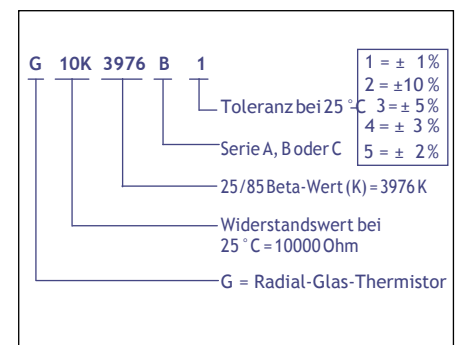
### Form und Abmessungen



	L (mm)	D (mm)	C (mm)
Serie A	4 max.	2,5 max.	0,3
Serie B	3 max.	1,5 max.	0,2
Serie C	2 max.	0,9 max.	0,15

Drahtmaterial: Ni/Fe-Legierung mit Kupferüberzug

### Teilenummer-Schlüssel



# NTC-Temperatursensoren

## Elektrische Spezifikationen - Serie A

Teilenummer	Widerstand (Ω) bei +25 °C	Toleranz bei +25 °C	Beta-Wert (K) B25/85	Beta-Toleranz	Dissipationsfaktor (In Luft bei +25 °C)	Thermale Zeitkonst. (In stehender Luft)	Thermale Zeitkonst. (In bewegtem Öl)
G2K3348A1	2000 Ω	±1 %	3348	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G2K3499A1	2000 Ω	±1 %	3499	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G5K3976A1	5000 Ω	±1 %	3976	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G10K3435A1	10000 Ω	±1 %	3435	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G10K3694A1	10000 Ω	±1 %	3694	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G10K3976A1	10000 Ω	±1 %	3976	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G30K3942A1	30000 Ω	±1 %	3942	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G50K3976A1	50000 Ω	±1 %	3976	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G100K4000A1	100000 Ω	±1 %	4000	±2 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G200K4261A1	200000 Ω	±1 %	4261	±3 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden
G500K4261A1	500000 Ω	±1 %	4261	±3 %	1,3 mW/°C typ.	11-12 Sekunden	0,9-1,1 Sekunden

## Elektrische Spezifikationen - Serie B

Teilenummer	Widerstand (Ω) bei +25 °C	Toleranz bei +25 °C	Beta-Wert (K) B25/85	Beta-Toleranz	Dissipationsfaktor (In Luft bei +25 °C)	Thermale Zeitkonst. (In stehender Luft)	Thermale Zeitkonst. (In bewegtem Öl)
G2K3348B1	2000 Ω	±1 %	3348	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G2K3499B1	2000 Ω	±1 %	3499	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G5K3976B1	5000 Ω	±1 %	3976	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G10K3435B1	10000 Ω	±1 %	3435	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G10K3694B1	10000 Ω	±1 %	3694	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G10K3976B1	10000 Ω	±1 %	3976	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G30K3942B1	30000 Ω	±1 %	3942	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G50K3976B1	50000 Ω	±1 %	3976	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G100K4000B1	100000 Ω	±1 %	4000	±2 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G200K4261B1	200000 Ω	±1 %	4261	±3 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden
G500K4261B1	500000 Ω	±1 %	4261	±3 %	0,8 mW/°C typ.	4-5 Sekunden	0,3-0,4 Sekunden

## Elektrische Spezifikationen - Serie C

Teilenummer	Widerstand (Ω) bei +25 °C	Toleranz bei +25 °C	Beta-Wert (K) B25/85	Beta-Toleranz	Dissipationsfaktor (In Luft bei +25 °C)	Thermale Zeitkonst. (In stehender Luft)	Thermale Zeitkonst. (In bewegtem Öl)
G2K3348C1	2000 Ω	±1 %	3348	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G2K3499C1	2000 Ω	±1 %	3499	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G5K3976C1	5000 Ω	±1 %	3976	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G10K3435C1	10000 Ω	±1 %	3435	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G10K3694C1	10000 Ω	±1 %	3694	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G30K3942C1	30000 Ω	±1 %	3942	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G50K3976C1	50000 Ω	±1 %	3976	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G100K4000C1	100000 Ω	±1 %	4000	±2 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G200K4261C1	200000 Ω	±1 %	4261	±3 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden
G500K4261C1	500000 Ω	±1 %	4261	±3 %	0,5 mW/°C typ.	2-3 Sekunden	0,18-0,2 Sekunden

## Geprüfte Qualität - Serie A, B und C

Zuverlässigkeitstest	Standard-Test	Bedingungen	Delta R
1. Lagerung bei trockener Hitze	IEC 60068-2-2	Lager-Temperatur: +250 °C Dauer: 1000 Stunden	<3 %
2. Lagerung unter Wasserdampf	IEC 60068-2-3	Luftfeuchtigkeit: 95 %, bei 50 °C Dauer: 56 Tage	<2 %
3. Schnelles Temperatur-Cycling	IEC 60068-2-14	Tiefste Temperatur: -55 °C Höchste Temperatur: +200 °C Anzahl der Zyklen: 1000	<2 %