



Hochschule für angewandte Wissenschaften München
Fakultät 03

Projektmodul:

„Inbetriebnahme einer labortechnischen Kaffeemaschine“

Labor: R4.068
Wintersemester 2021/2022

Gruppe:

Daniele Fecondo

MatNr: 36086818

Philipp Wieland

MatNr: 28700218

Sebastian Intra

MatNr: 17899920

Betreuer: Dipl.-Ing. Armin Rohnen

Abgabedatum: 11.02.2022

Inhaltsverzeichnis

<i>Abbildungsverzeichnis</i>	3
1. <i>Kurzzusammenfassung inkl. engl. Abstract</i>	3
2. <i>Einleitung</i>	4
3. <i>Konstruktion Brühgruppenhalterung</i>	4
4. <i>Anpassung der Verrohrung</i>	6
4.1. <i>Erneuerung der Pumpe</i>	7
4.2. <i>Neue Positionierung der Magnetventile</i>	8
4.3. <i>Optimierung der Verrohrung</i>	10
5. <i>Abschließende Arbeiten am Boilerdeckel</i>	10
6. <i>Elektrik</i>	11
6.1. <i>Erneuerung der Verkabelung</i>	11
6.2. <i>Anschließen der Magnetventile</i>	12
6.3. <i>Kurzschluss der Basisplatine</i>	12
7. <i>Programmieren</i>	13
7.1. <i>Python</i>	13
7.1.1. <i>Boot.py</i>	14
7.1.2. <i>main.py</i>	14
7.2. <i>MATLAB</i>	14
7.2.1. <i>Startseite</i>	14
7.2.2. <i>Manueller Modus</i>	15
7.3. <i>Programme</i>	16
8. <i>Dichtheits- und Funktionsprüfung</i>	16
9. <i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	18
10. <i>Fazit</i>	19
11. <i>Quellenverzeichnis</i>	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Explosionszeichnung Brühgruppe	4
Abbildung 2: Spannweg Brühgruppenhalterung	4
Abbildung 3: Variante 1 - Brühgruppenhalterung.....	5
Abbildung 4: Variante 2 - Brühgruppenhalterung.....	5
Abbildung 5: Variante 3 - Brühgruppenhalterung.....	6
Abbildung 6: Variante 4 - Brühgruppenhalterung.....	6
Abbildung 7: Verbaute Brühgruppenhalterung – Brühgruppe 180 Grad gedreht	6
Abbildung 8: Getriebepumpe	7
Abbildung 9: Pumpe im eingebauten Zustand	7
Abbildung 10: Technische Zeichnung Bodenblech.....	8
Abbildung 11: Neuordnung Magnetventile	9
Abbildung 12: Halterung Magnetventile an der Hutschiene.....	9
Abbildung 13: Basisplatine mit der STM32	13
Abbildung 14: Manueller Modus	15
Abbildung 15: Logikplan der Magnetventile.....	17

1. Kurzzusammenfassung inkl. engl. Abstract

(Daniele Fecondo)

Die Abschlussdokumentation berichtet über die Weiterführung der Inbetriebnahme der labortechnischen Siebträger-Espressomaschine. Dabei sind alle erarbeiteten Ergebnisse der Projektgruppe im Wintersemester 2021/22 dokumentiert. Das Ziel war es, den ersten Kaffeebezug, aus dem Prototypen, bis zum Ende der Projektarbeit zu beziehen. Wesentliche Aufgaben zur Realisierung sind die Konstruktion einer Brühgruppenhalterung, der Einbau einer Getriebepumpe, die Neuanspassung der Verrohrung, Montieren und Bestücken des Boilerdeckels, das Anschließen der Magnetventile und der Sensorik, der Einbau eines Not-Aus-Schalters und das Schreiben eines Programmcode in MATLAB GUI zur Ansteuerung der Espressomaschine. Zuletzt soll eine Dichtigkeits- und Funktionsprüfung durchgeführt werden.

The final documentation reports about the continuation of the commissioning of the laboratory portafilter-espresso-machine. All the worked-up results of the project group in the winter semester 2021/22 are documented. The goal was to obtain the first coffee from the prototype by the end of the project work. Essential tasks for the realization are the construction of a brew group holder, the installation of a gear-pump, the new adjustment of the piping, the adjustment and assembling of the boiler cover, wiring and connecting the solenoid valves and sensors, the installation of an emergency stop and writing a program code in MATLAB GUI to control the espresso machine.

2. Einleitung

(Sebastian Intra, Philipp Wieland)

Der Geschmack von Kaffee verändert sich abhängig von der Temperatur und des Drucks des Wassers. Um diese Geschmacksentwicklung mit einer Hardware untersuchen zu können begann Kilian Stach [1] mit der Ausarbeitung der Idee einer universell einstellbaren Espressomaschine. Dieser Prozess ist mittlerweile so weit vorangeschritten, dass ein konkreter Plan zur Realisierung, sowie der erste Prototyp entstanden ist.

Das Ziel dieser Projektarbeit war es den ersten Kaffeebezug zu erzeugen. Dies konnte jedoch nicht umgesetzt werden, da es im Laufe des Projekts wiederholt zu Problemen wie bspw. der kompletten hydraulischen Umgestaltung der Maschine kam. Dies führte zu Verzögerungen im Ablauf. Es war daher unausweichlich, Arbeitspakete, die gegen Ende des Projekts anstanden, per Beschluss abzubrechen und für künftige Projektgruppen offen zu lassen.

3. Konstruktion Brühgruppenhalterung

(Sebastian Intra)



Die Halterung ist so zu konzipieren, dass sie die Steifigkeitsanforderungen erfüllt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Halterung die Brühgruppe hält, in der der Siebträger mit Kraft eingedreht wird. Dies führt zu einer Torsion, die von der Halterung aufgenommen werden muss. Die Konstruktion soll an der unteren der beiden vorderen L-Schienen zu befestigen sein. Bei der Konstruktion ist darauf zu achten, dass die Rückseite, somit die Befestigungsfläche, Verstrebungen zur Tragfläche hat, um mögliche Gewichts- und Scherkräfte auffangen zu können. Als Fertigungsmethode wird die Falztechnik gewählt. Die Halterung soll das Kunststoffinnenteil der Brühgruppe, sowie eine 3D gedruckte Siebträgeraufnahme halten. Befestigt wird die Brühgruppe mit vier Schrauben und zwei Stiften zur Aufnahme der Scherkräfte. Zwischen den beiden Teilen soll ein Abstand von 2 mm sein. Dieser Verspannweg wird durch die Blechdicke der Halterung von $t=2$ mm erzeugt.

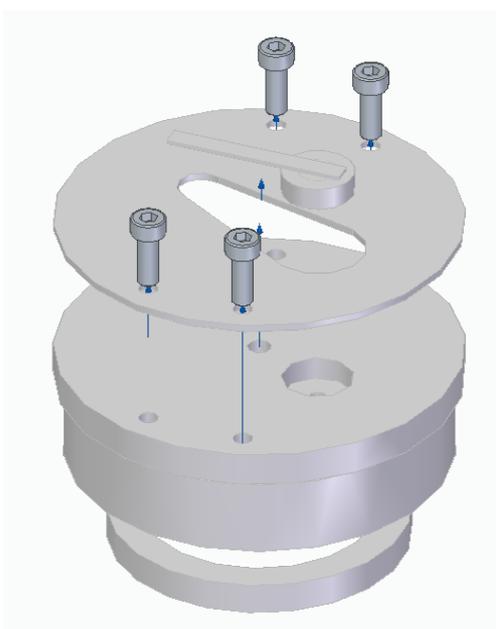


Abbildung 2: Explosionszeichnung Brühgruppe

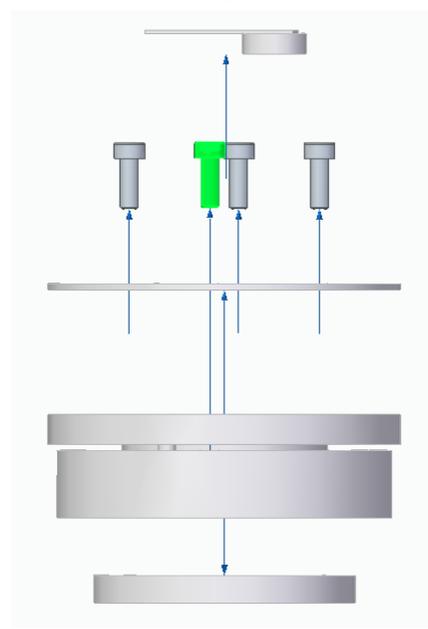


Abbildung 1: Verspannweg Brühgruppenhalterung

Die Grundidee hinter der Konstruktion ist, sie möglichst preiswert und schnell umsetzbar zu gestalten. Es wurde versucht die Halterung aus einem rechteckigen Blech zu erzeugen. Diese wird so gefaltet, dass kein Verschnitt entsteht bzw. keine Bereiche per Laser ausgeschnitten werden müssen. Auf der rückwärtigen Seite der Konstruktion wird ein Lappen hochgefaltet, der die Anschlussstelle zur Kaffeemaschine wird. Hier sind 4 Bohrungen zu erzeugen. Zwei Äußere Bohrungen mit 5 mm Durchmesser dienen der Befestigung, zwei Innere mit 11 mm Durchmesser dem Verrohren der Brühgruppe.

An den Seiten werden jeweils zwei doppelt gefaltete Metalllappen hochgeklappt, die so die Verstrebung zwischen Rückwand und Tragfläche erzeugen und somit für die Stetigkeit sorgen. Die Grundplatte ist so zu gestalten, dass die Brühgruppe in alle drei Raumachsen steif sowie horizontal verdrehsteif befestigt werden kann. Hierzu wird recht zentral eine Bohrung mit 58 mm gesetzt, in die die Brühgruppe versenkt werden kann. Um das Drehmoment des Siebträgers beim Eindrehen in die Brühgruppe abzufangen, sind zwei Stifte vorgesehen. Zusätzlich wird die Brühgruppe mit vier Bohrungen durch die Halterung verschraubt. Diese befinden sich auf einer Kreisbahn um den Mittelpunkt von 84,32 mm.

Die Halterung wurde in 4 Varianten konstruiert. Diese Varianten zeigen verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten auf und haben verschiedene Vor- und Nachteile. Die Grundplatten der Konstruktionen sind alle gleich und haben eine Abmaß von 150 mm in der Tiefe und 150 mm auf der Breite mit einer Dicke von $t = 2$ mm. Die Dicke des Materials wird, wie oben beschrieben, von der Konstruktion der Brühgruppe vorgegeben. Die rückwärtigen Bohrungen sind auch bei jedem Konzept vereinheitlicht, da diese schon am oberen Querträger der Kaffeemaschine angebracht sind. Dies gibt die Möglichkeit die Brühgruppe bei Bedarf auch an der oberen Strebe zu befestigen.

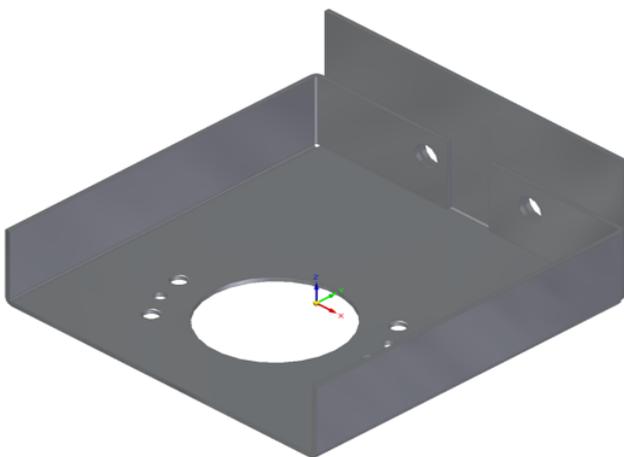


Abbildung 3: Variante 1 - Brühgruppenhalterung

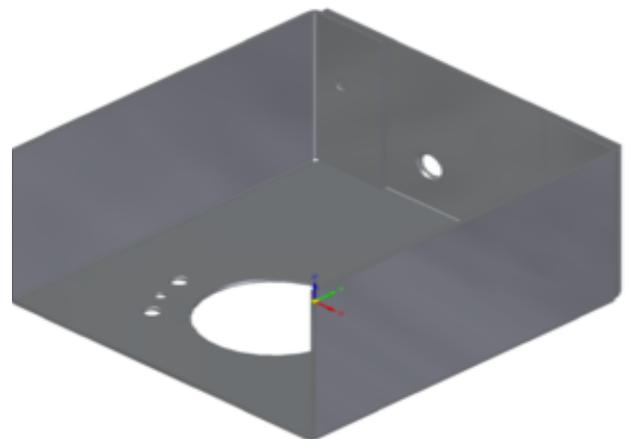


Abbildung 4: Variante 2 - Brühgruppenhalterung



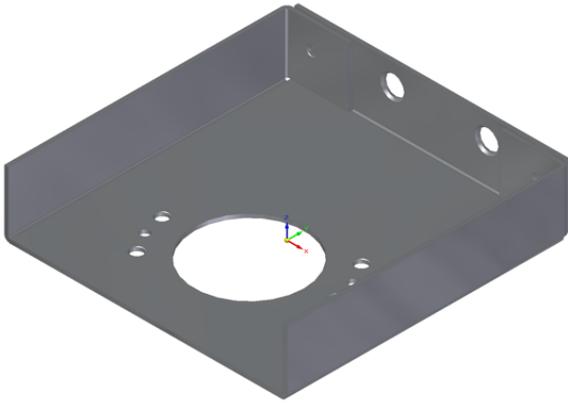


Abbildung 5: Variante 3 - Brühgruppenhalterung

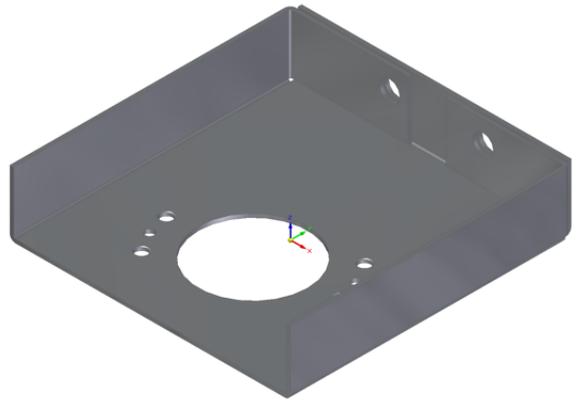


Abbildung 6: Variante 4 - Brühgruppenhalterung

Variante 3 wird mit einigen Änderungen als finales Konzept definiert. Um mögliche Verletzungen zu vermeiden, soll die vordere spitze Ecke abgerundet und über die komplette Seitenlänge leicht abgeschrägt werden.

Um das Anschließen der Schläuche durch die Rückwand der Halterung zu ermöglichen, ist die tragende L-Schiene mit zwei äquivalenten Löchern versehen worden durch die nun Zu- und Ablauf der Brühgruppe laufen.

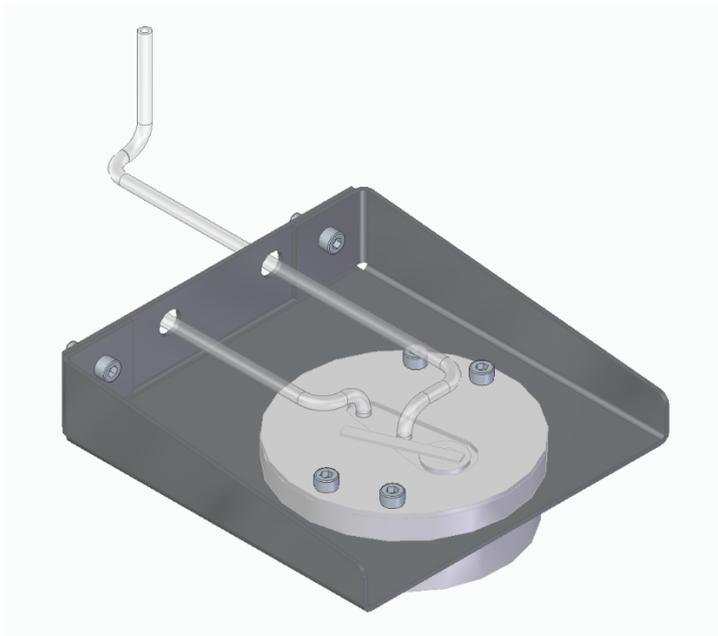


Abbildung 7: Verbaute Brühgruppenhalterung – Brühgruppe 180 Grad gedreht



4. Anpassung der Verrohrung

(Daniele Fecondo)



Zum Start der Projektarbeit waren der Grundrahmen, die Wasserförderpumpe, der Wasserboiler, teile der Verkabelung, sowie die Verschlauchung der Magnetventile und Sensoren bereits für die labortechnische espressomaschine vorhanden und montiert. Um den im Projektplan festgelegten Termin für den ersten Kaffeebezug einzuhalten, sollte zunächst eine Bestandsaufnahme der noch fehlenden Bauteile vom Lieferanten AVS-Römer

erstellt werden. Damit dies erfolgreich umgesetzt werden konnte, galt es zunächst durch Überlegungen die ungefähre Position einer neu einzubauenden Getriebepumpe festzulegen.

Die weiteren Schritte bezüglich des Einbaues der Getriebepumpe, das darauffolgende Ausrichten der Magnetventile und das Anpassen der Verrohrung sind in den folgenden Unterkapiteln näher erläutert.

4.1. Erneuerung der Pumpe

Wie in [28] beschrieben, befindet sich die aktuell eingebaute Wasserpumpe außerhalb der labortechnischen espressomaschine. Um eine Serienherstellung der Kaffeemaschine zu realisieren, gilt es eine kompakte und dennoch leistungsstarke Pumpe in den Grundrahmen zu integrieren.

Dazu wird die Fluid-O-Tech Getriebepumpe FG200/FG300 verwendet. Die Pumpe wird mit 24 V betrieben und ist im Bereich von 300 – 5000 Umdrehungen pro Minute regelbar. Zudem ist die korrekte Position wichtig, um eine Dichtheit der Pumpe zu gewährleisten. Da unterhalb des Boilers wenig Platz vorhanden ist, kann die Pumpe an der gegenüberliegenden Seite in das Bodenblech eingesenkt werden. Wie in Abbildung 8 gezeigt wird, besitzt die Getriebepumpe zwei versetzte Zylinder mit einem Durchmesser von 40 mm. Wird der erste Zylinder versenkt, dient die überstehende Fläche des Zweiten als Auflagefläche.

Die Abbildung 9 zeigt die Pumpe im eingebauten Zustand. Dazu wird in das Bodenblech ein Lochkreis mit den entsprechenden Maßen angebracht. Mit Hilfe der Verrohrung entsteht eine Eigenspannung, so dass ein weiteres fixieren der Pumpe nicht notwendig ist.

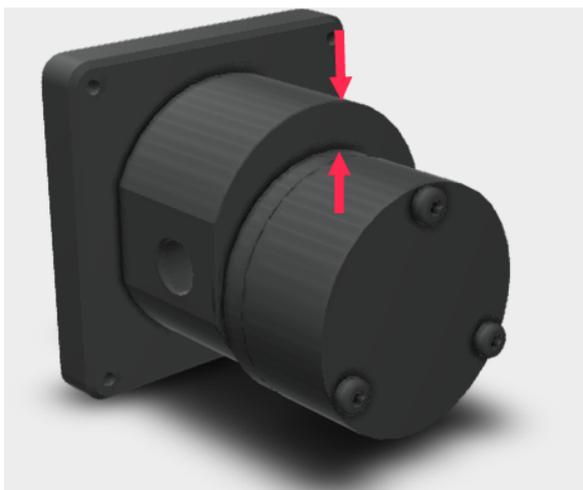


Abbildung 8: Getriebepumpe



Abbildung 9: Pumpe im eingebauten Zustand

Aus der Dokumentation [5] geht hervor, dass das Bodenblech aus dem Material X5CrNi18-10 (Edelstahl) besteht. Da es sich um ein sehr schwer zu bearbeitendem Material handelt, ist empfehlenswert für die zukünftigen labortechnischen espressomaschinen die Bohrung bereits vom Lieferanten anfertigen zu lassen. In der Abbildung 10 ist eine Skizze der

Position für den Lochkreis von 40 Millimeter, in dem die Pumpe eingesenkt wird. Die Position wurde so gelegt, dass die elektronische Steuerung zur Seitenwand ausreichend Platz hat und ebenfalls ein Sicherheitsabstand zu elektrischen Bauteilen besteht.

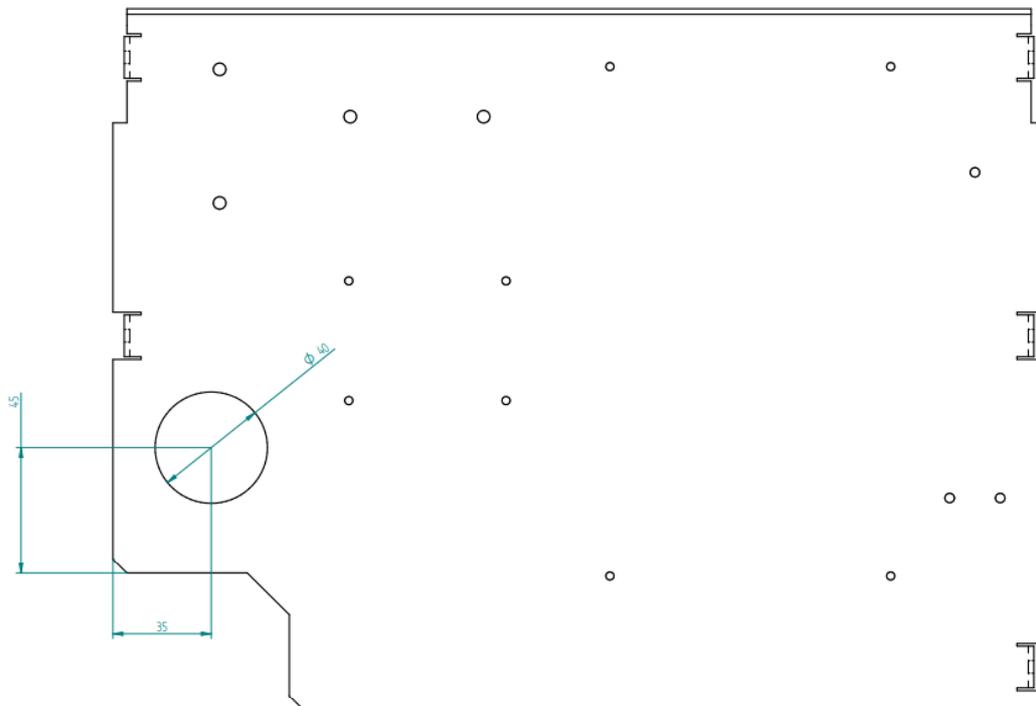


Abbildung 10: Technische Zeichnung Bodenblech

4.2. Neue Positionierung der Magnetventile

Auf Grund der Getriebepumpe werden auch die Positionen der Magnetventile erneuert. Wie in der Abbildung 11 zu erkennen ist, wurden die 2/2 Wegeventile wie folgt angeordnet. Die Getriebepumpe wird direkt mit dem Magnetventil Y01 verbunden. Aus diesem Grund wird Y01, von vorne gesehen, links außen angebracht. Zusätzlich ist an der Position genug Platz für den Frischwasserzulauf. Direkt daneben wird das Ventil Y04 montiert, da dieses ebenfalls mit einem T-Stück an der Getriebepumpe verbunden ist und sich ebenfalls in der unmittelbaren Nähe des Abwasserzulaufes befinden soll. Die Magnetventile Y02, Y03 und Y06 werden unterhalb des Boilers angebracht, da diese direkt am Boilerdeckel angeschlossen werden. Y02 dient zur Entwässerung des Boilers, Y03 der Boilerbefüllung und Y06 dem Kaffee/ Tee bezug und ist somit an der Wasserwendel angeschlossen.

Mehr zur Anordnung der Magnetventile ist in der adaptierten Montageanleitung enthalten.

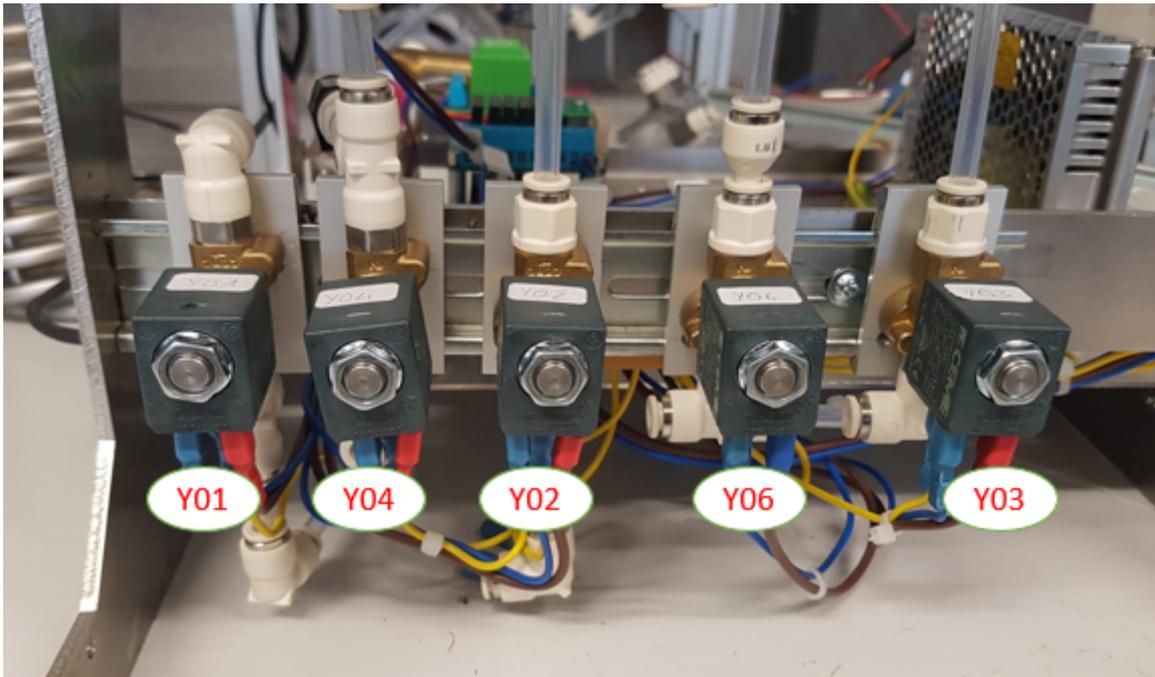


Abbildung 11: Neuordnung Magnetventile

Zusätzlich konnte eine Problematik in den Halterungen der „boilernahen“ 2/2 Wegeventile erkannt werden. Da die Löcher zum Anbringen der Magnetventile nicht mittig gebohrt sind, lassen sich beispielsweise Winkel-Steckanschlüsse nicht beliebig um 360° drehen, sondern maximal 180°. Beim Versuch es weiter zu drehen, stehen sie an der Halterung an. Die Skizze in Abbildung 12 zeigt die Maße der neuen Lage der Bohrungen. Dies bewirkt einen erheblichen Vorteil im Verrohren und ermöglicht eine kompaktere Bauweise der Verrohrung.

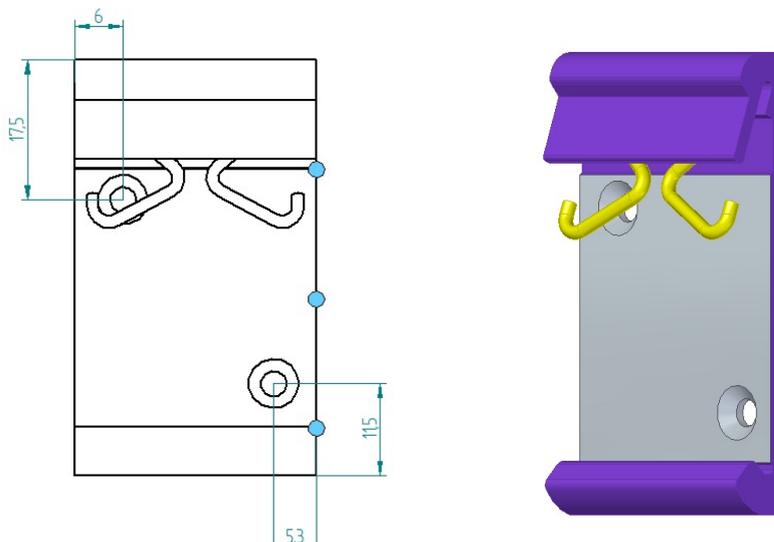


Abbildung 12: Halterung Magnetventile an der Hutschiene

4.3. Optimierung der Verrohrung

Die Länge der Schläuche zwischen zwei Bauteilen muss mindestens 20 mm sein, um eine Demontage zu ermöglichen. Aus diesem Grund werden für die labortechnische Espresso-Maschine und ihren begrenztem Bauraum Winkel-Steckanschlüsse bestellt. Diese lassen sich ohne zusätzliche Verschlauchung in Bauteile einsetzen. Vor allem im Bereich der 2/2 Wegeventile. Die technischen Daten zu den bestellten Steckanschlüssen können dem Anhang [A2] entnommen werden.

Um des Weiteren die Verrohrung so optimal wie möglich zu gestalten, kann der Leitfähigkeitssensor statt vor der Getriebepumpe dahinter angebracht werden. Dies hat zur Folge, dass der Temperatursensor nach der Pumpe entfällt. Der Leitfähigkeitssensor hat einen integrierten Temperatursensor und misst damit die Temperatur des Wassers, welches aus der Boiler Entwässerung dem Frischwasser dazu geführt wird.

Weiter kann der Drucksensor, nach dem T-Stück, welches Warm- und Kaltwasser zusammenlaufen lässt, eingespart werden, da ein Drucksensor in die Brühgruppe geklebt wird. Alle beschriebenen Änderungen sind im Hydraulikplan [A3] aktualisiert worden.

5. Abschließende Arbeiten am Boilerdeckel

(Sebastian Intra)

Die folgenden Kapitel beschreiben den Arbeitsumfang am **neu Angepassten Boilerdeckel**. Dabei werden die Arbeitspakete der vorherigen Projektgruppe aufgegriffen und umgesetzt. Zusätzlich haben sich im Laufe der Projektarbeit weitere Änderungen in der Montage ergeben.

5.1. Anpassung der Konstruktion

Es haben sich Probleme in der Dichtigkeit bei der Montage des Boilerdeckels mit dem Boilergehäuse ergeben. Die Problematik hierbei ist, dass der Boiler unter 1,3 Bar Nenn-Druck mit einem Einstellbereich von 1,1 bis 1,5 bar steht. Dies ergibt nach der Druckbehälterverordnung einen Prüfdruck von 2,25 bar.

Der zuvor konstruierte Deckel wies zur Montage nur sechs Schraubenlöcher auf. Berechnungen zeigen, dass die Flächenpressung zu gering ist und aus diesem Grund eine Undichtigkeit aufgetreten ist. Für den optimalen Fall sollten 15 Schrauben zur Montage verwendet werden. Aus Symmetriegründen wurde die Anzahl von 15 auf zwölf Schraubenlöcher reduziert [28].

Die konstruktive Anpassung hat zur Folge, dass am Boilergehäuse zusätzlich sechs weitere Bohrungen hinzugefügt werden müssen. Der Boiler besteht, wie der Großteil der Bauteile, aus Edelstahl. Eine nachträgliche Bearbeitung ist schwer realisierbar und mit hohem Aufwand verbunden. Für die zukünftigen Boilergehäuse werden die sechs zusätzlichen Bohrungen vom Lieferanten angefertigt.

Weiter werden $\frac{1}{4}$ Zoll Gewinde in fünf der vorhandenen Löcher am Boilerdeckel geschnitten. Diese werden benötigt, damit der Temperatursensor, der Füllstandssensor, das Dampfrohr, das Befüllungsrohr und die Entwässerung angeschlossen werden können. Für die Wasserwendel hingegen werden Durchgangsbohrungen mit einem Durchmesser von 14 mm benötigt.

Für die weiteren Schritte galt es eine passende Flachdichtung an den Boileranschlüssen zu finden. Wichtig ist, dass die Dichtung gasundurchlässig ist und Temperaturen größer 150°C standhält. Dabei hat sich nach Recherchearbeiten der Kunststoff Polytetrafluorethylen (PTFE) als passend erwiesen.

Die Dichtringe werden mit den Maßen **17 x 13,2 x 2 mm** vom Standardlieferanten DVG bestellt. Beim Festziehen der Anschlüsse muss darauf geachtet werden, dass die PTFE Dichtung sich plastisch verformt. Erst nach der plastischen Verformung ist gewährleistet, dass die Anschlüsse auch gegen Dämpfe undurchlässig sind.

6. Elektrik (Sebastian Intra)

6.1. Erneuerung der Verkabelung

Die Verlegewege der vorhandenen Verkabelungen mussten komplett erneuert werden, da sich die Positionierung der Magnetventile geändert hat. Bei der Verkabelung ist grundlegend darauf geachtet worden, nach Möglichkeit an den Rahmenteil der Kaffeemaschine entlang und in möglichst weiten Biegeradien zu verlegen.

Im ersten Schritt ist die Kaffeemaschine mit Strom versorgt worden. An der SSR Insel ist der Not-Aus angeschlossen worden. Dieser wurde zuvor mit einem handelsüblichen Stecker versehen. Über eine Brückenkabelung werden beide Ebenen mit 230V versorgt. Von hier aus werden die 230V ins Netzteil gespeist, auf 24V gewandelt und versorgen damit die 24V Klemmleiste der Basisplatine. Im nächsten Schritt sind die L und N, sowie die Erdungsleitungen der Magnetventile neu verlegt worden. Die PE-Kabel sind alle auf die PE-Sammelstelle auf der Rückseite der unteren Schiene gelegt worden. Diese wurde im Zuge des Projekts mit Klemmleisten verlötet und am Rahmen geerdet. Die L und N Leiter sind entlang der oberen und unteren SSR Insel angeschlossen worden. Geschaltet werden die Magnetventile über die Basisplatine. Hierzu werden je Magnetventil ein Steuerkabel von der Basisplatine auf die SSR geführt. Die Klemmleisten der SSR werden jeweils mit Spannung aus der 24V Klemmleiste der Basisplatine versorgt. Die Pumpe hat fünf Anschlüsse. Um die Pumpe mit Strom zu versorgen sind das schwarze und rote Kabel auf die 24V Klemmleiste der Basisplatine gelegt worden. Orange dient als SPEED_IN und wird zusammen mit dem braunen 0V auf die 0-5V Klemmleiste der Basisplatine verkabelt [A4].

6.2. Anschließen der Magnetventile

Die Kaffeemaschine verfügt über zwei Temperatursensoren. Beide werden auf der NTC Messplatine, die sich auf der Basisplatine befindet, verkabelt. Hierbei belegt der Temperatursensor des Mischwassers die Schnittstelle NTC2 und der Sensor des Boilers NTC1. Der Leitfähigkeitssensor hat vier Anschlüsse, die alle auf der Spannungsmessplatine, ebenfalls auf der Basisplatine, verkabelt werden. Dieser Sensor belegt hierbei Klemmreihe J2. Er wird über das schwarze Kabel mit 24V Spannung versorgt, das braune Kabel dient der Erdung. Orange und Rot sind in der Klemmreihe auf die Eingänge IN2 und IN3 gelegt. Zusätzlich wird der Sensor über ein Kabel auf der PE-Sammelstelle geerdet (5 und 6).

Der Drucksensor der Überdruckleitung ist auch auf der Spannungsmessplatine verkabelt. Auch hier versorgt das schwarze Kabel den Sensor mit Spannung, jedoch mit nur 5V. Braun ist ebenfalls wieder Masse und das rote Kabel dient der Signalweitergabe und wird im Eingang IN1 der Platine angeschlossen. Der Sensor belegt mit seinen drei Kabeln die Klemmreihe J3. Zusätzlich wird der Sensor über ein Kabel auf der PE-Sammelstelle geerdet.

Das Dosierventil verfügt, wie der Leitfähigkeitssensor auch, über fünf Kabel. Die nötige Spannung wird über das rote Kabel an der 24V Klemmleiste der Basisplatine abgezweigt. Der schwarze N Leiter wird ebenfalls an die Klemmleiste der Basisplatine angeschlossen. Geerdet wird über ein gelbes Kabel an der PE-Sammelstelle. Die Steuerung wird an derselben Klemmleiste wie die Pumpe angeschlossen (5 und 6).

6.3. Kurzschluss der Basisplatine

Die SSR Insel ist nicht funktionsfähig und hat einen Kurzschluss auf der Basisplatine verursacht. Daher wird diese ausgetauscht. Auf Grund der Neuerung der SSR Insel hat sich die Steckerart der Steuerkabel geändert, sodass diese ersetzt werden mussten. Nachdem die Magnetventile sowohl mit L und N an die SSR und mit Steuerkabel von SSR an Basisplatine angeschlossen wurden, ist ein Testdurchlauf gestartet worden. Die Magnetventile sind einzeln mit einer 3V Steuerspannung aus einer externen Spannungsquelle versorgt worden. Alle Magnetventile konnten hierbei geschaltet werden. Nachdem dies funktioniert hat, wurde eine neue Basisplatine aufgebaut, d.h. die Klemmleisten und Stecksysteme für die NTC-Messplatine und Spannungsmessplatine verlötet. Danach wurden die Platinen ausgetauscht. Nach dem Anschließen der 24V Klemmleiste und der Magnetventile ist versucht worden die Magnetventile in der Kaffeemaschine mit dem PC anzusteuern und die verschiedenen Funktionen wie Pumpenansteuerung, Steuerung des Dosierventils, sowie das Auslesen der Sensoren zu testen. Die Komponenten funktionieren nach Vorgabe. Im Anschluss ist der Boiler montiert worden. Hierbei wurde der Füllstandsensor an die Basisplatine angeschlossen und an der PE-Sammelstelle geerdet.



7. Programmieren

(Philipp Wieland)

Die Espressomaschine wird über den Microcontroller STM32F411RE NUCLEO Board von STMicroelectronics, im folgenden „MCU“, gesteuert. Der Controller ist mit der Basisplatine verbunden, auf der sämtliche Bauteile der Kaffeemaschine angeschlossen sind.



Abbildung 13: Basisplatine mit der STM32

Über diese Platine werden alle Steuer- und Regelungssignale von der MCU an die Magnetventile und an das Dosierventil übertragen. Gleichzeitig bekommt die MCU alle Messsignale von den verbauten Sensoren. Die MCU läuft über MicroPython [41] und wird vom Hersteller her leer, also unbeschrieben, geliefert. Näheres zum Programm auf der MCU im Kapitel 8.1.

Über einen Mini USB kann ein PC an den Microcontroller angeschlossen werden. Dieser wird auf dem PC über MATLAB gesteuert. Näheres hierzu im Kapitel 8.2.

7.1. Python

Um auf den Microcontroller zugreifen zu können muss auf Windows eine gesonderte Software installiert werden. Der Treiber wird von <https://www.st.com/en/development-tools/stsw-link009.html> bezogen und installiert. Nach Eingabe der E-Mail Adresse und dessen Bestätigung, erfolgt das Herunterladen einer Zip-Datei automatisch. Extrahieren der Datei und starten der Installation von „stlink_winusb_install.bat“. Sollte dies nicht funktionieren muss man auf die „dpinst_amd64.exe“ ausweichen oder gegebenenfalls die .bat als Administrator ausführen. Wenn alles erfolgreich abgeschlossen ist, sollte im Gerätemanager folgendes erscheinen nach dem Verbinden mit der MCU:

- Anschlüsse (COM & Lpt) -> STMicroelectronics STLink Virtual COM Port
- USB-Geräte -> ST-Link Debug

Nun kann mittels einer geeigneten Software direkt auf die MCU zugegriffen werden. Ein einfaches Programm hierfür ist Thonny [51]. Für eine bessere Übersicht und ein generell besseres Programm ist die Community Version von PyCharm [52] zu empfehlen.

In Python werden die einzelnen Kanäle der Basisplatine definiert. Das Grundprogramm hierfür wurde von Herrn Rohnen geschrieben.

Auf der MCU befinden sich aktuell 6 Dateien: adc.py, boot.py, initBoard.py, main.py, mcp4725.py und mcp23017.py. Im Folgenden werden nur die aufgezeigt, bei denen Änderungen vorgenommen wurden.

7.1.1. Boot.py

Bei jedem Anschluss der MCU an einen Computer wird dieses Programm als erstes ausgeführt. Beim Einschalten der Basisplatine über die MCU wird ein 5V Sollwertsignal eingestellt und somit die angeschlossenen Geräte aktiviert. Das Einschalten der MCU geschieht bei jedem einstecken automatisch. Der Grund für das Starten der DACs bei 5V ist zum aktuellen Stand unbekannt. Eine temporäre Lösung wurde in der main.py festgelegt. In der boot.py wird deshalb die main.py als main-Skript mittels „pyb.main ('main.py')“ definiert. Dadurch wird diese immer als erstes aufgerufen.

7.1.2. main.py

Hier wird die mcp4735.py importiert in der die DACs definiert sind. Hier werden die Adressen der DACs auf dem mcp4725 definiert. Somit wird das Sollwertsignal der DACs auf 0 geändert und es ist nur für eine kurze Zeit eine Spannung von 5V an die Geräte mitgegeben worden. Hier muss noch eine dauerhafte Lösung gefunden werden.

7.2. MATLAB

Ein gesondertes Programm zu Steuerung der Espressomaschine soll entwickelt werden. Dies geschieht auf Basis des Programms „~~mcp_connection_text.mlapp~~“ [41] und dem „~~Pruefstand_pi_deaktiviert_normal.mlapp~~“ [26] der Projektgruppe zur Inbetriebnahme des Pumpenprüfstandes wurde. Ziel ist es, die Verbindung zwischen dem PC, der STM32 und der Kaffeemaschine herzustellen und die einzelnen Geräte und Funktionen zu steuern. Aktuell sind nur die „Startseite“, „Programme“ und der „Manuelle Modus“ bedienbar. Die Seite „Reinigung“ wurde zur besseren Übersicht hinzugefügt. Näheres zu diesem Punkt im Ausblick (Kapitel 11).

Es wurde anfangs versucht auf dem alten Programm von dem Pumpenprüfstand [26] aufzubauen. Diese wurde allerdings auf die Raspberry Pi aufgebaut und musste somit für die STM32 angepasst werden, was mir nicht gelang. Deshalb musste ich ein neues Programm von Grund auf neu bauen. Viele Funktionen in dem alten Programm waren auch überflüssig für die Kaffeemaschine und waren teilweise noch ohne jeglicher funktion und nur zu graphischen Zwecken da.

7.2.1. Startseite

Die Startseite dient ausschließlich zur Herstellung der Verbindung mit dem Microcontroller. Auf der rechten Seite sieht man ein in CAD modelliertes Bild der Kaffeemaschine. Zur Linken steht „Turnus“ und der Name des Projekts „Espressomaschine“. Unter dem Titel ist der Verbindungsbutton.

Nach Betätigung wird in der leeren Fläche der Verbindungsvorgang angezeigt zur direkten Überwachung des Programmablaufs. Wenn alles abgeschlossen ist und es fehlerfrei funktioniert hat, erscheint ein grüner Text unter dem Knopf „Verbinden“. Der Knopf verblasst zugleich.

Nach Betätigung des Knopfes verbindet sich der PC mit der STM32 über den zugewiesenen COM-Port. Der COM-Port ist bei jedem PC anders und hängt auch von den angeschlossenen Geräten ab. Deshalb ist es notwendig bei der ersten Verbindung mit einem neuen PC den COM-Port auszulesen und im Code unter der Funktion „verbindenbuttonPushed“ der aktuellen einzutragen. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:

- Im Gerätemanager unter Anschlüsse (COM & Lpt). Der Port steht in Klammern hinter „STMElectronics STLink Virtual Com Port“
- Bei nur einem angeschlossenen gerät kann über den Command „serialportlist“ der entsprechende COM-Port über MATLAB ausgelesen werden

Sollte es bei der Kaffeemaschine zu einem defekt kommen, kann man mithilfe des „Debug“ Knopfes ein ausführlicher Startprozess gestartet werden. Dabei werden alle Magnetventile einzeln angesteuert und alle Sensoren einmal durchlaufen. Obacht Gefahr! Ggf. mit Professor absprechen. Wie beim normalen Verbinden kann hierbei nachverfolgt werden, was gerade geschieht und eventuelle Fehlerquellen ausfindig machen. Mit der Variable „zeit“ kann man das Programm je nach Belieben schneller oder langsamer ablaufen lassen.

7.2.2. Manueller Modus

Im Manuellen Modus ist die Bedienung der einzelnen Elemente umgesetzt worden. Auf dem großen Schaltplan ist der gesamte Ablauf der Kaffeemaschine dargestellt. Auf der rechten Seite können die Pumpe und das Dosierventil einzeln angesteuert werden. Darunter steuert man die Sensoren im Boiler. Ganz unten kann man jedes Magnetventil einzeln bedienen.

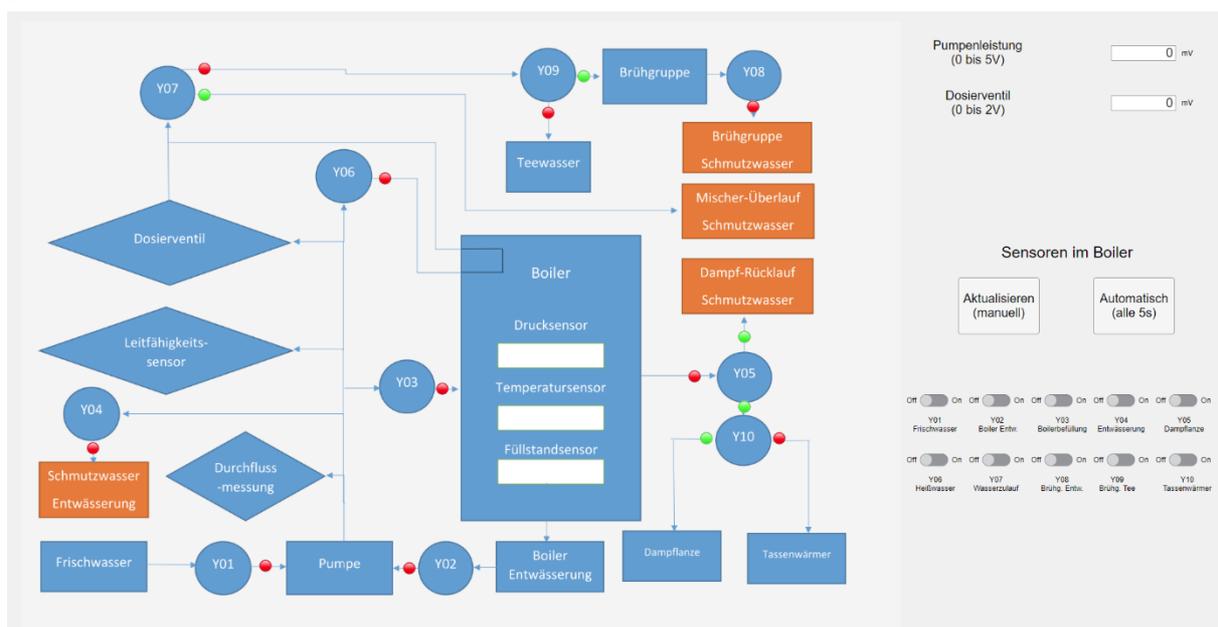


Abbildung 14: Manueller Modus

Beim Schaltplan wurden die Sensoren als Raute dargestellt. Die Magnetventile sind die blauen Kreise. Das Schmutzwasser bzw. der Auslauf wurde zur besseren Übersicht orange markiert. Die Lampen an den Magnetventilen stellen die jeweilige Stellung dar. „Rot“ für geschlossen und „grün“ für geöffnet. Im Boiler können die aktuellen Messwerte für den Drucksensor, den Temperatursensor und den Füllstand abgelesen werden. Der Schaltplan ist bereits der vollständige inklusive der Dampfzange und dem Tassenwärmer

Alle 10 Magnetventile sind von Y01 bis Y10 beschriftet, wie sie aus dem Hydraulikplan zu entnehmen sind. Jedes kann einzeln über einen einfachen Switch auf der rechten Seite geschaltet werden. Die Magnetventile sind mit den Lampen verknüpft, sodass diese auf dem Schaltplan auch immer den aktuellen Stand zeigt. Aufgrund der defekten SSR-Insel konnten die Magnetventile nie angesteuert werden. Deshalb muss zuerst überprüft werden ob die Ventile im Programm auch mit den richtigen Ventilen auf der Kaffeemaschine übereinstimmen. Da muss gegebenenfalls der Code noch angepasst werden, da das nicht von außen absehbar ist.

Die Pumpe erreicht bei 5V ihre maximale Leistung und wird deshalb auch nur zwischen 0 und 5 V gesteuert. Die Eingabe erfolgt in mV. Empfohlen werden zu Beginn 2000mV.

Das Dosierventil musste genauso wie die Pumpe gedrosselt werden auf 2V.

Die drei Sensoren können direkt auf dem Schaltplan abgelesen werden. Der Drucksensor gibt die Werte in Bar und der Temperatursensor gibt die Werte in °C aus. Der Füllstandsensord gibt nur an ob der Boiler „voll“ ist oder „nicht voll“. Es gibt 2 Modi die man benutzen kann zur Steuerung der Sensoren: den manuellen und den automatischen. Bei dem manuellen Modus kann man sich jederzeit die drei Werte ausgeben lassen. Bei dem automatischen aktualisieren sich die Messwerte standardgemäß alle fünf Sekunden für fünf Minuten. Dieser Wert lässt sich in der Funktion „automatisierenButtonPushed“ bei der Variable „zeit2“ und für „i=60“ ändern. Hierbei wird der Wert in Sekunden bzw. die Zahl i der Durchläufe eingegeben. Durch wiederholtes Drücken des „Automatisch“ Knopfs stoppt die automatische Messung und der letzte Wert bleibt auf der Anzeige.

7.3. Programme

Es wurden fünf Programme ergänzt, die die Grundfunktionen der Espressomaschine schalten. Dabei handelt es sich um die Befüllung des Boilers, den Kaffeebezug, die Reinigung der Brühgruppe, den Teewasserbezug und die Entwässerung des Boilers. Die Stellung der einzelnen Magnetventile wurde dabei dem Logikplan im Anhang [A7] entnommen.

8. Dichtheits- und Funktionsprüfung

(Daniele Fecondo, Philipp Wieland)

Im Rahmen der Projektarbeit ist eine Dichtheitsprüfung der gesamten Verrohrung, der Verschraubung des Boilerdeckels am Boilergehäuse und allen Anschlüssen am Boilerdeckel vorzuweisen. Ein besonderes Augenmerk gilt es der Verschraubung des Boilerdeckels an das Boilergehäuse zu richten. Diese hat bereits in der vorigen Projektarbeit eine Undichtigkeit aufgewiesen und wurde aus diesem Grund nachbearbeitet. Der Boiler steht



unter 1,8 Bar Druck. Dieser muss für eine korrekte Dichtigkeitsprüfung im Boiler anliegen.

Der erste Schritt zur Dichtigkeitsprüfung ist es, eine logische Schaltung der Magnetventile, zur Befüllung des Boilers, zu erstellen. Die Magnetventile sind im nicht bestromten Zustand immer geschlossen. Um den Boiler zu befüllen, müssen zunächst die Magnetventile Y01 und Y03 bestromt werden. Die restlichen Magnetventile können unbestromt bleiben.

Weiter ist darauf zu achten, dass die Getriebepumpe angesteuert wird. Sobald der Füllstandsgeber das Signal gibt, vollständig befüllt zu sein, kann die Heizwendel eingeschaltet werden. Die Heizwendel muss komplett unter Wasser stehen, da sie sonst überhitzen würde und dies zum Durchbrennen inklusiver das Fallen der Sicherung zur Folge hat. Mit dem Erhitzen des Wassers, steigt der Druck im Boiler an. Mit dem Drucksensor in der Dampfleitung kann der stetige Druck genau gemessen werden, sodass ein Bereich von 1100 mbar bis 1500 mbar eingestellt werden kann. Sobald die genannten Schritte der Reihe nach ausgeführt worden sind und der Boilerdeckel an der Anschlussstelle zum Gehäuse, sowie die weiteren Anschlüsse vorne keine Undichtigkeit aufweisen ist die Dichtigkeitsprüfung zum Teil beendet.

Der nächste Schritt ist es Wasser durch die Wasserwendel fließen zu lassen. Hierzu müssen die Magnetventile Y01, Y06, Y07 und Y08 angesteuert werden. Um einen Kaffeebezug zu realisieren, kann lediglich das Magnetventil Y08 unbestromt bleiben. Dadurch wird der Rücklauf in das Sammelbecken unterbunden. In Abbildung 15 ist eine Zusammenfassung der möglichen Schaltungen der Magnetventile.



Schaltung der Magnetventile

Boiler Befüllung

Magnetventile	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10
Bestromt	X		X							
Nicht Bestromt		X		X	X	X	X	X	X	X

Kaffeebezug

Magnetventile	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10
Bestromt	X					X	X			
Nicht Bestromt		X	X	X	X			X	X	X

Reinigung Brühgruppe

Magnetventile	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10
Bestromt	X					X	X	X		
Nicht Bestromt		X	X	X	X				X	X

Teewasserbezug

Magnetventile	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10
Bestromt	X					X	X		X	
Nicht Bestromt		X	X	X	X			X		X

Boiler Entwässerung

Magnetventile	Y01	Y02	Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10
Bestromt		X		X						
Nicht Bestromt	X		X		X	X	X	X	X	X

Abbildung 15: Logikplan der Magnetventile

Die Espressomaschine wurde dementsprechend auf Dichtigkeit geprüft. Die einzelnen Komponenten und auch der Boiler sind bei normalem Betrieb dicht. Lediglich das Magnetventil Y04 scheint bei erhöhtem Druck undicht zu sein. Es fließt trotz unbestromten und somit geschlossenem Zustand Wasser aus dem Ventil, sobald Druck von der Pumpe erzeugt wird. Dies ist soweit funktionseinschränkend, dass das Ventil aufgrund des Defektes ausgetauscht werden sollte. Bei der Funktionsprüfung verlief alles nach Plan. Die Magnetventile lassen sich alle ansteuern. Die Pumpe funktioniert einwandfrei, ebenso wie das Dosierventil. Zur Sicherheit sollte man allerdings aktuell die Pumpe nicht über 2000mV stellen, da sonst der Druck zu hoch wird für Y04. Die Sensoren geben alle einen Wert aus, der aber noch auf Richtigkeit überprüft werden muss.

9. Zusammenfassung und Ausblick

(Philipp Wieland, Daniele Fecondo)

Das Thema dieser Projektarbeit war die Inbetriebnahme der labortechnischen Espressomaschine. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf den finalen Schritten des Zusammenbaus der Maschine. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten sowie terminliche Verzögerungen, konnte die Funktion- sowie die Dichtheitsprüfung zum Ende des Projekts durchgeführt werden. Ein erster Kaffeebezug war aufgrund der aufwendigen Erarbeitung der Kennlinien und Sensorauswertungen nicht mehr möglich. Allerdings sind die Konstruktion der Brühgruppenhalterung, die Verrohrung, die Montage des Boilers und das Verlegen der gesamten Elektrik abgeschlossen.

Zum Bereich Verrohrung zur Weitergabe an nächste Projektgruppe: Im Bereich der Verrohrung sind noch die Umsetzung des Tassenwärmer, sowie das eventuelle Einbauen des vorhandenen Sammelblock oder das neue Konzipieren eines Sammelbeckens für die Espressomaschine notwendig.

Zum Bereich Programmierung an nächste Projektgruppe: Im Bereich der Programmierung ist noch das größte Potential zur Weiterentwicklung. Es sollte eine Lösung für das automatische Anschalten der Pumpe beim Einschalten der Maschine gefunden werden. Für eine fertige Kaffeemaschine sind noch einige Funktionen hinzuzufügen. Einige Funktionen fehlen noch für einen ersten Kaffeebezug. Zum einen muss die Zeit für das Wasser zum Vorheizen bis zur Soll-Temperatur ermittelt werden. Abhängig davon, wie lang das Wasser im Boiler steht, muss man eine Regelung des Dosierventils zur optimalen Mischung des heißen und kalten Wassers für den Kaffee- bzw. Teebezug festlegen. Ebenso kommt es auf die Wassermenge für jeweils einen Kaffee oder Espresso an. Für die richtige Abfolge der einzelnen Schritte muss auch ein Funktionsplan erstellt werden mit den dazugehörigen Zeitintervallen zwischen denen. Zur Reinigung des Boilers und der Brühgruppe muss fehlt auch ein passendes Reinigungsprogramm. Es ist schon die Stellung der Magnetventile für einige Funktionen gegeben und auch in MATLAB umgesetzt, aber diese müssen noch überprüft und zeitlich gegebenenfalls angepasst werden. Nach der Entwicklung einer passenden Regelungssoftware kann ein erster Kaffee bezogen werden.

10. Fazit

(Philipp Wieland)

Da der erste Kaffeebezug in der Kalenderwoche 51 angesehen worden war, in der Beschreibung der Projektarbeit, war das Ziel in unseren Augen bereits festgelegt. Wir haben trotz der ganzen Mahnungen von Herrn Rohnen und Defekte an der Maschine zwischen drinnen, immer wieder an diesem bzw. an dem zweiten Termin festgehalten. Die Einarbeitung hat mehr Zeit in Anspruch genommen. Auch der Bestellvorgang war ein ganz anderer als man ihn aus dem Alltag Zuhause kennt. Die Meilensteine konnten wir nicht einhalten, weil es immer wieder zu Verzögerungen kam. Teils selbst verschuldet, teils haben wir Wochen verloren durch Lieferschwierigkeiten und Defekte, die bereits in der Gruppe davor passierten (SSR-Insel). Die Kommunikation wurde über eine Person geregelt, um einen wilden E-Mailverhau zu vermeiden. Wir konnten auch nicht weit vorausplanen, da zu viel der zu tätigen Arbeiten von Lieferungen und Personen vor Ort abhingen. Die Verantwortlichen mit einem Schlüssel konnten auch nicht länger als ein bis zwei Wochen vorausplanen. Beim Programmieren fehlte es sowohl an Erfahrung als auch den Weitblick. Die Programme zu lernen, erfordert mehr Zeit als erwartet und bei neuen Sprachen dauert jeder Schritt ein Vielfaches an Zeit von dem was man kennt. Aus Projekten der vergangenen Semester war man es gewöhnt sich selbst Lösungswege zu erarbeiten. Wir hätten viel mehr kommunizieren müssen und den angebotenen Rat auch in Anspruch nehmen sollen. Es mangelte sowohl an Eigeninitiative als auch an der Bereitschaft sich Hilfe zu suchen. Das hätte uns viel Zeit erspart und das Projekt durchaus schneller vorangebracht.

Eine ausführlichere Stellungnahme zu den „Lessons Learned“ ist im Anhang [A8].

11. ~~Quellenverzeichnis~~



[1] Kilian Stach. Entwicklung einer labortechnischen Mehrkreis- und Mehrkessel-Espresso-maschine. Bachelor-Thesis. 2018.

[2] Rawad Alshikh, Frank Hadwiger, Timo Sieber. Inbetriebnahme der Labor-Espressomaschine. Projektarbeit. 2018.

[3] Tobias Blädel, Til Ahlgrim, Lukas Ankner, Yasin Bolat, Fabian Weber, Florian Michal. Weiterführung der Konstruktion einer Siebträger-Espressomaschine. Projektarbeit. 2020.

[4] Tolga Acar, Antonia Huber, Karim Ragab, Kerstin Seitz. Konstruktion der Brühgruppe und zugehöriger Siebträger für den 3D-Druck. Projektarbeit. 2021.

[5] Fabian Weber. Mechatronische Entwicklung und Inbetriebnahme einer labortechnischen Espressomaschine. Bachelor-Thesis. 2021.

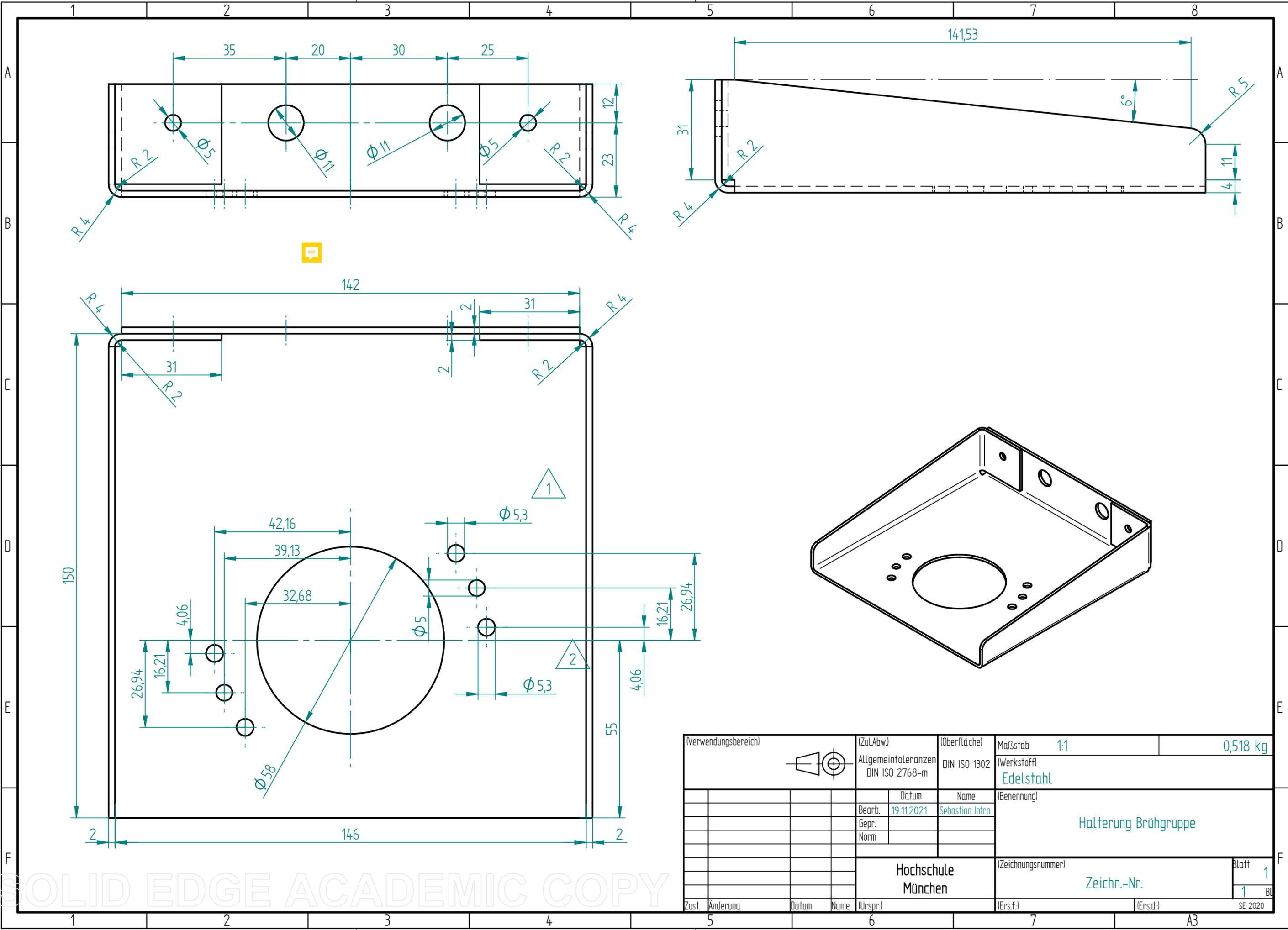
[6] Florian Johann Michal. Entwicklung und Inbetriebnahme des hydraulischen Aufbaus einer labortechnischen Espressomaschine. Bachelor-Thesis. 2021.

[7a] Volker Gnielinski. G3: Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Durchströmte Rohrwendel. in Peter Stephan et al. VDI-Wärmeatlas. Fachlicher Träger VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, 12. Auflage. Springer: Berlin 2019.

- [7b] Wolfgang Wagner, Hans-Joachim Kretzschmar. D2.1: Thermophysikalische Stoffeigenschaften: Stoffwerte von bedeutenden reinen Fluiden: Wasser. in Peter Stephan et al. VDI-Wärmeatlas. Fachlicher Träger VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, 12. Auflage. Springer: Berlin 2019.
- [7c] Hermann Nirschl. L1.2: Strömungsdynamik und Druckverlust: Einphasige Strömung: Druckverlust in durchströmten Rohren. in Peter Stephan et al. VDI-Wärmeatlas. Fachlicher Träger VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, 12. Auflage. Springer: Berlin 2019.
- [8] Christian Karpfinger. Höhere Mathematik in Rezepten. Begriffe, Sätze und zahlreiche Beispiele in kurzen Lerneinheiten, 3. Auflage. Springer: München 2017.
- [9a] Herbert Wittel et al. Roloff/Matek Maschinenelemente. Normung – Berechnung – Gestaltung, 23. Auflage. Springer: Wiesbaden 2017.
- [9b] Herbert Wittel et al. Roloff/Matek Maschinenelemente. Tabellenbuch, 23. Auflage. Springer: Wiesbaden 2017.
- [10] Eckehard F. Schmidt. Chemie Ingenieure Technik. Wärmeübergang und Druckverlust in Rohrschlangen. Ausgabe 39, 781–789 (1967).
- [11] Erwin Zauner. Vorlesungsskript Modul Thermodynamik und Wärmeübertragung I. Wärmeübertragung I. Hochschule München: 2020.
- [12] VDI. VDI 2055 Blatt 1. Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung – Berechnungsgrundlagen. September 2008.
- [13] Peter Hakenesch. Vorlesungsskript Modul Technische Strömungsmechanik. Fluidmechanik. 3. Auflage. Hochschule München: 2014.
- [14] EDQM. Metals and alloys used in food contact materials and articles. A practical guide for manufacturers and regulators. 1. Auflage. Council of Europe: 2013.
- [15] Informationsstelle Edelstahl Rostfrei. Merkblatt 914: Nichtrostender Stahl – wenn die Gesundheit zählt. 1. Auflage. ISER-Publikation: 2009.
- [16] KINGER Kempchen GmbH. KLINGER Kempchen. Dichtungen – Packungen – Kompositoren. www.klinger-kempchen.de: Oberhausen 2019.
- [17] Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- [18] Rat der europäischen Union. Richtlinie 98/83/EG des Rates: über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft: 1998.
- [19] Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des europäischen Parlaments und des Rates: über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen und zur Aufhebung der Richtlinien 80/590/EWG und 89/109/EWG. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft: 2004.

- [20] DIN e.V. (Hrsg.). DIN 50930-6: Korrosion metallischer Werkstoffe im Innenraum von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei der Korrosionsbelastung durch Wasser. Teil6: Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit. Beuth: Berlin 2001.
- [21] DIN e.V. (Hrsg.). DIN 28040:2013-09: Flanschverbindungen für Apparate. Flachdichtungen. Beuth: Berlin 2013.
- [22] DIN e.V. (Hrsg.). DIN EN 1514-1:1997: Flansche und ihre Verbindung – Maße für Dichtungen für Flansche mit PN-Bezeichnung. Teil 1: Flachdichtungen aus nichtmetallischen Werkstoffen oder ohne Einlagen. Beuth: Berlin 1997.
- [23] Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union. Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates: zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Neufassung): 2014.
- [24] Verband der Technischen Überwachungsvereine (Hrsg.). AD-Merkblatt B7: Berechnung von Druckbehältern. Schrauben. Beuth: Berlin 2017.
- [25] Betriebssicherheitsverordnung vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist.
- [26] Anna Gutenberger, Yasin Mahan, Michael Spießl, Artur Tomczak, [Entwicklung eines Bedienkonzeptes für eine espressomaschine und Simulation der Bedienung mit MATLAB® App Designer](#), Projektarbeit 2021
- [27] Andreas Goclik, Armin Rohnen, [Konzept Kaffee-Maschine](#), 2021
- [28] Fabian Sinn, Manuel Menrath, Niklas Vonderschnitt, [Weiterführung Inbetriebnahmelabor-technische espressomaschine, Neukonstruktion von Heizelementen und Wasserwendel, Projektarbeit 2021](#)
- [29] Janina Schulz, Simon Nantschev, Tomislav Marjanovic, Josef Hanswold, [Konstruktion einer 1,8 Liter Siebträger-Espressomaschine mit kalter Brühgruppe](#), Projektarbeit 2021
- [30] Patricia Viebke, Tamiem Sediq, Andreas Turbanisch, [Inbetriebnahme Mess-System zur Bestimmung von Durchflussraten, Druck und Temperaturverläufen von Siebträger -Espressomaschinen](#), Projektarbeit 2021
- [31] Armin Rohnen, [Erforschung eines Arbeitsablaufs für die Entwicklung integrierter elektronischer Systeme anhand des Beispiels einer Siebträger-Espressomaschine](#), 2021
- [32] La Marzocco, Patentschrift, Weighing Device for an Espresso Coffee Machine|Patentschrift, Weighing Device for an Espresso Coffee Machine [Datei:US020140137746A1 all pages.pdf](#)
- [33] La Marzocco, Patentschrift, Machine for preparing a beverage withrepeatable characteristics|Machine for preparing a beverage withrepeatable characteristics [Datei:EP000003270748B1 all pages.pdf](#)
- [34] La Marzocco, Patentschrift, Espresso Coffee Machine with adjustment of the dispensing pressure an method for adjusting the dispensing pressure of an Espresso Coffee Machine [Datei:WO002020094794A1 all pages.pdf](#)
- [35] Stephan Hase, [Inbetriebnahme des Pumpenprüfstands](#), Praxissemester Sommersemester 2021

- [36] La Marzocco, Patentschrift [WÄGEVORRICHTUNG FÜR EINE ESPRESSOKAFFEEMASCHINE UND ESPRESSOKAFFEEMASCHINE MIT EINER SOLCHEN VORRICHTUNG](#), EP 2 701 563 B1, 2015
- [37] Armin Rohnen, [Hydraulikplan 1,8 Liter Kaffeemaschine](#), 2021
- [38] Grobübersicht Projekt Kaffeemaschine: [Datei:20210506-AG01 Grobübersicht Projekt Kaffeemaschine-V004.pdf](#)
- [39] Marktüberblick Siebträger-Kaffeemaschinen: [Datei:20210506-AG01 Marktüberblick Siebträger-Maschinen-V001.pdf](#)
- [40] Armin Rohnen, [MATLAB® meets MicroPython](#), Vorabversion, 2021
- [41] Armin Rohnen, [STM32F411 nucleo - MATLAB® Schnittstelle](#), Stand November 2021
- [42] Wittel et. al., Roloff/Matek, Maschinenelemente, Normung, Berechnung, Gestaltung, 24., überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, 2019
- [43] Stommel, FEM zur Berechnung von Kunststoff- und Elastomerbauteilen, Hanser, 2018
- [44] materialise manufacturing, [Material Eigenschaften: PA12\(MIF\)](#), Stand Februar 2022
- [45] Angebote Armacell GmbH (Armaflex), [Angebote Armacell GmbH](#), Februar 2022
- [46] Armacell Bearbeitungsanleitung (Armaflex), [Armacell Bearbeitungsanleitung](#), Februar 2022
- [47] Angebote Armacell GmbH (Armaflex Boden), [Angebote Armacell GmbH \(Armaflex Boden\)](#), Februar 2022
- [48] Aluminiumklebebänder, [Aluminiumklebebänder](#), Februar 2022
- [49] Gregor Mietzsch, Marvin Baumgartner, [Konzeptentwicklung der Wägetechnik für eine Siebträgerspressomaschine](#), Februar 2022
- [50] Florian Christ, Philipp Seeholzer, Timo Mehlbeer, Stefan Weiderer, [Projektdokumentation Detailkonstruktionen 1,8 Liter Kaffeemaschine](#), 2022
- [51] Thonny Programm, <https://thonny.org/>, 2022
- [52] Pycharm, <https://www.jetbrains.com/de-de/pycharm/>, 2022



(Verwendungsbereich)	(Zul.Abw.) Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-m	(Oberfläche) DIN ISO 1302	Maßstab 1:1	0,518 kg
			(Werkstoff) Edelstahl	
			(Benennung)	Halterung Brühgruppe
			(Zeichnungsnummer)	Blatt 1
			Zeichn.-Nr.	1
Zust.	Aenderung	Datum	Name (Urspr.)	(Ers.f.) (Ers.d.)
			Hochschule München	SE 2020

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

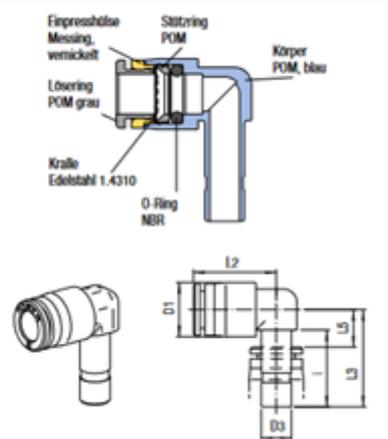


Winkel-Steckanschluss

für Schlauch D	Stecker D3	Zul. PB [bar] bei Mediumtemp.			I	L2	L3	D1	L5 ca.	Gewicht in [g]	Typ	Bestell- nummer	Preis
		Zul. PB bei Umg.-Temp.											
		20 °C	60 °C	80 °C									
4	4	16	16	12	17	18,6	21,4	12,4	6,6	3,5	911P-4-D4	348454	a. A.
4	6	16	16	12	18	18,6	22,4	12,4	6,7	3,6	911P-4-D6	348458	a. A.
6	4	16	12	10	17	19	21,4	12,4	6,6	4,1	911P-6-D4	348459	a. A.
6	6	16	12	10	18	19,1	22,4	12,4	6,7	3,7	911P-6-D6	348460	a. A.
6	8	16	12	10	20,5	21,6	25,9	14,4	8,3	5,7	911P-6-D8	348461	a. A.
8	8	16	12	10	20,5	21,1	25,9	14,4	8,3	5,4	911P-8-D8	348462	a. A.
8	10	16	12	10	24	25,4	32,1	17,2	12	8,4	911P-8-D10	348464	a. A.
10	10	16	12	10	24	26,1	32,1	17,2	12	11,2	911P-10-D10	348465	a. A.

Kunststoff
POM

Abbildung



Magnet drive gear pump-motor units FG200/FG300 series



The Fluid-o-Tech® FG series combines a 24V brushless DC drive motor in a rotor-less configuration with a high precision mag drive MG or PG series gear pump to deliver a high system capable of handling fluids in the most demanding applications. The service life of the unit, due to fewer moving parts and to the excellent balance of the system, is greatly extended compared to the traditional pump-motor units.

The integration of the pump, motor and variable speed controller provides an electromagnetically coupled, leak free unit with a high degree of versatility. The extreme accuracy of the design and of the finishing allows the unit to deliver a smooth and pulsation free flow in all conditions. A range of materials is available for a wide array of fluids.



MAIN APPLICATIONS

- Medical equipment
- Hemodialysis apparatus
- Laser apparatus
- Lubrication
- Ink-Jet printing systems
- Cooling systems
- Laboratory instrumentation
- Water treatment
- Sampling
- Food processing equipment



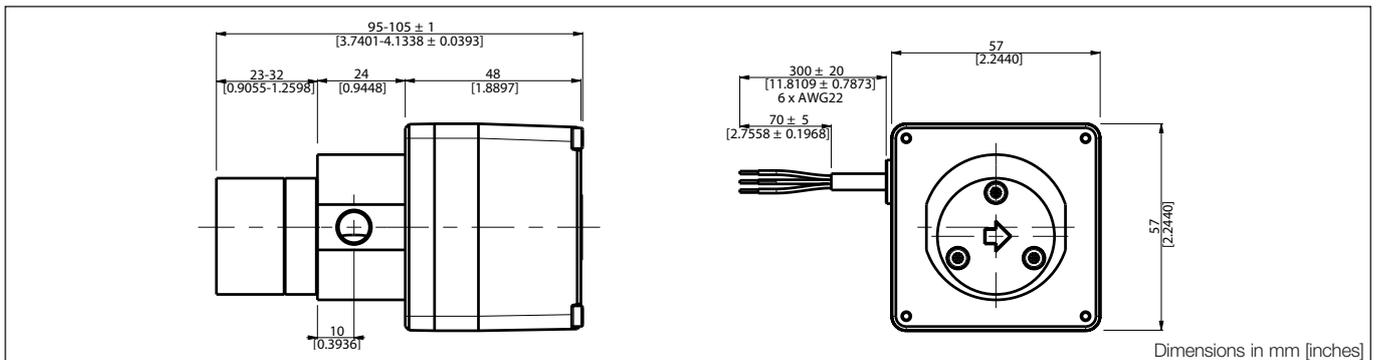
TECHNICAL INFORMATION

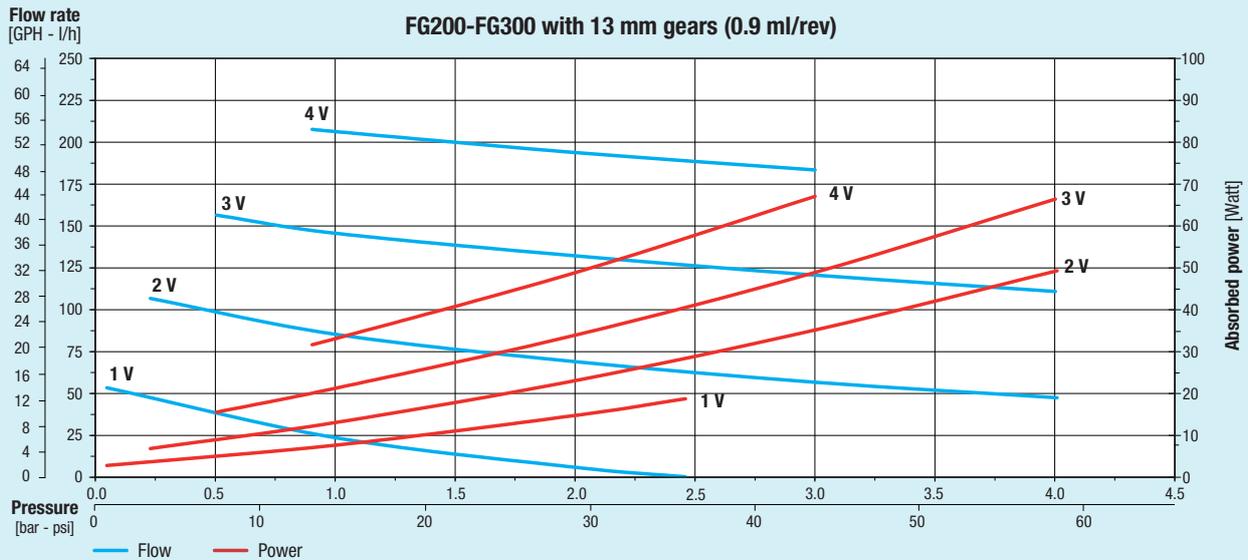
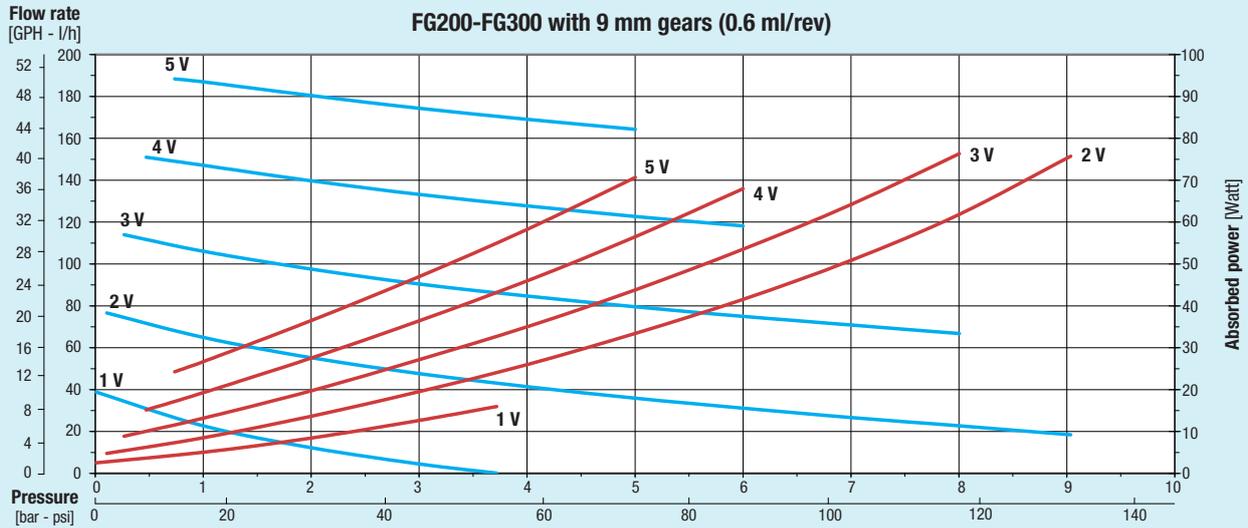
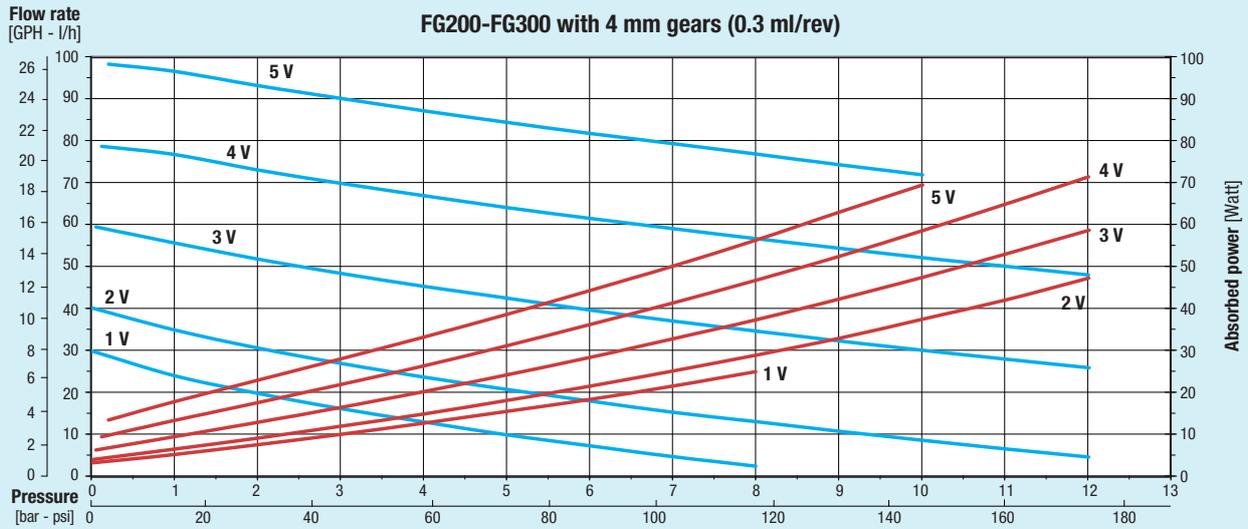
Pump housing material	AISI 316L or PPS	Motor type	24 V BLDC
Gears and bushing material	Peek/PTFE	Speed range	from 300 to 5000 rpm
Ports	1/8" GAS or NPT	Max output power	50 W
Max static pressure	20 bar/290 psi	Motor IP protection	IP 52
Max vacuum	724 mmHg/28.5 inHg	Insulation class	F
Wet lift with water*	~ 8 m/26.2 ft	Unit weight	AISI 316L 910g/2lb - PPS 550g/1.2lb

* Priming ability varies with operating conditions and fluid characteristics

OPERATING RANGE

Max ambient temperature	40 °C/104 F	70 °C/150 F	40 °C/104 F
Fluid temperature	95 °C/203 F	55 °C/131 F	40 °C/104 F
Max torque	30 mNm/4.2 in-oz at 5000 rpm	70 mNm/9.9 in-oz at 3500 rpm	100 mNm/14.1 in-oz at 3500 rpm
Min ambient temperature	5°C/41 F		





Note: Characteristics with water at 20 °C (68 F) and without relief valve. Fluids different from water must be validated by the Customer. Temperature requirements different from ambient temperature must be mentioned on the order. Different materials are available upon request. Use a filter before the pump inlet no larger than 10 micron

Fluid-o-Tech reserves the right to alter the specifications indicated in this catalogue at any time and without prior notice.

Fluid-o-Tech srl
Via Leonardo da Vinci, 40
20094 Corsico, Milano, Italy
Tel. +39 02 9995 01
Fax +39 02 9995 0999
info@fluidotech.it

Fluid-o-Tech Int'l Inc.
161 Atwater St.,
06479 Plantsville CT (USA)
Tel. +1 (860) 276 9270
Fax +1 (860) 620 0193
info@fluid-o-tech.com

Fluid-o-Tech Int'l Inc. Japan
201, 4-3-10, Todoroki,
Setagaya, Tokyo 158-082, Japan
Tel. +81 (0) (3) 6432 1812
Fax +81 (0) (3) 6432 1813
erkkato@fluidotech.jp

Fluid-o-Tech Asia (Beijing) Co., Ltd
Jingwei Industrial Zone,
Beifang Huairou, Beijing, 101400, PRC
Tel. +86 (0) (10) 6168 4650
Fax +86 (0) (10) 6168 4651
info@fluidotech-asia.com



Important information:

Please read the operating manual carefully before using the unit.



Warnings

- For food applications the pump (even when NSF listed) needs to be sanitized by circulating water at 80 °C/176 F for at least 20 minutes. Water used for this operation must not be reused, either during the sterilization or later, but must be discharged.
- The magnetic coupling does not guarantee a defined value of the discharge pressure. Should it be necessary to protect the hydraulic circuit from any possible fluid hammers generated by the pump, it is vital using a pump, equipped with a bypass or a safety valve to be installed after the pump itself.
- NEVER connect PWR GND and 0V together, otherwise the integrated electronic board can be seriously damaged resulting in MOTOR FAILURE.
- In order to avoid any accidental ingress of solid matter which might damage the internal components of the pump, it is recommended removing the two protection caps placed on the inlet and outlet ports of the pump only immediately before mounting the fittings and the pipework.
- Particular care must be taken when connecting the pump with fittings in order to avoid leaks.
- If a sealing fluid or Teflon® tape is used, do not allow any to enter the pump. It is advisable to use stainless steel or plastic fittings.
- To prevent damage to the pump, do not run it dry.
- Disconnect the power supply before removing the pump.
- Shut down the power supply of the unit when connecting to external control equipment.
- Do not let liquid enter this pump drive.

Warranty

Every new unit manufactured by Fluid-o-Tech is guaranteed to be free of defects in workmanship and material when leaving the factory for a period of 18 months from the production date stamped on the pumps's housing, plus a period of 6 months to cover the warehouse and transit time, or for a period of maximum 24 months from the purchasing date to the first product use. In no event shall this period exceed 24 months from date of original invoice.

Fluid-o-Tech will repair or replace at its judgement part or all of the product not conforming to this warranty.

Fluid-o-Tech's responsibility under this warranty is limited to the repair or replacement of defective equipment returned to us on a D.A.P. basis, providing that our analysis discloses that such part or parts were defective at the time of sale.

The warranty is not recognized if:

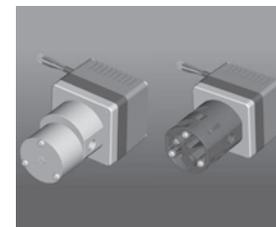
- The directions on how to handle, install or operate the pump are disregarded.
- The unit has been disassembled or modified by anyone other than a Fluid-o-Tech (or authorized by Fluid-o-Tech) engineer or repaired with non original components.
- The pump operated dry or in cavitation.
- Solid extraneous particles are found in the pump.
- Evident signs of over pressure are observed.
- The pump has been utilized for an application for which it was not intended to be used where the operating conditions and/or the pumped liquid were incompatible with the pump itself and such application has not been specifically approved by Fluid-o-Tech.
- In case of pumps equipped with relief valve, the operating pressure results to be less than 1 bar (14.5 psi) below the relief valve setting. Normal wear and tear is not covered by the present warranty.

The adjustment or replacement of defective parts made under this warranty will not extend the original warranty period.



Fluid-o-Tech
POWER THE FLOW

INSTRUCTION MANUAL



PUMP-MOTOR UNIT FG SERIES

This integrated pump-motor unit is composed by a Fluid-o-Tech mag drive gear pump and a BLDC 24V motor. The units are available in 2 different versions: with or without the integrated electronic driver. Concerning the technical features of the version without

the integrated electronic driver, please refer only to the relevant paragraph "PIN FUNCTION: VERSION WITHOUT ELECTRONIC DRIVER". This version needs that the customer builds a dedicated controller that manages the rotating magnetic field.

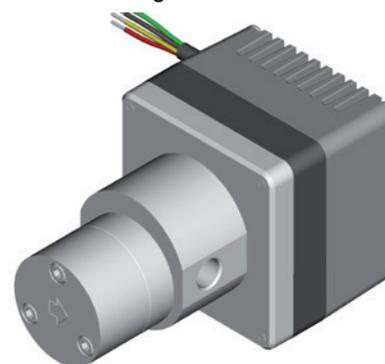
OPERATING WORKING CONDITIONS

Nominal torque	100 mNm @ 3500 rpm
Speed range	from 300 to 5000 rpm
Direction of rotation	clockwise / counterclockwise*
Min ambient temperature	5° C/41 F
Max ambient temperature	40° C/104 F at the maximum torque (70° C/158 F at 70 mNm torque)
Max fluid temperature	55° C/131 F at the maximum torque (95° C/203 F at the lower torque)
Unit protection level	IP52 only for the version with electronic driver
Max relative humidity	90% without condense
Storage temperature	- 20° C + 85° C/ - 4 F + 185 F

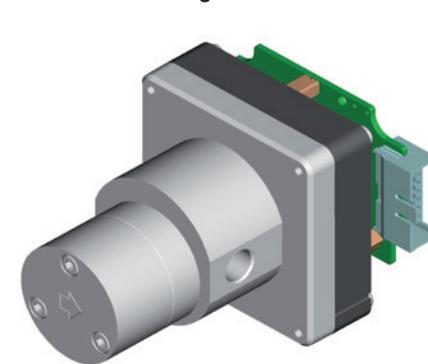
* counterclockwise available only for the version without electronic driver

THE TWO VERSIONS

With integrated electronic driver



Without integrated electronic driver



MANUAL - FG en - 09/18 Ed.

Fluid-o-Tech reserves the right to alter the specifications indicated in this catalogue at any time and without prior notice.

Fluid-o-Tech srl
Via Leonardo da Vinci, 40
20094 Corsico, Milano, Italy
Tel. +39 02 9995 01
Fax +39 02 9995 0999
info@fluidotech.it

Fluid-o-Tech Int'l Inc.
161 Atwater St.,
Plantsville CT (USA) 06479
Tel. +1 (860) 276 9270
Fax +1 (860) 620 0193
info@fluid-o-tech.com

Fluid-o-Tech Int'l Inc. Japan
201, 4-3-10, Todoroki,
Setagaya, Tokyo 158-082, Japan
Tel. +81 (0) (3) 6432 1812
Fax +81 (0) (3) 6432 1813
erkato@fluidotech.jp

Fluid-o-Tech Asia (Shanghai) Co., Ltd.
2/F, Factory building 6 (1), No. 258, Zhijiang Road,
Fengxian District, Shanghai City, Z.P.: 201499 China
Tel. +86 (021) 67100 838
Fax +86 (021) 67100 605
info@fluidotech-asia.com

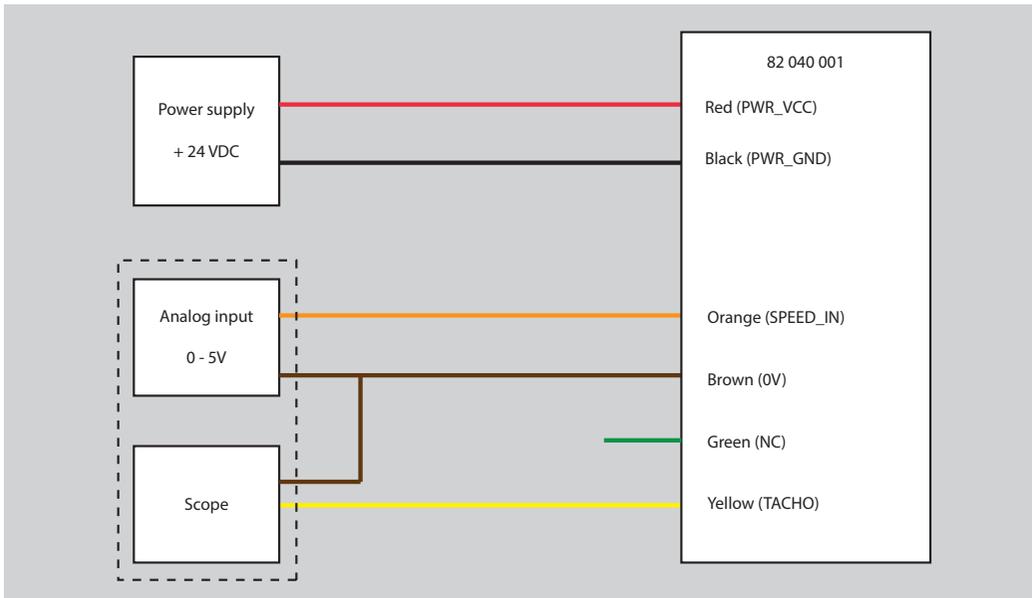
www.fluidotech.com

PIN FUNCTION: VERSION WITH ELECTRONIC DRIVER

WIRE COLOR	SYMBOL	DESCRIPTION	
Red	PWR_VCC	Power supply (+24V)	
Black	PWR_GND	Power ground (0V)	
Orange	SPEED IN	Analog input speed command 0-5V	
		Input voltage	Output (rpm)
		$I_n < 0.2V$	0
		$0.3V < I_n < 5V$	300 > Out > 5000 linearity speed vs command +/- 5% with no load
Brown	0V	0V speed command	
Yellow	TACHO OUT (SPEED OUT*)	DC output voltage: 0-5V DC output source current: max. 5 mA Output square signal frequency: max. 2.7 KHz	
Green	DIRECTION	DC input voltage Vd Vd < 2V: clockwise direction (pump side) Vd > 4V: counterclockwise direction (pump side)	
IMPORTANT NOTE: NEVER connect PWR GND and 0V together, otherwise the integrated electronic board can be seriously damaged resulting in MOTOR FAILURE <i>* Speed [rpm] = Frequency [Hz] * 60/32 (TTL logic, push-pull driver in serial with a 390 Ω resistor)</i>			

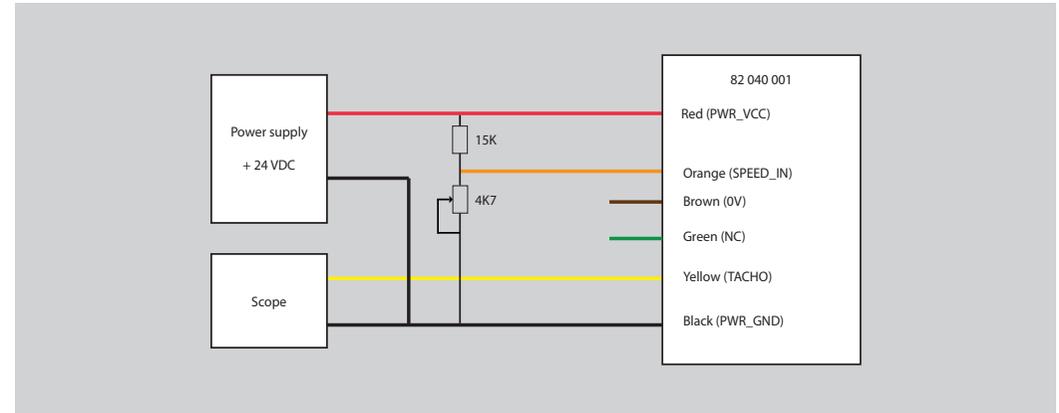
ELECTRICAL CONNECTION

to maintain separated the two 0V reference connections (PWR GND and 0V)



POSSIBLE ALTERNATIVE CONNECTION

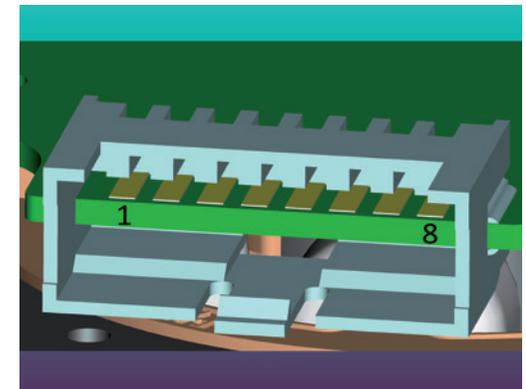
NOT connect the 0V speed command (brown) (in this case the speed linearity vs command can be > 5%)



PIN FUNCTION: VERSION WITHOUT ELECTRONIC DRIVER

HALL			PHASE			ROTATION	
H1	H2	H3	L1	L2	L3	CW	CCW
0	1	1	+		-	↓	↑
0	0	1		+	-		
1	0	1	-	+			
1	0	0	-		+		
1	1	0		-	+		
0	1	0	+	-			

8 POLES ROTOR	
REF	CONNECTION*
1	Hall supply (4.5 - 18V) Max current: 20mA Output: NPN, open collector
2	GND
3	Output Hall 3
4	Output Hall 2
5	Output Hall 1
6	Coil 3 R = 0.65 Ω +/- 10%
7	Coil 2 R = 0.65 Ω +/- 10%
8	Coil 1 R = 0.65 Ω +/- 10%
Hall sensors electrical commutation 120 °	
Nominal voltage: 24V Max. voltage: 50V Max wire temp.: 120 °C	



*Board supplied with shell Tyco 8 stripes (1-964575) compatible with connector 2.5 mm 8 positions, Tyco code 1-966194-8 or 3-829868-8

MOTOR FEATURES*

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V PWR VCC	Power supply (+24V DC)	-35	24	35	V
I VCC	PWR_VCC current	0	2	4	A
V SPEED_IN	Analog input speed command	-5	5	15	V

FUNCTIONAL RANGE					
SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V PWR VCC	Power supply (+24V DC)	20	24	29	V
I VCC	PWR_VCC current	-	-	3.5	A
SPEED	Speed out	300	-	5000	rpm
TORQUE	Torque out	0	-	100	mNm

DC CHARACTERISTICS AT 24V, AMBIENT TEMPERATURE = 25 °C/77 °F					
SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Rin	Input impedance	-	162	-	K Ω
Voh	High level output voltage	3.8	4.4	-	V
Vol	Low level output voltage	-	0.1	0.44	V
Io	Output current	-	-	20	mA
IVCC	Supply current	-	60	-	mA

* The table is referred to the version with integrated electronic driver

Thermal protection

The motor has an internal thermal protection built in the drive board. The thermal upper limit is 120 °C/248 F and when this value is reached the motor is automatically stopped. To restart the system, speed input signal must be set to 0 and the internal temperature must be under 110°C/230 F.

Maximum power & current at 25 °C/77 F ambient and fluid

Under continuous duty (> 30 min of continuous operation) the maximum input power of the unit is 60 Watt (2.5A max) at any speed command. Under intermittent duty (ON-OFF mode) the maximum instantaneous input power of the motor is 84 Watt (3.5A max). This has to be considered the upper limit at any speed command.

A lower input power is necessary with:

- air temperature around motor casing >25° C/77 F
- fluid temperature >25° C/77 F
- absence of motor ventilation

We recommend, in the above conditions, performing a thermal transient test on your specific application, layout and duty cycles.

Under/Over voltage protection

The motor has an internal under voltage protection set at 15.5V. When this limit is reached, the motor is automatically stopped. To restart the system the power supply voltage must be over 16.5V and the speed input must be set to 0.

The motor has an internal over voltage protection set at 30V. When this limit is reached the motor is automatically stopped. To restart the system the power supply voltage must be under 29V and the speed input must be set to 0.

Motor stall protection

The motor has a motor stall protection. The motor is automatically stopped if it is not able to rotate for 1 second. To restart the system the speed input must be set to 0.

OPERATING CONDITIONS

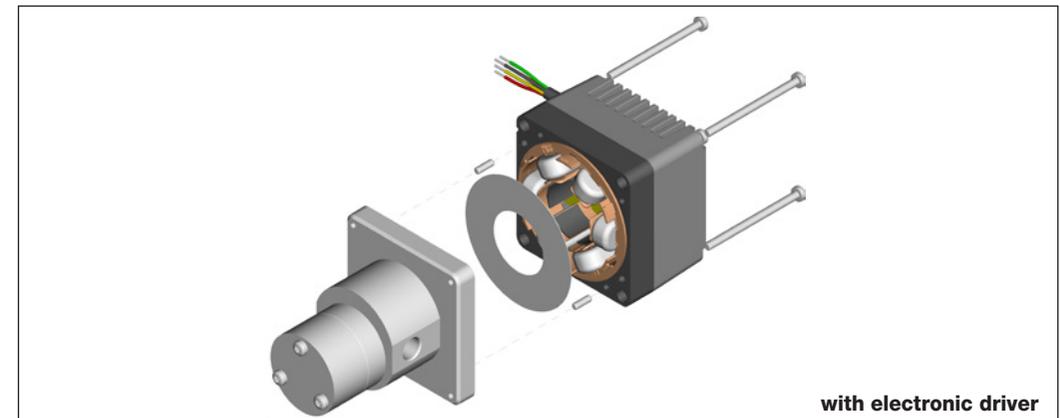
Ensure that the pump materials are compatible with the pumped fluid. Fluid-o-Tech pumps are designed to handle clean water at ambient temperature.

Any other fluid and/or operating condition need to be tested and approved by the customer and verified by Fluid-o-Tech. It is strongly recommended, especially for the inlet, using a pipe with an inner diameter sufficient to handle the pump's capacity. This will avoid cavitation and consequent failure of the pump. The discharge pressure must not exceed 12 bar (174 psi) in any event.

The piping on the discharge side should therefore be able to handle a pressure of 12 bar (174 psi). We suggest a 1.5 safety factor. It is also recommended installing a filter before the pump capable of keeping out particles larger than 10 µm which could cause fast wear of the internal components, and with a surface area large enough not to cause hydraulic losses in the circuit. It is also important to check periodically the filter cartridge. In order to keep the filter under control, it is advisable to install a vacuum gauge after the filter. In case the vacuum increases more than 0.1 bar (1.45 psi), the cartridge should be cleaned or changed. For long pump life, the pumped fluid must not contain any solid particle. Although the magnet drive gear pumps are self-priming, they should operate under wetted conditions, as dry running will cause accelerated wear of the internal components. A dirty filter or an insufficient inlet supply of water can cause cavitation and accelerated wear of the internal components of the pump. If the suction line

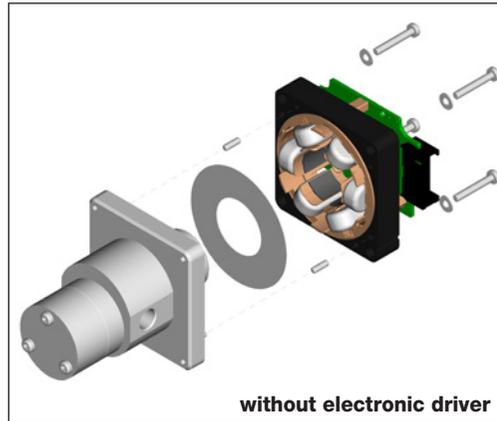
is subject to low pressure or flow, it is recommended fitting a pressure/level switch before the pump in order to switch the motor off when that happens. It is also recommended to protect the system from accidental overpressure with safety devices such as a pressure relief valve or a pressure switch connected to the motor. It is not advisable to install solenoid valves in the circuit; however, if necessary, the solenoid valve should only be installed after the pump. Solenoid valves installed before the pump should be avoided at all times. The internal diameter of the solenoid valve should be appropriately sized for the pump capacity. In order to avoid pressure spikes the solenoid valve should only be operated after the pump has stopped, allowing a few seconds to go by after the motor has been switched off. If the pump is equipped with a relief valve (bypass), it will act, in case of accidental overpressure, to limit the pressure, by means or recirculating the fluid internally. The relief valve is not a flow regulator, and should not be used as such. If used as a flow regulator, the excess fluid will recirculate within the pump, through the relief valve, and the pump may fail. The maximum differential pressure should be at least 1 bar (14.5 psi) lower than the relief valve setting in order to avoid fluid recirculation and therefore loss of capacity and ultimately failure. Due to magnetic coupling, the pump does not require a mechanical seal to prevent leakage. This eliminates the usual problems associated with the use of a mechanical seal. The maximum pressure varies with pump model and speed. As the differential pressure decreases the flow rate will increase.

ASSEMBLING AND DISASSEMBLING THE UNIT TO REPLACE THE PUMP OR THE MOTOR



- 1) Unscrew the 4 screws on the back side of the motor
- 2) Separate motor and pumphead
- 3) Replace the pump or the motor as needed
- 4) Position the plastic ring around the metal magnet cup
- 5) Position the 2 pins inside the 2 holes in the square flange
- 6) Assemble pumphead and motor inserting the 2 pins into the motor holes
- 7) Tighten the 4 screws at 1 Nm +/- 0.2

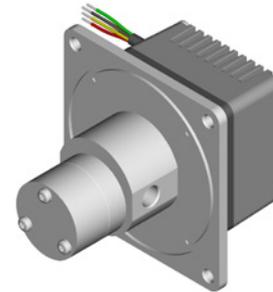
- 1) Unscrew the 4 screws on the back side of the motor
- 2) Separate motor and pumphead
- 3) Replace the pump or the motor as needed
- 4) Position the plastic ring around the metal magnet cup
- 5) Position the 2 pins inside the 2 holes in the square flange
- 6) Assemble pumphead and motor inserting the 2 pins into the motor holes
- 7) Tighten the 4 screws at 1 Nm +/- 0.2



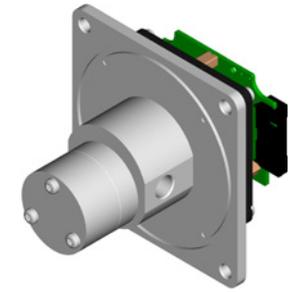
“BULKHEAD” MOUNTING (60-08-02)

The “bulkhead” bracket is integrated with the pump. The o-ring dimensions are Di 69.57 mm T 1.78 mm.

With integrated electronic driver



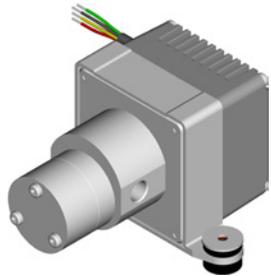
Without integrated electronic driver



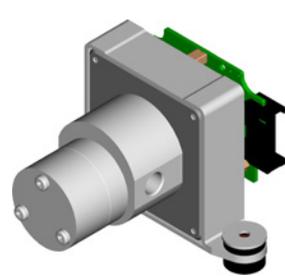
“C” MOUNTING (94-83-02)

Position the bracket on the stator (12 mm black section) and fix the unit by tighten the 2 feet with 2 M4 screws.

With integrated electronic driver



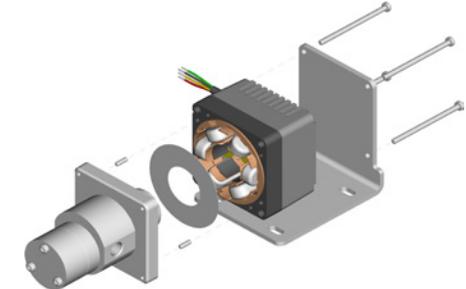
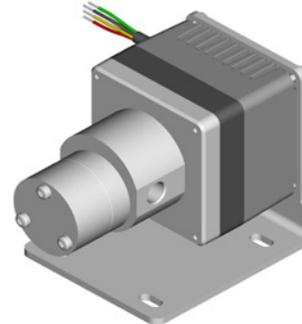
Without integrated electronic driver



“FOOT” MOUNTING (94-08-04)

Please refer to the paragraph titled “Assembling and disassembling the unit to replace the pump or the motor”. Remember to remove and replace the screws with M3x50 in steel class A2-70 ones.

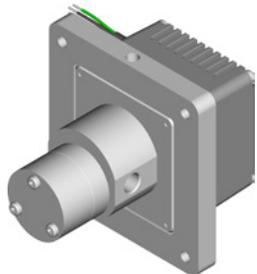
With integrated electronic driver



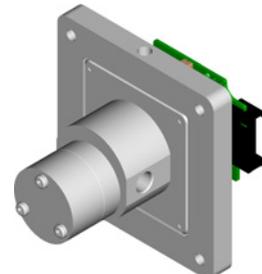
“FRAME” MOUNTING (94-83-01)

Fix the frame on the stator (12 mm black section) with 2 M5 set screws on the 2 sides. Use the 4 holes diameter 5 mm on the frame corners for fixing the unit by M4 screws.

With integrated electronic driver



Without integrated electronic driver



CERTIFICATION

NSF listed FG units available for drinkable liquids. For the model details, please refer to the official NSF website (direct link available on www.fluidotech.it) Pump/Motor units are considered a part of machine, and therefore supplied with the “CE” mark, and will satisfy the requirements of the following Directives:

- Directive 94/9/CE of the European Parliament and of the Council, of 23rd March 1994, related to equipments and protection devices intended to be used in potentially explosive environments - ATEX.
- Directive 2004/108/EC of the European Parliament and of the Council, of 15th Dec 2004, related to the Electromagnetic Compatibility – EMC.
- Directive 2006/95/EC of the European Parliament and

of the Council, of 12th Dec 2006, related to the electric material intended to be used within specified voltage limits – DBT.

- Directive 94/9/EC of the European Parliament and of the Council, of 23rd March 1994, related to equipments and protection devices intended to be used in potentially explosive environments - ATEX.
- Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council, of 27 January 2003, on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment – RoHS.

A Fluid-o-Tech Declaration of Conformity can be requested to state compliance with the above Directives.

**The versions without the integrated electronic driver are certified only NSF and CE*

Dosierventile Typ EFC 11 PPSU



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

Bauart	Motorisch betriebene Präzisions-Kegeldrossel
Benennung	Elektronisches Dosierventil
Typbezeichnung	EFC-11-958P...-U10-51, EFC-11-955P3...-U10-51
Nennweite	DN 0,5 / DN 1 / DN 1,5 / DN 2 / DN 3 / DN 4 / DN 5
Anschluss	ELSA-Steckanschluss für Rohr/Schlauch AD 4, AD 6 bzw. AD 8
Umgebungstemperatur	0 °C bis +60 °C
Mediumstemperatur	0 °C bis +80 °C
Werkstoff Körper	PPSU (KTW zugelassen, NSF zertifiziert)
Werkstoff Spindel	1.4404
Werkstoff O-Ringe	FKM, bzw. EPDM
Werkstoff Gehäuse	PPS GF40 (UL94-V0)
Befestigungsart	über Skt.-Schraube M3 DIN931 in Nut bzw. Federklammer innere Weite Ø18-22 am Gehäuse (nicht im Lieferumfang enthalten)
Einbaulage	vorzugsweise stehend
Zulassung	NSF/ANSI 169

PNEUMATISCH - HYDRAULISCH

Nenndruck	PN 8 (DN 0,5-3), PN 6 (DN 4-5)
Druckbereich	0 bar bis 8 bar (DN 0,5-3), 0 bar bis 6 bar (DN 4-5)
Durchflusswert	Kv-Wert, Qnn-Wert gemäß Tabelle
Durchflussmedien	gasförmige oder flüssige Medien, die die angegebenen Werkstoffe nicht angreifen
Verunreinigungen	die Vorschaltung eines Filters mit einer Maschenweite von 0,1 mm wird empfohlen (z.B. SMF-958P3-...-100)
Zykluszeit	700 ms bei 30 % (komplett geöffnet bis komplett geschlossen oder umgekehrt)
Ansprechzeit	<150 ms (kürzere Ansprechzeit auf Anfrage)
Totzeit	nach erfolgter Verstellung reagiert das Ventil erst nach einer Totzeit von 400 ms (geringere auf Anfrage)

ELEKTRISCH

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

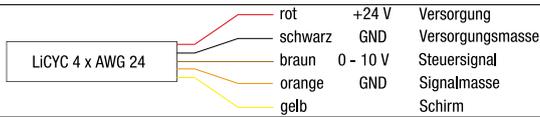
Achtung! PPSU sollte nicht eingesetzt werden in Kontakt mit aromatischen Kohlenwasserstoffen, oxidierenden Säuren, Aceton, Chlorkohlenwasserstoffen, Ether und Ketonen! Auch sollte PPSU nicht direkt in Kontakt mit anaeroben Klebstoffen gebracht werden!

Dosierventil Typ EFC 11-958

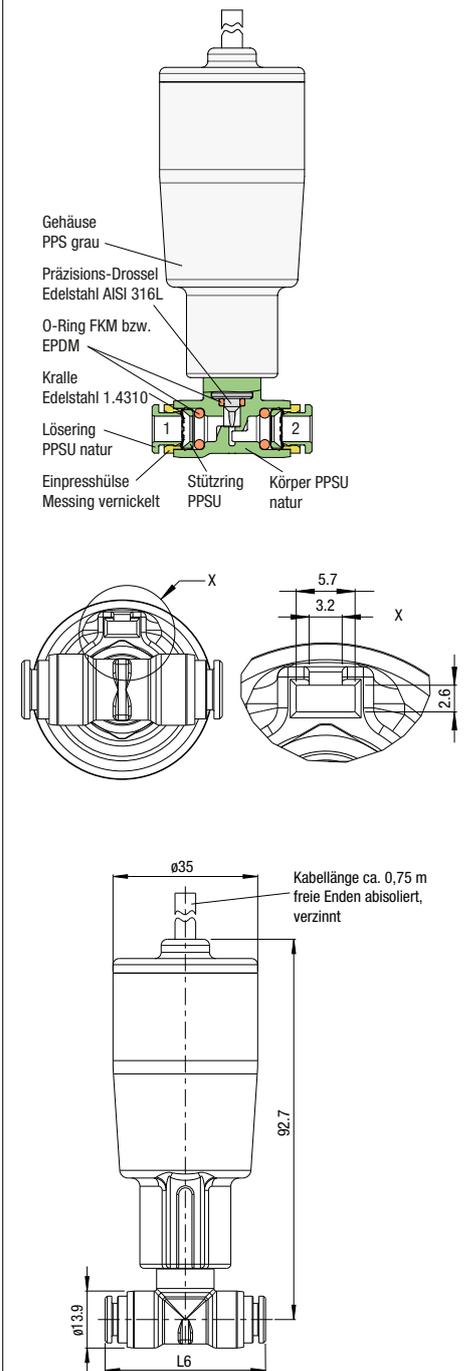
 Preis Gruppe **630**

PN 8

 Umg.-Temp. T_{\min} 0 °C, T_{\max} +60 °C
 Med.-Temp. T_{\min} 0 °C, T_{\max} +80 °C

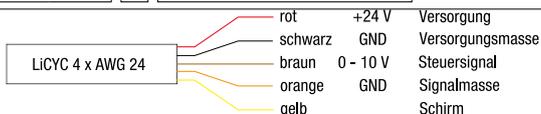
Kunststoff PPSU


für Schlauch D	DN	Kv-Wert Wasser [l/min]	Q ₉₀ -Wert 0-x [l/min]	L6	Dichtwerkstoff	Typ	Bestellnummer
4	0,5	0 - 0,25	0 - 15	37,8	FKM	EFC-11-958P305-4FF-U10-51	690531
4	0,5	0 - 0,25	0 - 15	37,8	EPDM	EFC-11-958P305-4PF-U10-51	690529
6	0,5	0 - 0,25	0 - 15	38,6	FKM	EFC-11-958P305-6FF-U10-51	690527
6	0,5	0 - 0,25	0 - 15	38,6	EPDM	EFC-11-958P305-6PF-U10-51	690525
4	1	0 - 0,75	0 - 50	37,8	FKM	EFC-11-958P310-4FF-U10-51	690532
4	1	0 - 0,75	0 - 50	37,8	EPDM	EFC-11-958P310-4PF-U10-51	690530
6	1	0 - 0,75	0 - 50	38,6	FKM	EFC-11-958P310-6FF-U10-51	690528
6	1	0 - 0,75	0 - 50	38,6	EPDM	EFC-11-958P310-6PF-U10-51	690526
4	1,5	0 - 1,35	0 - 85	37,8	FKM	EFC-11-958P315-4FF-U10-51	690510
4	1,5	0 - 1,35	0 - 85	37,8	EPDM	EFC-11-958P315-4PF-U10-51	690507
6	1,5	0 - 1,35	0 - 85	38,6	FKM	EFC-11-958P315-6FF-U10-51	690504
6	1,5	0 - 1,35	0 - 85	38,6	EPDM	EFC-11-958P315-6PF-U10-51	690501
4	2	0 - 1,8	0 - 120	37,8	FKM	EFC-11-958P320-4FF-U10-51	690511
4	2	0 - 1,8	0 - 120	37,8	EPDM	EFC-11-958P320-4PF-U10-51	690508
6	2	0 - 1,8	0 - 120	38,6	FKM	EFC-11-958P320-6FF-U10-51	690505
6	2	0 - 1,8	0 - 120	38,6	EPDM	EFC-11-958P320-6PF-U10-51	690502
6	3	0 - 2,4	0 - 190	38,6	FKM	EFC-11-958P330-6FF-U10-51	690506
6	3	0 - 2,4	0 - 190	38,6	EPDM	EFC-11-958P330-6PF-U10-51	690503

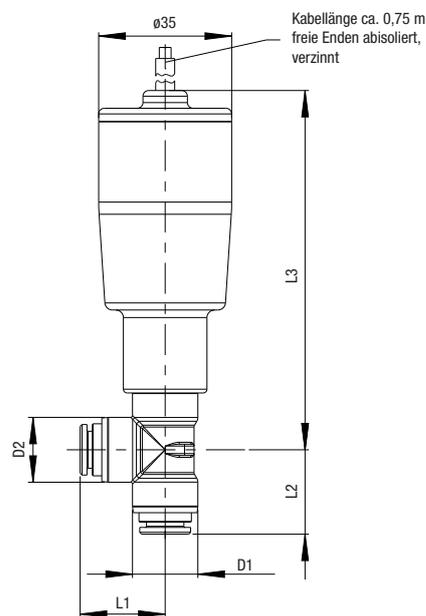
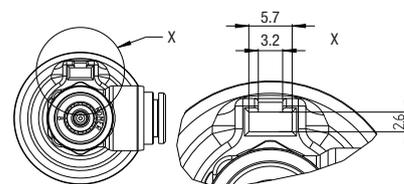
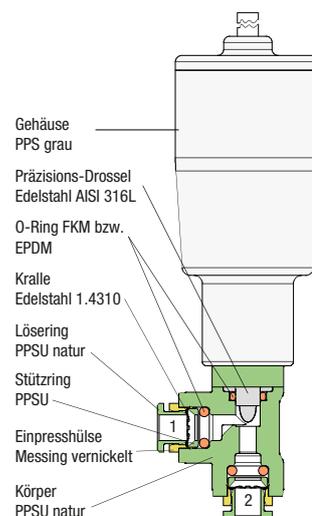
Abbildung


Dosierventil Typ EFC 11-955

 Preis Gruppe **630** PN 6 Umg.-Temp. T_{min} 0 °C, T_{max} + 60 °C
 Med.-Temp. T_{min} 0 °C, T_{max} + 80 °C

 Kunststoff PPSU


für Schlauch D	DN	Kv-Wert Wasser [l/min]	Qnn-Wert 0-x [l/min]	L1	L2	L3	D1	D2	Dichtwerkstoff	Typ	Bestellnummer
6	3	0 - 3,7	0 - 220	19,3	19,3	92,7	13,9	13,9	FKM	EFC-11-955P330-6FF-U10-51	690543
6	3	0 - 3,7	0 - 220	19,3	19,3	92,7	13,9	13,9	EPDM	EFC-11-955P330-6PF-U10-51	690544
8	3	0 - 4,2	0 - 245	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	FKM	EFC-11-955P330-8FF-U10-51	690541
8	3	0 - 4,2	0 - 245	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	EPDM	EFC-11-955P330-8PF-U10-51	690542
6	4	0 - 5	0 - 320	21,9	21,9	95,3	17,2	17,2	FKM	EFC-11-955P340-6FF-U10-51	690548
6	4	0 - 5	0 - 320	21,9	21,9	95,3	17,2	17,2	EPDM	EFC-11-955P340-6PF-U10-51	690545
8	4	0 - 7	0 - 400	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	FKM	EFC-11-955P340-8FF-U10-51	690549
8	4	0 - 7	0 - 400	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	EPDM	EFC-11-955P340-8PF-U10-51	690546
8	5	0 - 9,3	0 - 480	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	FKM	EFC-11-955P350-8FF-U10-51	690547
8	5	0 - 9,3	0 - 480	22,4	22,4	95,3	17,2	17,2	EPDM	EFC-11-955P350-8PF-U10-51	690550

Abbildung


Leitfähigkeitssensoren Typ ICS PPSU

Inline Conductivity Sensor

ICS der neue Inline Leitfähigkeitssensor von AVS Römer


 Push-in Fittings


 NSF
 COMPONENT


Inline Leitwertensensor zur Leitfähigkeitsmessung von flüssigen Medien.

Die keramische Leitfähigkeitsmesszelle kombiniert mit den bewährten ELSA-Steckverschraubungen aus PPSU findet Ihren Einsatz vornehmlich im Lebensmittelbereich.

Weitere Merkmale:

- geringer Totraum
- optional mit temperaturkompensierter Auswerteelektronik
- Werkstoffe und Bauart u.a. für Lebensmittel-Anwendung optimiert

Varianten / Optionen:

- anderer Werkstoff für Dichtung
- auf Anfrage mit Modbus erhältlich
- auf Anfrage ohne Elektronik erhältlich

KENNGRÖSSEN
ALLGEMEIN

Bauart	keramische Leitfähigkeitsmesszelle
Benennung	Leitfähigkeitssensor
Typbezeichnung	ICS-2-958P3 / ICS-3-958P3
Nennweite	DN 4
Anschluss	ELSA-Steckanschluss für Rohr/Schlauch AD 4-6
Umgebungstemperatur	0 °C bis +60 °C
Mediumtemperatur	0 °C bis +140 °C, Leitfähigkeit kann nur bis +95 °C gemessen werden.
Werkstoff Körper	PPSU (KTW zugelassen, NSF zertifiziert)
Werkstoff Leitfähigkeitsmesszelle	Al ₂ O ₃ , Pt, Glas
Werkstoff O-Ringe	FKM, bzw. EPDM
Befestigungsart	über Federklammer innere Weite Ø 30-32 (nicht im Lieferumfang enthalten)
Einbaulage	vorzugsweise stehend
Zulassung	NSF/ANSI 169

PNEUMATISCH - HYDRAULISCH

Nenndruck	PN 16
Druckbereich	technisches Vakuum bis zulässigem Betriebsüberdruck PB gemäß Tabelle
Durchflusswert	Kv-Wert gemäß Tabelle
Durchflussmedien	gasförmige oder flüssige Medien, die die angegebenen Werkstoffe nicht angreifen

ELEKTRISCH

Versorgungsspannung	+ 9V bis +36V DC
Ausgangssignal Leitfähigkeit	0 V bis +5 V DC (linear über den gesamten Messbereich)
Ausgangssignal Temperatur	0 V bis +5 V DC (linear über den gesamten Messbereich)
elektrischer Anschluss	4-poliges geschirmtes Kabel 0,75 m (LiYCY 4xAWG24)
Schutzart	IP65

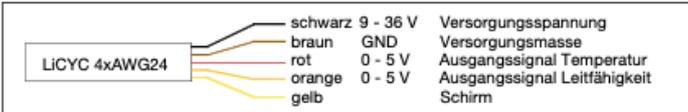
MESSZELLE		Temperatur
Messbereich	0,2 bis 20 mS/cm bei 0 bis 95 °C	0 bis 140 °C
ohne Temperaturkompensation	Genauigkeit: ± 2 % F.S.; 0,2–5 mS/cm: ± 2,5 % R.E.; 5–15 mS/cm: ± 1,5 % R.E.; 15–20 mS/cm: ± 2 % R.E.	± 1 °C
mit Temperaturkompensation	Genauigkeit: ± 3 % F.S.; 0,2–5 mS/cm: ± 4 % R.E.; 5–20 mS/cm: ± 3 % R.E.	± 1 °C
Ansprechzeit	< 3 s, 90 % des Signalhubs stehen am Ausgang zur Verfügung	< 1 s

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!

Leitfähigkeitssensor Typ ICS

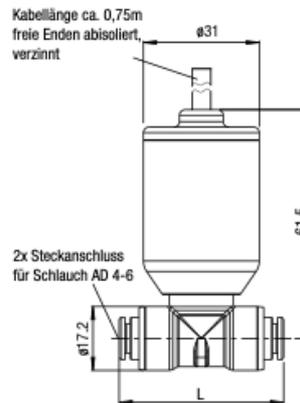
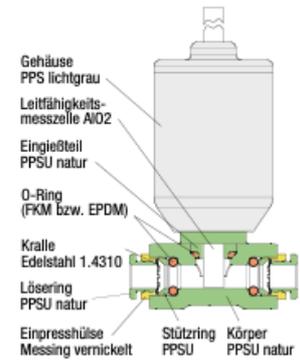
Preis Gruppe **710** PN 16 Zul. PB bei Umg.-Temp. T_{min} 0 °C, T_{max} +60 °C

NSF Kunststoff PPSU

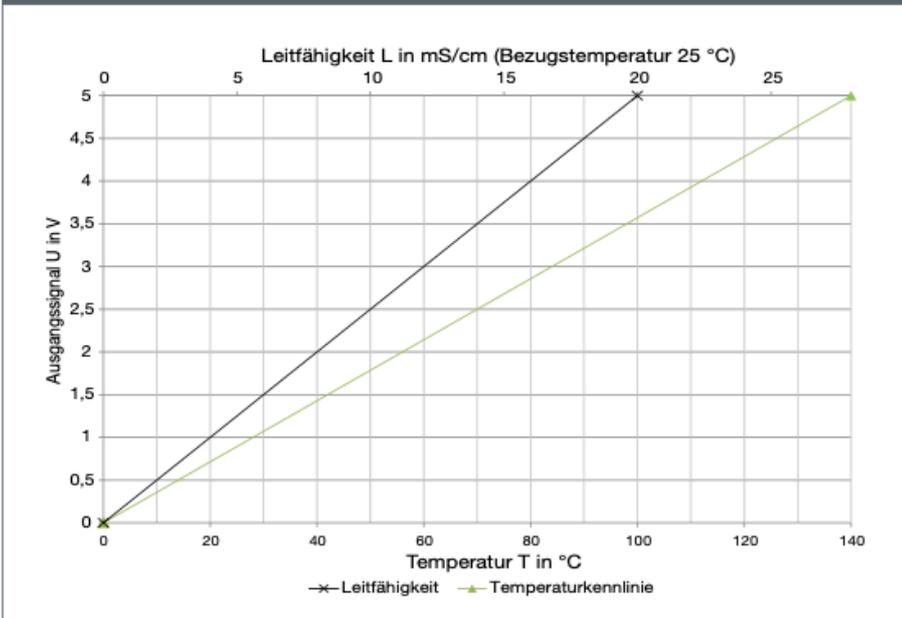


für Schlauch D	DN	Kv-Wert Wasser [l/min]	Zul. PB [bar] bei Mediumstemp.			Temperature-compensation	L	Dichtwerkstoff	Typ	Bestellnummer
			20 °C	100 °C	140 °C					
4	2,5	2,73	16	12	6	-	50,4	FKM	ICS-2-958P3-4FF-200-020-U05-51	390660
6	4	8,3	16	12	6	-	43,8	FKM	ICS-2-958P3-6FF-200-020-U05-51	390662
4	2,5	2,73	16	12	6	Wasser	50,4	FKM	ICS-3-958P3-4FF-200-020-U05-51	390666
6	4	8,3	16	12	6	Wasser	43,8	FKM	ICS-3-958P3-6FF-200-020-U05-51	390668

Abbildung



Kennlinien 0 - 20 mS/cm bzw. 0 - 140 °C 0 - 5 V



Lessons Learned

Frage 1: Warum wurde wiederholt eine verbindliche Terminzusage für den ersten Kaffeebezug getroffen?

Weil es so in der Beschreibung der Projektarbeit gefordert wurde „Erster offizieller Kaffeebezug spätestens in KW51/2021“. Der Kaffeebezug wäre eventuell möglich gewesen, wenn die SSR-Insel nicht defekt eingebaut worden wäre. Trotzdem muss zugegeben werden, dass wir viele Themen, wie bspw. der Drucksensor der Brühgruppe, nicht auf dem Schirm gehabt haben.

Frage 2: Warum wurden die vorgegebenen Meilensteine nicht eingehalten?

Weil es immer wieder zu neuen Verzögerungen kam. Teils von uns verschuldet, teils aber auch durch die wochenlangen Lieferzeiten und defekten Geräten (SSR und Basisplatte). Hierbei muss man ganz klar sagen, dass die Verkabelung Anfang Januar komplettiert war und die defekte SSR Insel uns einen Zeitverlust von vier Wochen eingebracht hat.

Frage 3: Warum erfolgte die Kommunikation zwischen Projektgruppe und Betreuer primär über eine Person?

Es ist einfacher wenn man sich als Team abspricht und dann alles über eine Person läuft. So hat der Betreuer einen Ansprechpartner und es erfolgt dauerhaft eine Absprache in der Projektgruppe. Zusätzlich ist die Gefahr des „Doppelt-Nachfragen“ getilgt und ein wilder E-Mailverhaue kann vermieden werden.

Frage 4: Warum existierte keine längerfristige Planung für die Arbeiten im Labor? Warum wurde für den Laboraufenthalt von Woche zu Woche geplant und nicht gesamthaft?

Gerade in der Corona Zeit ist es schwer weit voraus zu planen. Zusätzlich gab es oft Probleme, da die Verantwortlichen mit Schlüssel in der Regel auch vom Arbeitsaufwand abhängig ein oder maximal zwei Wochen im Voraus geplant haben. Zusätzlich ist es schwer, wenn der Arbeitsumfang vom Termin der nächsten Lieferung (AVS Römer, Brühgruppenhalterung) abhängt. Leider kam es bei nahezu jedem Termin zu neuen unvorhergesehenen Problemen, die eine längere Vorausplanung schwierig gestalten.

Frage 5: Es wurden zwei Arbeitspakete (Konstruktion Brühgruppenbefestigung, AVS-Römer Verbindungsbauteile) als eilig vom Betreuer dargestellt, jedoch nicht umgehend abgearbeitet?

AVS Römer: Da die Einarbeitung mehr Zeit in Anspruch genommen hat. Zudem war mir nicht bewusst zu Beginn, dass die Verrohrung komplett neu verlegt werden soll. Es hieß zu Beginn, dass es nicht notwendig ist, dass alles perfekt sein soll im Angesicht von der Verrohrung und eher provisorisch verbaut werden soll – Daniele

Die Konstruktion der Halterung wurde schnell in Angriff genommen und ausgeführt. Im zweiten Rücksprachetermin ist die Konstruktion der Brühgruppenhalterung vorgelegt und mit einer kleinen Änderung abgesegnet worden. Ich muss gestehen, dass der Bestellprozess der Brühgruppenhalterung sehr viel Zeit in Anspruch genommen hat. Hier wurde sich nicht richtig in den Bestellvorgang der verschiedenen Lieferanten eingearbeitet. Leider hat auch die Absprache mit Matthias Rieseberg zu Verwirrung und zu Verzögerungen geführt. Hier muss in Zukunft eine weitaus bessere Absprachekultur erzielt werden.

Frage 6: Warum wurde, trotz mehrfacher Anmahnung die geforderte (Software)Funktionsliste nicht erstellt? Hierbei handelt es sich um die Auflistung der Funktionen, welche in der Software realisiert werden müssen, damit das vereinbarte Ziel erreicht wird.

Ich habe den Blick dafür nicht gehabt. Es klang immer nach logischen Kleinigkeiten. Die Dringlichkeit habe ich nicht gesehen, trotz der ganzen Mahnungen. Ich habe es auch nicht mehr vor Augen gehabt, da ich es nirgends notiert und in meine todos aufgenommen habe

Frage 7: Warum wurde von dem Angebot der Hilfestellung des Betreuers bei der Programmierung kein Gebrauch gemacht?

Ich hatte keiner unerklärlichen Probleme soweit. Bei denen wo ich Probleme hatte bin ich zu Ihnen gekommen. Anfangs mit der Verbindung zwischen PC und MCU hatte ich die größten Schwierigkeiten. Der Fehler hierbei lag allerdings nicht beim Code wie sich danach rausgestellt hat. Viel testen konnte ich nicht weil die SSR-Insel defekt war. Somit ging bis auf die letzten Woche vor der Abgabe kein testen der Software und somit auch kein richtiges Vorankommen. Anfangs hat auch das Einlernen in MATLAB und MicroPython sehr viel Zeit in Anspruch genommen. Die Probleme lagen also eine lange Zeit nicht beim Programmieren an sich. Als ich dann zu spät gemerkt habe, dass ich es nicht schaffe die GUI des Pumpenprüfstands von Raspberry Pi auf die MCU zu ändern. Aus Zeitmangel musste ich alles umschreiben und neu aufsetzen. Von dem Programm aus der [26] habe ich nie etwas erhalten oder mitbekommen. Ich war immer der fälschlichen Meinung, die GUI des Pumpenprüfstands umzuschreiben.

Frage 8: Warum wurde mit fachlichen Fragen bis zur nächsten Rücksprache gewartet, obwohl ausdrücklich auf die projektverzögernde Wirkung dieser Vorgehensweise und auf die Erreichbarkeit mindestens per eMail vom Betreuer hingewiesen wurde?

In der Regel hatten wir nach dem Rücksprachetermin am Montag genug Ahnung und eine große To-Do Liste, dass wir den ersten Labortermin mit der Umsetzung beschäftigt waren. Erst im zweiten Labortermin sind dann Fragen aufgekommen, was die weitere Umsetzung oder das weitere Vorgehen betrifft. Nachdem Mittwoch unser Regellabortag war, hatte sich dann eine schriftliche Frage erübrigt, da der nächste Rücksprachetermin definitiv vor dem nächsten Labortermin kam.

Im Beispiel des 4 bar Drucksensor ist zu sagen, dass es keinen unterschied in meinen Augen gemacht hat, da ein Laborbesuch nicht mehr möglich gewesen wäre vor dem Rücksprachetermin und ich durch Prüfungen sehr eingespannt war. -Daniele

Frage 9: Warum erhielten insbesondere Patricia Viebke, Ahmet Ilter und Felix Kistler, aber auch Isabell Nuißl und Matthias Rieseberg, mehr Support seitens des Betreuers als diese Projektgruppe
Das fällt schwer zu beantworten.

Aus Projekten wie Maschinenkonstruktion und Getriebeentwicklung kennt man es so, dass man sich den Lösungsweg selber erarbeiten muss. Wir gingen davon aus, dass dies auch hier der Fall ist. Erst im Verlauf des Projekts haben wir festgestellt, dass Sie uns mit Rat zur Seite stehen. Dies beruht vermutlich auf einem Fehler in der Kommunikation, hätte aber unsererseits durch Fragen deutlich früher behoben werden können.

Leider kenne ich es auch von der Arbeit her nicht, dass wenn klar ist, dass bestimmte Unterlagen vorhanden sind, dass man jede einzelne erfragen muss. In der Regel bekommt man für ein Projekt Zugriff auf alles was benötigt wird. Zu Beginn haben wir mit dem Gearbeitet was da war, nach dem Stück für Stück mehr Dateien auftauchten, haben wir begonnen nachzufragen. Schaltpläne und CAD

Dateien wurden bspw. erst nach Nachfragen verteilt. Leider hat uns das viel Zeit und vor allem viele Fehler gekostet.

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.
Alle sinngemäß und wörtlich übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

München, den 11.02.2022

Daniele Fecondo

Philipp Wieland

Sebastian Intra

