HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN · FH
MÜNCHEN

Fakultät 03 Maschinenbau

Neukonstruktion einer Kaffeemaschinenbrühgruppe

In Kooperation mit der Kaffeewerkstatt München

Bachelorarbeit
Studiengang Maschinenbau

Eingereicht von Marc Arendt
am 21.12.2018
im Wintersemester 2018/19

Betreuer:
Hr. Armin Rohnen

Vorwort

Ich danke Herrn Erich Weidler von der „Kaffeewerkstatt München“ und meinen Betreuer Herrn Armin Rohnen von der Hochschule München für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung. Viele Ideen in dieser Arbeit sind auf Basis von zahlreichen Gesprächen entstanden. Außerdem will ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei diesem Projekt unterstützt und motiviert haben.

München, den 21. Dezember 2018 Marc Arendt

Kurzfassung

Problemstellung

Für eine neuartige Kaffeemaschine soll ein neues Konzept für die Brühwasserregelung in der Brühgruppe umgesetzt werden. Außerdem wird Wärmeverlust von aktuellen Kaffeemaschinen als zu hoch empfunden, weshalb soll die neue Brühgruppe thermisch optimiert werden soll. Zusätzlich sollen Vorschläge für die Implementierung von der benötigten Sensorik für die Regelung gemacht werden. Für die Prototypenphase werden zusätzliche Messtellen benötigt, um die Funktion der neuen Regelung zu überprüfen.

Zielsetzung und Vorgehensweise

Zu den oben genannten Anforderungen sollen Lösungen gefunden werden. Dazu wurde ein Vorgehensmodell für Entwicklungsprojekte ausgewählt. Entspechend diesem Modell wurde das Projekt in den drei Entwicklungsphasen Konzeptphase, Entwurfsphase und Ausarbeitungsphase strukturiert bearbeitet.

Ergebnis

Das Ergebnis ist eine auskonstruierte Brühgruppe im Prototypenstatus. Entsprechend dem gewählten Konzept wurden alle Lösungen für die genannte Problemstellung erfolgreich in die ausgearbeitete Brühgruppe integriert. Zusätzlich wurden einige weiterführende Verbesserungen erarbeitet. Alle Einzelteile sind funktionsfähig ausgearbeitet, so dass ein erster Prototyp gefertigt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 2
Kurzfassung ... 3
1 Einleitung ... 6
2 Stand der Technik ... 7
3 Vorgehensmethodik ... 8
3.1 Vorgehensmodell ... 8
3.2 Projektplan ... 8
4 Entwurfsphase ... 9
4.1 Aufgabe klären und präzisieren ... 9
4.2 Funktionsstruktur und Definition von Modulen ... 9
4.3 Prinzipielle Lösung ... 9
4.3.1 Schaltplan 1 ... 10
4.3.2 Schaltplan 2 ... 11
4.4 Einzellösungen ... 11
4.4.1 Wasser im Brühkopf führen ... 11
4.4.2 Wasser auf Kaffee verteilen ... 13
4.4.3 Siebträger abdichten ... 14
4.4.4 Wasser mischen ... 15
4.4.5 Drucksensor aufnehmen ... 17
4.4.6 Temperatursensor aufnehmen ... 17
4.5 Morphologischer Kasten ... 20
4.6 Gesamtkonzepte ... 20
4.6.1 Konzept 1 ... 20
4.6.2 Konzept 2 ... 20
4.6.3 Konzept 3 ... 21
4.7 Konzeptbewertung ... 21
5 Entwurf ... 22
6 Ausarbeitung ... 23
6.1 Gehäuse komplett ... 23
6.1.1 Gehäuse ... 24
6.1.2 Buchse ... 25
6.1.3 Zylinderstift ... 26
6.2 Mischmodul ... 26
6.2.1 Mischelementgehäuse ... 26
6.2.2 Mischelement ... 26
6.2.3 Gewindeeinsätze ... 28
6.2.4 Gerade Einschraub-Verschraubungen ... 28
6.3 Dusche komplett ... 28
6.3.1 Dusche ... 29
6.3.2 Temperatursensor ... 29
6.3.3 Kabel ... 29
6.3.4 Schrumpfschlauch ... 30
6.3.5 Drucksensor ... 30
6.3.6 Gewindeeinsätze ... 30
6.3.7 Epoxidharzkleber ... 32
6.3.8 Cyanacrylatkleber ... 33
6.3.9 Primer ... 33
6.3.10 Weichlot ... 33

6.4 Temperatursensormodul ... 34
6.4.1 Temperatursensor ... 34
6.4.2 Schlauch d4 ... 35
6.4.3 T-Steck-Verbindung ... 35
6.4.4 Metallröhrchen ... 35
6.4.5 Kabel ... 35
6.4.6 Schrumpfschlauch ... 35
6.4.7 Epoxidharzkleber ... 36
6.4.8 Cyanacrylatkleber ... 37
6.4.9 Primer ... 38
6.4.10 Weichlot ... 38
6.5 Siebträger komplett ... 39
6.6 Dichtung ... 39
6.7 2/2 Wegeventil NC Zulauf Brühgruppe ... 40
6.8 2/2 Wegeventil NO Ablauf Einschwingen ... 43
6.9 2/2 Wege-Ventil NC Ablauf Brühgruppe ... 43
6.10 Dosierventil ... 44
6.11 T-Steck-Verbindung ... 46
6.12 Gerade Einschraub-Verschraubung G1/8 ... 46
6.13 Gerade Einschraub-Verschraubung M5 ... 46
6.14 Befestigungsschrauben Gehäuse ... 46
6.15 Befestigungsschrauben Dusche ... 46
6.16 Befestigungsschraube Duschesieb ... 47
6.17 Duschsieb ... 47
6.18 Schlauch d6 ... 47
7 Eigenschaftenabsicherung ... 48
7.1 Lebensmittelverträglichkeit ... 48
7.2 Brühtemperatur ... 49
7.3 Wartungsintervall Ventile ... 49
7.4 Kostenabschätzung ... 50
8 Produktdokumentation ... 51
8.1 Technische Zeichnungen ... 51
8.2 Montageanweisungen ... 51
9 Fazit ... 52
Abkürzungsverzeichnis ... 53
Formelzeichen ... 54
Abbildungsverzeichnis ... 55
Tabellenverzeichnis ... 57
Literaturverzeichnis ... 58
Anhang ... 61

1 Einleitung

Kaffeemaschinen gibt es in einer Vielzahl von Ausführungen auf dem Markt. Beispielhaft lassen sich die klassische Filterkaffeemaschinen, der Kaffeebereiter für den Herd oder der Kaffeevollautomat aufzählen. In dieser Abschlussprüfung geht es hauptsächlich um Siebträgermaschinen. Diese werden auch Espressomaschinen genannt und sind vor allem im Gastrobereich die Standardmaschinen. Im privaten Haushalt hingegen, ist diese Art von Kaffeemaschine nicht so häufig zu finden. Hier sind vor allem elektrische Filtermaschinen (54,8%), Kapselmaschinen (28,6%) und Padmaschinen (28,4%) weiterverbreitet. Siebträgermaschinen kommen hier auf nur 8,2% (Statista-Umfrage, 2017).

Der geringe Einsatz von Siebträgermaschinen in privaten Haushalten lässt sich hauptsächlich damit erklären, dass die Reinigung im Vergleich zu anderen Maschinen sehr intensiv ist. Außerdem ist vor dem Brühen oft eine lange Aufheizzeit nötig. Hinzu kommt, dass die Anschaffungskosten deutlich höher ausfallen.

Wer sich jedoch auf die angesprochenen Einschränkungen einlassen kann, bekommt eine Maschine, bei der ein sehr leckerer Kaffee gebrüht werden kann. Es entsteht ein Kaffee, der nur kurze Zeit mit dem Pulver selbst in Kontakt kommt und Bitterstoffe somit größtenteils außenvor lässt. Außerdem kann der Espresso optisch wegen seiner schönen Crema punkten. (kaffee.org, 2018)

In einer Siebträgermaschine entfaltet der Kaffee seinen Geschmack am besten. Kaffee setzt sich aus bis zu 1000 Aroma-Komponenten zusammen. Damit wird eine riesige Bandbreite an Geschmäckern abgedeckt. Aus diesem Grund setzen sich die Aromen bei hochwertig und richtig verarbeitetem Kaffee zu einem vielseitigen und abwechslungsreichen Geschmack zusammen (kaffeefaktur.com, 2018). Wie gut der Kaffee letztendlich schmeckt hängt aber nicht nur von der Kaffeeart und der Röstung ab, sondern zu einem Großteil auch von der Zubereitung.

Aus Sicht eines Rösters mit eigenem Verkauf und Verkostung ist die Zubereitung im Laden eine der kritischsten Punkte. Der Kunde erwartet bei einer bestimmten Kaffeesorte im Laden den gleichen Geschmack zu erleben, wie später zu Hause. Dies ist allerdings häufig nicht der Fall, da jedes Kaffeemaschinenmodell mit eigenen Brühparametern arbeitet. Bei den meisten aktuellen Maschinen ist der Druck, der Volumenstrom und die Brühtemperatur nicht individuell anpassbar. Aufgrund der Unterschiede zwischen einzelnen Espressomaschinen-modellen lässt sich kaum der exakt gleiche Geschmack auf zwei Kaffeemaschinen erhalten. Auf dem Markt fehlt hier eine Maschine für den Röster, bei der alle Parameter so eingestellt werden können, dass sie der Siebträgermaschine des Kunden entsprechen.

Ein weiteres Einsatzgebiet solch einer individuell einstellbaren Kaffeemaschine kann man bei professionellen Baristas sehen. Durch die voreingestellten Parameter der Maschine wird die Kreativität des Baristas stark eingeschränkt. Mit selbst bestimmbaren Einstellmöglichkeiten steigt die Individualität enorm. Dabei ist davon auszugehen, dass auch während des Brühvorgangs veränderbare Parameter gewünscht sind.

In Zusammenarbeit mit der Kaffeewerkstatt München forscht die Hochschule München an einer neuartigen Siebträgermaschine, die die oben angesprochenen Eigenschaften besitzt. Ziel dieser Bachelorarbeit ist, eine Brühgruppe für diese Maschine zu entwickeln, bei der sich der Volumenstrom und die Brühtemperatur vor und während dem Brühvorgang individuell anpassen lassen. Der Druck, als dritter Parameter, stellt sich dabei selbstständig ein.

2 Stand der Technik

Um ein besseres Verständnis über die Funktionsweise der meisten aktuelle Siebträgermaschine zu bekommen wird in diesem Abschnitt der Brühvorgang anhand der E61 Brühgruppe der Firma Faema erklärt. Diese ist momentan das Referenzprodukt für die meisten anderen Siebträgermaschinen auf dem Markt.

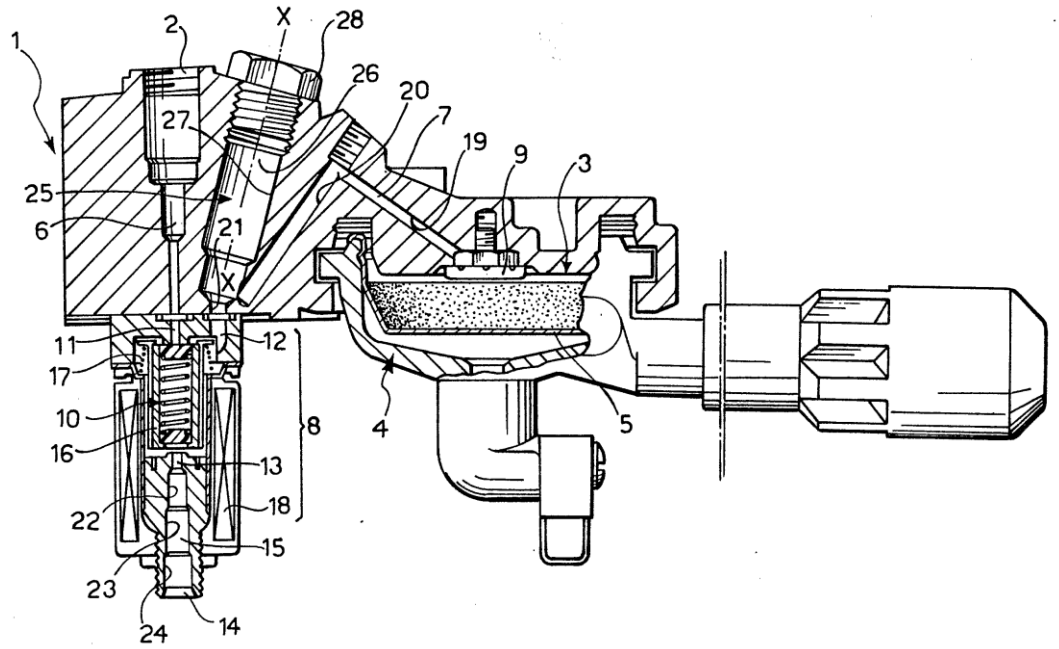


Abbildung 1: Brühkopf für Espresso-Kaffeemaschine (Longo, 1984)

In Abbildung 1ist der patentierte Aufbau der E61 Brühgruppe zu sehen. Diese Brühgruppe ist rein mechanisch gesteuert. Auf dem Markt existieren inzwischen auch elektronisch gesteuerte Brühgruppen, das Grundprinzip bleibt allerdings gleich. Der Grundkörper besteht aus ca. 6 kg massivem, verchromtem Messing. Ständig zirkulierendes heißes Wasser beheizt dabei die gesamte Brühgruppe durchgehend. Beim Brühvorgang sorgt eine Mechanik aus Federn, Exzentern und Expansionsholräumen für den charakteristischen Brühverlauf der E61 Brühgruppe. Zu der Charakteristik zählt z.B. das sogenannte Vorbrühen (Preinfusion), wodurch der Espresso nochmals mehr Aroma bekommen soll. Außerdem gelingt eine sofortige Druckentlastung der Brühgruppe nach Beenden des Brühvorgangs (Milani, 2013).

In letzter Zeit hat der Markt erkannt, dass Barista inzwischen mehr Spielraum bei ihren Maschinen verlangen. Außerdem lässt sich bei vielen Röstern ein Bedürfnis nach stabileren, zuverlässigeren und vielseitigeren Maschinen erkennen, die es dem Benutzer ermöglichen, die beste Seite seines Kaffees zu präsentieren. So hat die Firma La Marzocco die Strada EP entwickelt, bei der ein Barista Druckprofile speichern und wieder abrufen kann (Lamarzocco, 2018). Andere vielversprechende Produkte sind Espressomaschinen der Firma Decent (DE1+, DE1PRO und DE1CAFE). Hier ist es bereits möglich unterschiedliche Verläufe für Temperatur, Druck und Volumenstrom festzulegen. Diese können sogar mit entsprechenden Programmen auf Computern digital erzeugt und anschließend an die Espressomaschine übertragen werden (Decent, 2016). Diese Maschinen sind allerdings für den Gebrauch zu Hause oder in Büros mit einem geringeren Kaffeedurchsatz entwickelt worden. Für den Einsatz in einer Rösterei oder bei einem Barista sind diese nicht gedacht. Zudem ist auf dem ersten Blick zweifelhaft, ob die enthaltene Sensorik die angepriesenen Funktionen umsetzen kann.

3 Vorgehensmethodik

3.1 Vorgehensmodell

Für den gesamten Entwicklungsprozess wurde das Vorgehensmodell nach der VDI-Richtlinie 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ gewählt. Dieses Modell lässt sich bei vielen Entwicklungsaufgaben anwenden und ist momentan das Standardvorgehensmodell im Bereich Maschinenbau.

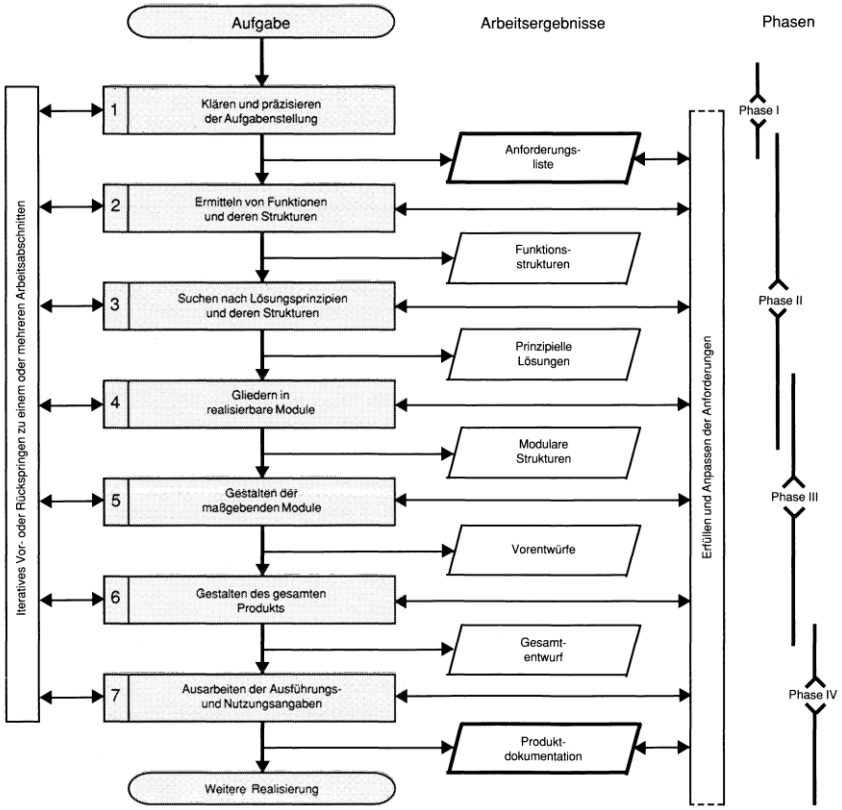


Abbildung 2: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI-Richtlinie-2221, 1993)

Dieses Modell punktet durch eine klare Aufteilung und definiert zu jedem Arbeitsabschnitt ein eindeutiges Arbeitsergebnis. Es gibt somit eine recht strikte Struktur vor, was sich bei der betrachteten Konstruktionsaufgabe gut anbietet.

3.2 Projektplan

Am Anfang des Projektes wurde ein Projektplan erstellt. In diesem wurden Meilensteine definiert und die Dauer der einzelnen Entwicklungsschritte abgeschätzt. Dieser wurde währende der Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit ständig aktualisiert.

4 Entwurfsphase

4.1 Aufgabe klären und präzisieren

Am Anfang wurden durch Gespräche die Anforderungen und Aufgaben detailliert besprochen. Alle angesprochenen Themen wurden von Beginn an in einer Anforderungsliste (Anhang 1) gesammelt. Diese Anforderungsliste wurde während des Projektes kontinuierlich erweitert. So kann mit ihr eine gute Übersicht über alle gewünschten Funktionen und Rahmenbedingungen gegeben werden.

4.2 Funktionsstruktur und Definition von Modulen

Auf Basis der Anforderungsliste wurden zunächst die Funktionen in Form eines Funktionsbaumes strukturierter dargestellt (Anhang 2). Daraus können vier Anforderungsgebiete abgeleitet werden:

- Siebträgeraufnahme
- Wassertransport und Volumenstrom regeln
- Sensorik
- Gehäuse

Diese vier herausgearbeiteten Funktionsgruppen dienen nun als Anhaltspunkte für die Aufteilung in einzelne Module, an denen sich bei der Entwicklung orientiert werden kann.

4.3 Prinzipielle Lösung

Für die Grundstruktur wurden zunächst zwei unterschiedliche Prinziplösungen in Form von Schaltplänen gezeichnet. Aus diesen soll hervorgehen, welche Komponenten benötigt werden. Außerdem sollen die Anordnung und Verschaltung der einzelnen Module untereinander erkenntlich werden.

Vorgegeben sind zwei Dosierventile, welche den Strom vom Warm- und Kaltwasser Regeln. Alle Sensoren wurden gemäß der Anforderungsliste positioniert.

Grundsätzlich wird die Struktur so aufgebaut, das die Funktion folgendermaßen gegeben ist. Auf den Zuleitungen für Kalt- und Heißwasser liegen jeweils 16 bar an. Das Ziel ist es nun, die Dosierventile so zu öffnen, dass nach dem Mischen die vom Benutzer vorgegebene Brühtemperatur erreicht wird. Um das Verhältnis zwischen heißem und kaltem Wasser bestimmen zu können, werden bereits die Temperaturen der beiden Zuströme gemessen. Die zusammengeführten Volumenströme sollen anschließend soweit vermischt werden, dass eine homogene Temperaturverteilung über den Schlauchquerschnitt gegeben ist. Aufgrund von Restwasser in den Schläuchen, wird sich die Temperatur anfangs noch stark verändern. Bis sich das gemischte Wasser bei der gewünschten Temperatur eingeschwungen hat, soll das falsch temperierte Wasser in den Ablauf geleitet werden. Sobald die vorgegebene Temperatur konstant anliegt, werden Steuerventile so geschaltet, dass das Wasser in den Brühkopf geleitet wird. Für den Brühvorgang werden die Dosierventile so weit geöffnet, dass ein Volumenstrom entsteht, der den Vorgaben des Anwenders entspricht. Dabei wird das Verhältnis zwischen kaltem und heißem Wasser standartmäßig konstant gehalten. Wünscht der Benutzer eine Temperaturänderung über den Brühvorgang, kann das Verhältnis auch währenddessen angepasst werden. Der Druck, als dritter Parameter, stellt sich dabei von selbst ein. Im Brühkopf wird das Wasser auf dem Kaffee im Siebträger verteilt. Der Brühvorgang geschieht nun wie in herkömmlichen Siebträgermaschinen. Nach dem Brühvorgang werden die

Drosselventile geschlossen und der Druck in der Brühkammer über einen separaten Abfluss entlastet. Nun kann der Anwender den Siebträger problemlos entfernen. Bei Nichtgebrauch der Maschine soll das restliche Wasser aus den Leitungen in den Abfluss geleitet werden.

Als weitere Funktion soll die Siebträgermaschine eine Spülfunktion bieten. Hierbei wird ein Blindsieb mit Reinigungsmittel in den Siebträger eingespannt. Während dem Spülvorgang wird das anströmende Wasser aus der Brühgruppe heraus, direkt in den Abfluss geleitet.

Um einen Aufbau zu erhalten, der die angesprochenen Funktionen bietet, sind einige Vorüberlegungen notwendig. Dazu gehört die Festlegung, welche Module benötigt werden:

- Kalt- und Warmwasseranschluss
- Dosierventil
- Gebraucht- und Spülwasserablauf
- Temperaturmessstellen an den geforderten Positionen
- Druckmessstelle am Brühkopf
- Mischelement, welches Heiß- und Kaltwasser vermischt
- Ventile zum Steuern des Brühvorgangs
- Brühkopf mit Siebträgereinspannung

4.3.1 Schaltplan 1

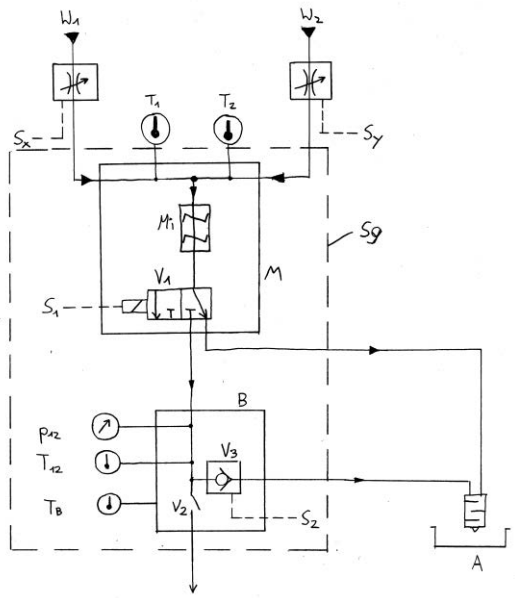


Abbildung 3: Schaltplan 1 (Anhang 3)

Der komplette Schaltplan 1 mit Legende ist im Anhang 3 zu finden Ein Ausschnitt wird in Abbildung 3 gezeigt. Das Hauptanliegen bei dieser Lösung ist, die einzelnen Komponenten in möglichst wenige Baugruppen unterzubringen. So wurde zum einen die Baugruppe Mischeinheit (M) gebildet, in welches zwei Temperatursensoren (T1, T2), das Mischelement (Mi) und ein 3/2-Wege-Ventil (V1) enthalten sind. Die restlichen Elemente wurden in der Baugruppe Brühkopf (B) untergebracht. In diesem Plan ist für die Verteilung des Wassers ein 3/2-Wege-Ventil vorgesehen. Für den Druckausgleich im Siebträger ist ein entsperrbares Rückschlagventil vorgesehen. Bei Nichtgebrauch der Brühgruppe sind die Nullstellungen der Ventile so gewählt, dass das Restwasser aus den Leitungen in den Abfluss abläuft. Das Ventil V2 innerhalb von B soll das Blindsieb darstellen. Ist dieses eingelegt, ist das Ventil V2 offen und der Weg führt nur durch das Rückschlagventil in den Abfluss.

4.3.2 Schaltplan 2

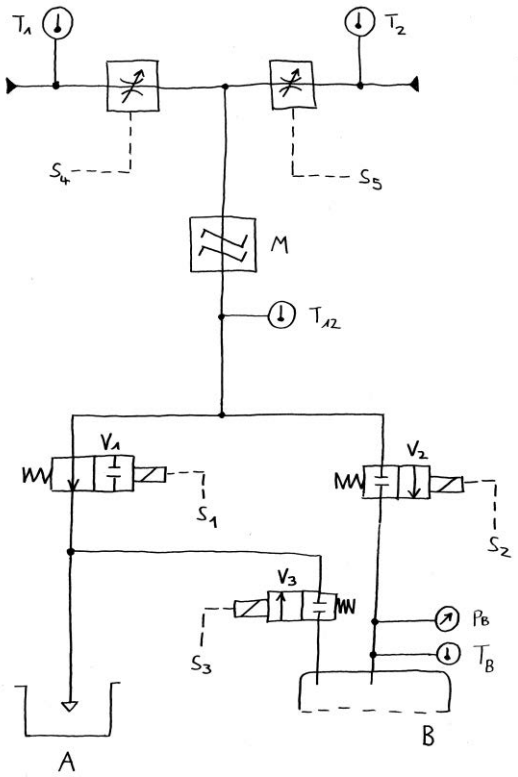


Abbildung 4: Schaltplan 2 (Anhang 4)

Der komplette Schaltplan 1 mit Legende ist im Anhang 4 zu finden. Ein Ausschnitt wird in Abbildung 4 gezeigt. Bei dieser Lösung wurde das 3/2-Wegeventil aus Schaltplan 1 durch zwei 2/2-Wege-Ventile (V1 und V2) ersetzt. Ebenfalls wurde das Rückschlagventil für die Enlastung der Brühkammer duch ein 2/2-Wege-Ventil (V3) ersetzt. Ventile V2 und V3 sind als „normaly closed“ (NC) Variante ausgeführt. Das Ventil V1 ist in der Variante „normaly open“ (NO) verbaut. Dadurch wird erreicht, dass in den Schläuchen verbliebenes Restwasser bei Nichtgebrauch der Brühgruppe abgelassen werden kann. Durch das Ersetzen aller Ventile durch 2/2-Wege-Ventile kann auf eine größere Auswahl auf dem Markt zurückgegriffen werden. Die einzelnen Module wurden separater gehalten. So ist das Mischelement nicht mehr in einem Modul mit den Temperatursensoren T1 und T2. Dies gewähhrleistet eine bessere Austauschbarkeit bei Defekt. Durch die Positionierung von T1 und T2 vor den Dosierventilen ergibt sich der Vorteil, dass die Temperatursensoren nicht vom entleeren der Schläuche betroffen sind, sondern auch bei entleerten Schläuchen die Wassertemperatur angezeigt wird. Der Brühkopf soll zum Mischwasserstrom bestmöglich isoliert weren. Aus diesem Grund wird die Temperaturmessung des Brühgruppengehäuses nicht weiter benötigt. Es wurde der entsprechende Temperatursensor am Gehäuse weggelassen.

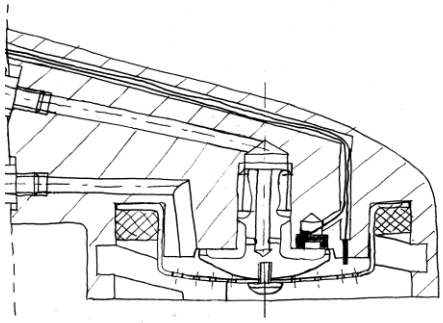
4.4 Einzellösungen

In diesem Abschnitt werden Teillösungen näher erklärt. Dies dient zu einem besseren Verständnis für die Zusammenstellung der einzelnen Konzepte im Morphologischen Kasten. Dabei wird nur auf Lösungen eingegangen, die zur Funktion der Gesamteinheit bedeutsam sind. Die gezeigten Alternativlösungen können eingesetzt werden, falls die weiterentwickelten Lösungen in einem späteren Projektabschnitt Mängel aufweisen. Des Weiteren gibt dieser Teil eine gute Übersicht, wie andere Maschinenhersteller Teilfunktionen umgesetzt haben.

4.4.1 Wasser im Brühkopf führen

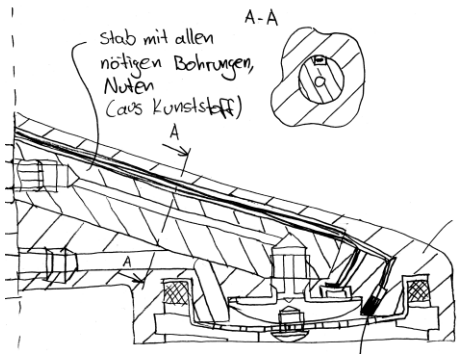
In diesem Abschnitt wird betrachtet, wie das gemischte Wasser innerhalb vom Brühkopf zum Kaffee und das Gebrauchtwasser zum Abfluss geführt wird. Es wurden vier unterschiedliche Möglichkeiten gefunden. Dabei wurde in den verschiedenen Schritten versucht, den Temperaturverlust des Brühwassers immer weiter zu senken.

1. Lösung



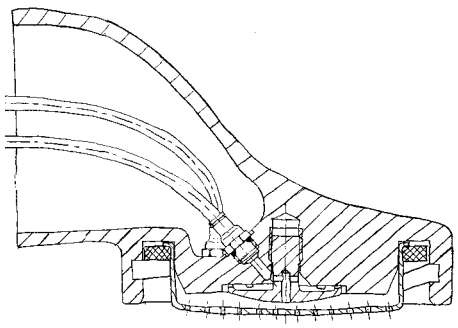
Diese Lösung orientiert sich an der E61 Brühgruppe der Fa. Faema. In das geschmiedete Vollmaterial werden die benötigten Bohrungen gesetzt. Ein großer Nachteil hierbei ist allerdings der große Energieverlust durch den hohen Wärmeübergang zwischen Wasser und Brühkopf. Dieses Problem wird bei vielen Maschinen auf dem Markt durch ein beheizen des Brühkopfes gelöst. Eine andere Lösung wäre, den Brühkopf nicht aus Metall zu fertigen, sondern aus Kunststoff. Damit würden sich die Wärmeverluste deutlich reduzieren.

2. Lösung



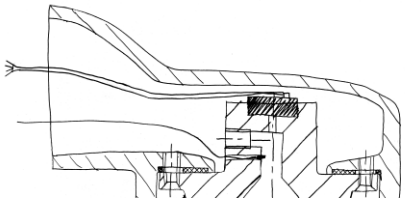
In Anlehnung an die Patentschrift DE 10 2013 000 701 B4, in der ein Brühkopf für eine Kaffeemaschine beschrieben wird, ist diese Lösung aufgekommen. In dem Patent wird ein sich zwischen den Anschluss und dem Siebträger erstreckender Durchgang zur Durchleitung von Heißwasser gezeigt. Der Brühkopf ist dabei aus Messing gefertigt und dadurch gekennzeichnet, dass der Durchgang so ausgestaltet ist, dass eine separat vom Brühkopf gefertigte Druckleitung zur Durchleitung von Heißwasser in den Durchgang einbringbar ist. Dabei wird eine separat vom Brühkopf aus einem zweiten Material gefertigte Druckleitung so in den Durchgang des Brühkopfs eingebracht, dass diese den direkten Kontakt des Heißwassers mit dem Messing des Brühkopfs verhindert (Hauck, 2014).

3. Lösung



Dies ist eine Weiterentwicklung der Lösung 1. Um den Kontakt zwischen Metall und Brühwasser so gering wie möglich zu halten, wurden die Anschlüsse für die Schläuche in einen größtenteils hohl gestalteten Brühkopf gelegt.

4. Lösung

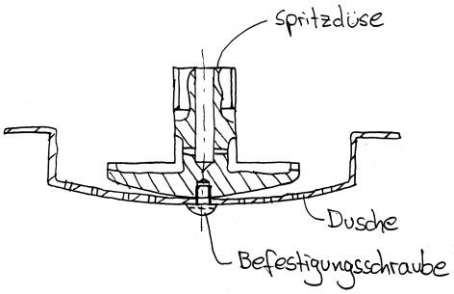


Alle Anschlüsse werden an ein separates Teil im inneren des Brühkopfes gelegt. Dieses kann aus Kunststoff gefertigt werden. Durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit von Kunststoff kann somit der Temperaturaustausch zwischen Brühwasser und Umgebung sehr klein gehalten werden. Gestalterisch ergeben sich bei dieser Lösung sehr viele Möglichkeiten, da keine Fertigungstechnischen Betrachtungen mehr am Gehäuse zu beachten sind, sondern alle komplizierten Konturen am Innenteil auftreten.

4.4.2 Wasser auf Kaffee verteilen

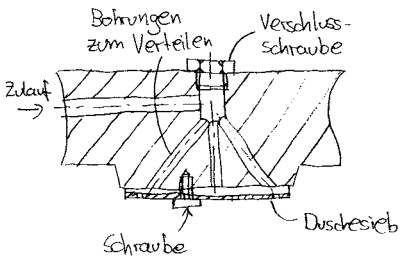
Nachdem das Brühwasser zum Kaffee geführt wurde, muss es gleichmäßig darauf verteilt werden.

1. Lösung



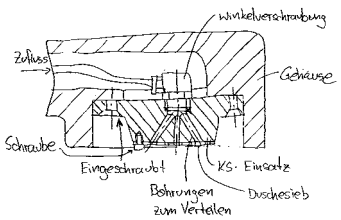
Bei dieser Lösung wird die Methode eingesetzt, die bei der E61 Brühgruppe Verwendung findet. Hierbei verteilt zunächst eine Spritzdüse das ankommende Wasser auf 6 Auslässe. Das darunterliegende Duschesieb verhindert das Eintreten von Kaffeepulver in das Innere der Brühgruppe. Außerdem wird durch dieses nochmals das Brühwasser auf ca. 200 Bohrungen verteilt.

2. Lösung



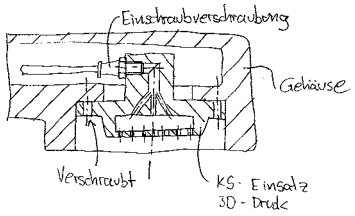
Diese Lösung bietet sich an, wenn als Brühkopf Vollmaterial verwendet wird. Um das Wasser aufzuteilen werden mehrere Bohrungen konzentrisch angeordnet in das Material eingebracht. Als Schutz vor Kaffeepartikel dient auch hier ein Duschesieb, welches zwischen Kaffee und den Verteilerbohrungen angebracht wird.

3. Lösung



Grundsätzlich wird hier das Gleiche Prinzip angewandt wie in Lösung 2. Der Unterschied besteht darin, dass ein separates Bauteil verwendet wird, in welches die Verteilungsbohrungen eingebracht werden. Wiederum dient ein Duschesieb als Schutz vor Verschmutzung durch Kaffeepartikel.

4. Lösung

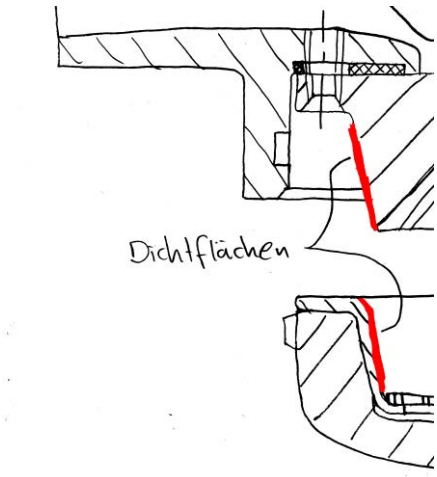


Anstatt auf die zwei separaten Teile Dusche und Duschesieb zu setzen, wird beides in einem Bauteil vereinigt. Als Fertigungsmethode für dieses komplexe Teil bietet sich der 3D-Druck an.

4.4.3 Siebträger abdichten

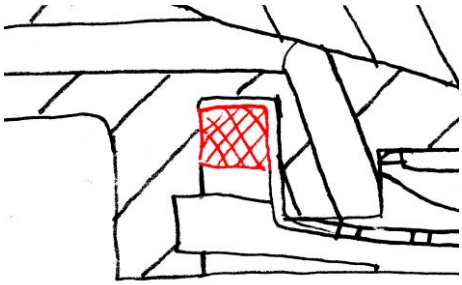
Aufgrund des großen Druckes von bis zu 16 bar muss eine effektive Dichtung zwischen dem Siebträger und der Wasserzufuhr bestehen. Des Weiteren wurde der Wunsch geäußert, dass die Dichtung langlebiger als vorhandene Lösungen auf dem Markt sein soll. Außerdem ist ein geringerer Kraftaufwand beim Einspannen des Siebträgers wünschenswert.

1. Lösung



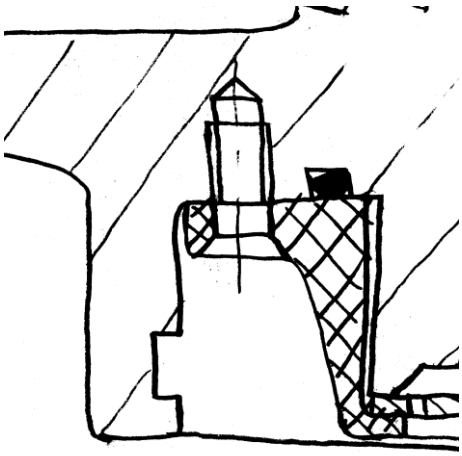
Aufgrund des Wunsches, eine geringere Anzugskraft beim Einspannen des Siebträgers aufwenden zu müssen, wurde die Dichtfläche konische gestaltet. Dabei kann der Siebeinsatz wie bei der E61 Brühgruppe belassen werden, da dort eine konische Fläche vorhanden ist. Ein weiterer Vorteil ist die Selbstzentrierung, die durch die konische Form von selbst eintritt. Wird als Dichtungsmaterial PTFE verwendet, kann mit weniger Verschleiß gerechnet werden, da dieser Kunststoff sehr abriebfest ist. Außerdem resultiert durch die geringere Anziehkraft ein geringerer Verschleiß. Eine bessere Dichtigkeit wird aufgrund der größeren Kontaktfläche gewährleistet.

2. Lösung



Entsprechend dem Dichtungskonzept der E61 Brühgruppe, wird ein Dichtring aus einem Elastomer eingesetzt. Durch den planen Anschlag zwischen Dichtring und Siebeinsatz, wird beim Festziehen des Siebträgers ein Anpressdruck generiert. So wird das Innere des Siebträgers zur Umwelt druckdicht abgedichtet.

3. Lösung



Bei einer weiteren Lösung wird die obere Kontur des Siebeinsatzes negiert und als Dichtung hergestellt. Dadurch wird die Kontaktfläche nochmals gesteigert, jedoch ist diese Lösung die aufwändigste. Auch hier empfiehlt sich, die Dichtung aus PTFE herzustellen, da dadurch ein besseres Verschleißverhalten gewährleistet wird.

4.4.4 Wasser mischen

Nachdem das Heiß- und Kaltwasser zueinander geströmt sind, soll die Temperatur gemessen werden. Um eine aussagekräftige Messung zu erhalten und eine inhomogene Vergeilung des heißen und kalten Wassers über den Schlauchquerschnitt zu verhindern, wird ein Mischer eingesetzt. In der Industrie ist das Problem, zwei Fluide zu vermischen, weitreichend bekannt. Daher werden auf diesem Gebiet von vielen Firmen Lösungen angeboten. Grundsätzlich lassen sich Mischer in drei Gruppen einteilen: Statische Mischer, Dynamische Mischer und Mikromischer.

1. Statischer Mischer

Beim statischen Mischen werden die Flüssigmaterialien allein durch die Strömungsbewegung vermengt. Dazu werden sie im gewünschten Mischungsverhältnis in einen Mischer gedrückt, bestehend aus einem Rohr, in dessen Inneren strömungsbeeinflussende Elemente aneinandergereiht sind (tsi, 2018). Diese Mischer verfügen über keine beweglichen Teile, sondern erreichen ihre Mischwirkung durch das wiederholte Auftrennen, Verschieben und erneute Zusammenführen von Flüssigkeitsteilströmen. Dieser Mischungsmechanismus ist bei einer laminaren Strömung entscheidend. Die statischen Mischer bilden parallel verlaufende Strömungskanäle, die zunächst die Aufteilung des Fluidstroms bewirken. Anschließend werden die Teilströme nun in anderer geometrischer Anordnung wieder vereint.

Der Statische Mischer bietet dabei viele Vorteile:
- benötigen keine externe Energiequelle
- sehr platzsparend
- wenig Komponenten nötig
- vorgefertigte Lösungen vorhanden
- schneller Austausch bei defekt
- einfache Montage
- große Materialvielfalt
- funktioniert auch bei laminarer Strömung

Die bekanntesten Formen von statischen Mischelementen sind folgenden zwei Formen:

Wendel-(Kenics)-Mischer

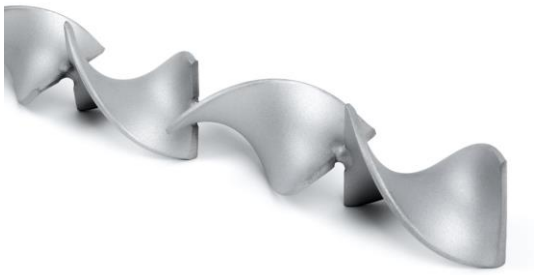


Abbildung 5: Wendelmischer (Koflo-Corporation, 2018)

Der Wendelmischer ist bestens geeignet für einfache Mischaufgaben, als Wassermischer, Lebensmittelmischer, Mischer für hygienische Ansprüche und viele weitere Mischaufgaben. Der Vorteil der Mischketten im Wendelmischer liegt in dem relativ niedrigen Druckverlust, der hygienisch vorteilhaften Bauform/Durchströmung sowie der geringen Beschaffungskosten. Auch geht der Wendelmischer sanfter mit den strömenden Medien um als andere Bauformen. (Schumacher-Verfahrenstechnik, 2018)

X-Element-Mischer

Abbildung 6: X-Element-Mischer (karajet, 2017)

Statische Mischer mit X-Elementen hingegen sind für komplexere Mischaufgaben. Sollen laminar strömende Medien gemischt werden ist ein Mischer mit einer X-Elementkette in die Überlegungen der Auslegung mit einzubeziehen. Die Scherkräfte sind hier sehr hoch und die Mischwirkung auf verblüffend kurzer Strecke zu erreichen. Hochviskose Stoffe werden gern mit dem X-Mischer verarbeitet. (Schumacher-Verfahrenstechnik, 2018)

2. Dynamischer Mischer (Rühren)

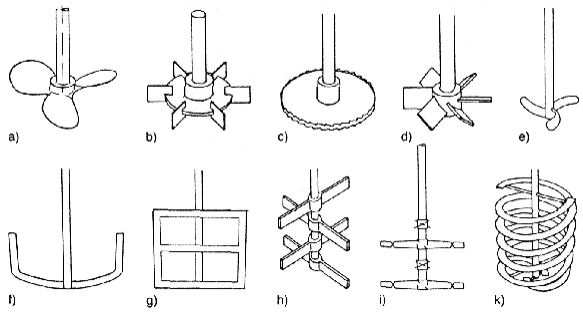


Abbildung 7: Wichtige Rührtypen (Christen, 2005)

Das dynamische Mischen ist die bekannteste Form des Mischens. Hier wird ein mechanisches Bauteil durch eine äußere Energiequelle in den zu mischenden Medien bewegt. Diese Methode des Mischens wird nur zur Vollständigkeit erwähnt. Die statischen Mischer, als auch die Mikromischer haben im Gegensatz zu den dynamischen Mischern den großen Vorteil, dass sie die Energie des Mediums selbst nutzen, um eine Vermischung zu gewährleisten.

3. Mikromischer

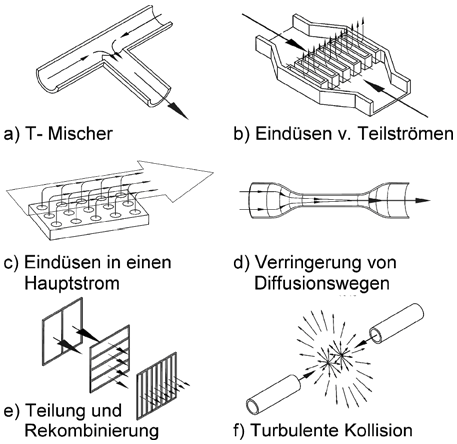


Abbildung 8: Schematische Darstellung Ausgewählter Prinzipien passiver Mikromischer. (Hessel V, 2005)

Mikromischer sind im Bereich der chemischen, biologischen und medizinischen Analytik sehr verbreitet, wo diese sogenannten Mikroanalysesysteme die Vorteile kleiner Probe- und Reagenzmengen, geringen Zeitbedarfs, niedriger Kosten sowie eines hohen Durchsatzes aufweisen (Kraume, 2012). In Abbildung 8 ist eine Übersicht über mögliche Bauformen von Mikromischern zu sehen.

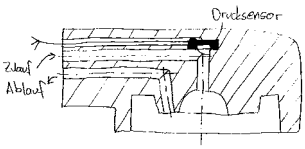
Für die Brühgruppe ist hier vor allem der T-Mischer interessant, da Kalt- und Heißwasser vermutlich in solch einem T-Stück zusammengeführt werden.

4.4.5 Drucksensor aufnehmen

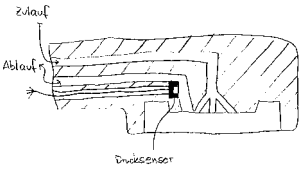
Die Position des Drucksensors soll so gewählt werden, dass der Druck beim Brühvorgang möglichst nah am Kaffee gemessen wird. Somit ist eine Positionierung im oder am Brühkopf vorgegeben. Auf Basis dieser Vorgabe gibt es drei Positionen, an denen der Sensor angebracht werden kann:

1. Druckmessung direkt am Wasseraustritt

2. Druckmessung an Zulaufbohrung



3. Druckmessung an Ablaufbohrung (Entlastungsbohrung)



4.4.6 Temperatursensor aufnehmen

Abbildung 10: Klemmverschraubung der Fa. MDW Temperatursensorik GmbH

Das größte Problem der Temperatursensorimplementierung ist, eine schnelle Temperaturmessung zu ermöglichen. Es soll eine Lösung gefunden werden, die die schnelle Reaktionszeit des rohen Sensors nur sehr gering beeinflusst. Grundsätzlich kann der Sensor selbst nicht ohne eine schützende Schicht eingesetzt werden, da dann der Verschleiß zu groß wäre.

Abbildung 9: Einschraubfühler der Fa. Noris

Es gibt vorgefertigte Sensormodule (Abbildung 9), die in eine Durchgangsbohrung mit Gewinde im Bauteil eingeschraubt werden

können. Andere Bauarten erlauben die Applikation mit Klemmverschraubungen (Abbildung 11, Abbildung 10). Für die Brühgruppe interessant sind hier vor allem Klemmverschraubungen mit einem Edelstahlklemmring. Diese halten i.d.R. bis 40 bar druckdicht.

Abbildung 11: Temperaturfühler der Fa. TE Connectivity

Aufgrund der geringen geforderten Ansprechzeit der Temperatursensoren von unter 0,5s werden bei der Brühgruppe Rohsensoren eingesetzt. Die Auwahl fiel auf Widerstandsthermometer. Bei diesen beruht die Temperaturmesung auf der temperaturabhänigen Leitfähigkeit des Sensormaterials. Es gibt folgende zwei Ausführungen:

1. Halbleiter-Widerstandsthermometer (NTC-Widerstände)

Abbildung 12: NTC Sensor der Fa. TE Connectivity

Ein Heißleiter wird auch NTC-Widerstand oder NTC-Thermistor genannt. Der Widerstandswert eines Heißleiters nimmt mit zunehmender Temperatur stark ab, die Stromleitfähigkeit nimmt also mit steigender Temperatur zu. Der Temperaturkoeffizient eines NTC ist negativ und liegt typischerweise im Bereich -2%/K bis -6%/. (Stiny, 2015)

2. Metall-Widerstandsthermometer (PTC-Widerstände)

Abbildung 13: PT100 Sensor der Fa. Thermodirekt.de

Ein Kaltleiter wird auch PTC-Widerstand oder PTC-Thermistor genannt. Kaltleiter zeigen in einem bestimmten Temperaturbereich, der für den jeweiligen PTC-Typ charakteristisch ist, mit zunehmender Temperatur eine sehr große Zunahme des Widerstandswertes von mehreren Zehnerpotenzen. Die Stromleitfähigkeit nimmt also ab einer bestimmten Temperatur mit steigender Temperatur sehr stark ab. Der Temperaturkoeffizient eines PTC ist positiv und liegt typischerweise im Bereich +5%/K bis +70%/K. (Stiny, 2015)

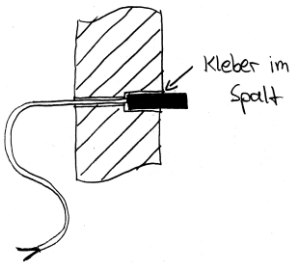
Bei der Implementierung von Temperatursensoren in eine Konstruktion ist darauf zu achten, dass der Wärmewiderstand R_{ges} zwischen Sensor und Umwelt so ausgelegt wird, dass er den mit der Umgebung getauschten Wärmestrom Q_{um}/t möglichst verhindert und den mit dem Messfluid begünstigt. Die Thermometerwand soll deshalb dünn sein und bei hoher Wärmeleitzahl eine große Oberfläche haben. Die Konstruktion eines praktisch brauchbaren Thermometers wird außerdem von messtechnischen und technologischen Forderungen bestimmt, insbesondere:

- vom Messbereich, der Signalart, Empfindlichkeit, Linearität, usw.
- von der mechanischen Beständigkeit gegen äußere Kräfte, hohe Drücke, dynamische Kräfte aus Wirbeln und Erschütterungen
- von der chemischen Beständigkeit gegen aggressive Stoffe, reduzierende oder oxidierend Gase, Feuchtigkeit

(Palme, 2014)

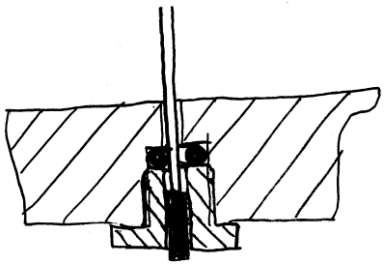
Auf Basis dieses Wissens, wurden Aufnahmen für die Sensoren konstruiert, die eine schnelle Reaktionszeit ermöglichen sollen.

1. Lösung



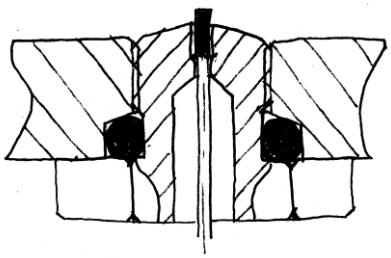
Die einfachste Lösung ist, den Sensor direkt in ein Bauteil einzukleben. Das Kabel wird durch eine zweite, kleinere Bohrung geführt. Der Sensor wird ebenfalls mit Klebstoff überzogen. Dadurch umgibt ihn nach dem Trocknen eine geringe Kleberschicht, welche den Sensor vor Kontakt mit dem Brühwasser schützt.

2. Lösung



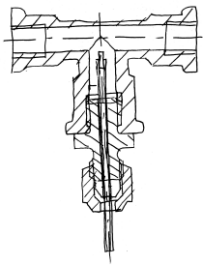
Der Sensor wird in eine Verschlussschraube mit Bohrung gesetzt oder geklebt. Diese Verschlussschraube wird anschließend in eine Bohrung mit Gewinde eingedreht. Am Grund dieser Bohrung befindet sich ein O-Ring. Durch das Eindrehen der Schraube wird der O-Ring soweit zusammengedrückt, so dass die kleinere Durchgangsbohrung im Grundkörper komplett abgedichtet wird. Dabei legt sich der O-Ring um die Kabel des Sensors. Weitere Varianten dieser Lösung sind in Anhang 5 zu finden.

3. Lösung



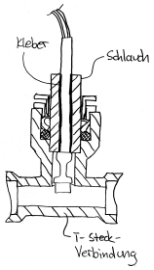
Der Sensor wird in eine Düse geklebt. Entsprechende Düsen gibt es auf dem Markt in vielen Ausführungen mit unterschiedlichen Durchmessern. Nach dem Einkleben wird der Sensor mit der Düse in den Grundkörper eingeschraubt. Zur Abdichtung kommt ein O-Ring zum Einsatz. Weitere Varianten dieser Lösung sind in Anhang 6 zu finden.

4. Lösung



Diese Lösung entspricht dem grundsätzlichen Aufbau eines Mantelthermometers. Um den Sensor vor Kräften und dem Brühwasser zu schützen wird er in ein Stahlrohr mithilfe von Kleber eingebettet. Durch eine Klemmverschraubung wird das Rohr mit dem Sensor anschließend in ein T-Stück montiert. Die komplette Skizze zu dieser Lösung ist in Anhang 7 zu finden.

5. Lösung



Hier wird eine Weiterentwicklung der Lösung vier gezeigt. Bei der Lösung 5 kann der Sensor in einen Schlauch-Steckverbindung gesetzt werden. Die Lötstellen zwischen Sensor und Kabel werden durch Schrumpfschläuche geschützt. Kabel und Sensor werden wie bei Lösung 4 mit einem Klebstoff in ein Stahlrohr vergossen. Anschließend wird das Rohr in einen Schlauch eingeführt und mit diesem ebenfalls verklebt. Der äußere Schlauch kann nun in die Steckverbindung eingespannt werden. Die komplette Skizze zu dieser Lösung mit dem PTC-Sensor ist in Anhang 8 zu finden. Eine alternative Lösung mit dem NTC-Sensor ist in Anhang 9 zu finden.

4.5 Morphologischer Kasten

Aus den gefundenen Teillösungen wurde ein morphologischer Kasten aufgebaut. Dieser bietet eine Übersicht des aufgespannten Lösungsraumes und erleichtert die Diskussion über alternative Lösungen. Hierzu sind vertikal die verschiedenen Probleme eingetragen und horizontal die durchnummerierten Lösungen. Um nun unterschiedliche Konzepte zu erhalten, werden unterschiedliche Lösungen miteinander kombiniert. Auf diese Weise wurden drei Konzepte erstellt. Diese sind im Nächsten Abschnitt näher beschrieben. Der gesamte Morphologische Kasten mit den gewählten Einzellösungen für die Konzepte ist im Anhang 10 zu finden.

4.6 Gesamtkonzepte

4.6.1 Konzept 1

Das Konzept 1 ist im Anhang 11 zu finden. Dieses ist sehr stark an Brühgruppen von bereits auf dem Markt erhältlicher Espressomaschinen angelehnt. Der Brühkopf besteht aus einem Schmiedeteil. In dieses Vollmaterial werden Bohrungen für den Zulauf, Ablauf und Sensorik eingebracht. Die Verteilung des Brühwassers auf dem gemahlenen Kaffee erfolgt durch eine Spritzdüse und einem Duschesieb. Für die Regelung des Brühwassers kommt Schaltplan 1 zum Einsatz. Um eine möglichst kompakte Bauweise zu erlangen, wurde ein „Mischmodul“ (Anhang 12) eingeführt. Hierin enthalten sind die Zusammenführung des Warm- und Kaltwassers, das statische Mischelement und drei Temperatursensoren. Dies wird direkt mit einem 3/2-Wege-Ventil gekoppelt. Abweichend zur dargestellten Lösung im Schaltplan 1, wird kein Rückschlagventil für die Regulierung des Ablaufes eingesetzt, sondern ein 2/2 Wegeventil. Dies hat den Hintergrund, dass diese Ventile standardmäßig in fast allen Espressomaschinen verbaut werden.

4.6.2 Konzept 2

Beim Konzept 2 wird ebenfalls auf ein geschmiedetes Gehäuse gesetzt. Hier wird jedoch so viel Material wie möglich weggelassen, um den Temperaturverlust im Brühwasser zu minimieren. Das Beheizen des Gehäuses, was bei Konkurrenzprodukten angewandt wird, um die passende Temperatur des Brühwassers zu gewährleisten, kann hier entfallen. Außerdem ergibt sich dadurch eine bessere Implementierung der Sensorik. Als Mischelement wird eine 3D-gedruckte Ausführung verwendet. Das Konzept 2 ist im Anhang 13 zu finden.

4.6.3 Konzept 3

Als drittes Konzept (Anhang 14) wird eine möglichst gute Isolation zwischen dem Brühwasser und der Umwelt angestrebt. Deshalb wurde zum Verteilen des Wassers auf dem Kaffee ein separates Bauteil entworfen. Außerdem wird darauf geachtet, dass möglichst wenig metallene Komponenten mit dem Brühwasser in Berührung kommen. Als Mischelement wir ein Modul wie im Anhang 15 gezeigt, verwendet. Aufgrund der schlechten Verfügbarkeit von 3/2-Wegeventilen, die den geforderten Anforderungen entsprechen, wird bei diesem Konzept Schaltplan 2 verwendet. Hier werden 2/2-Wegeventile eingesetzt, die deutlich besser und in einer größeren Auswahl verfügbar sind. Ein weiterer Vorteil von Ventilen dieser Art ist, dass diese mit Kunststoffgehäusen erhältlich sind.

4.7 Konzeptbewertung

Auf Basis der Anforderungsliste wurden verschiedene Bewertungskriterien bestimmt. Nach der Gewichtung der einzelnen Kriterien wurden die drei Konzepte einzeln bewertet. Durch Multiplikation der Bewertung mit der Gewichtung und anschließender Aufsummierung bekommt man für jedes Konzept eine Punktzahl (Lindemann, 2007):

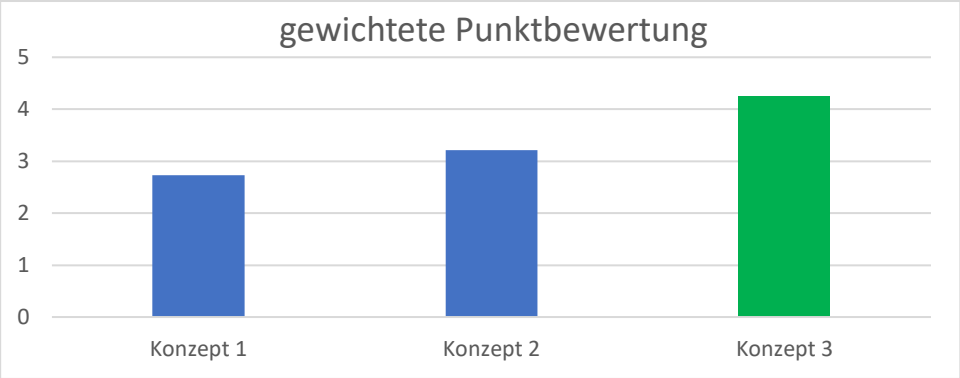


Abbildung 14: Konzeptbewertung (Anhang 16)

Das Konzept 3 erreicht bei dieser Bewertung die höchste Punktzahl. Dieses wird somit als finales Konzept ausgewählt und im Folgenden weiter ausgearbeitet.

5 Entwurf

Auf Basis des Konzepts 3 wurde zunächst in einem 3D-Programm ein Entwurf angefertigt. So konnten die geometrische Anordnung und Form festgelegt werden. Außerdem wurden erste Komponenten, z.B. die Einschraubverschraubungen und Schrauben, festgelegt. Abbildung 16 und Abbildung 15 zeigen Ausschnitte des Entwurfs.

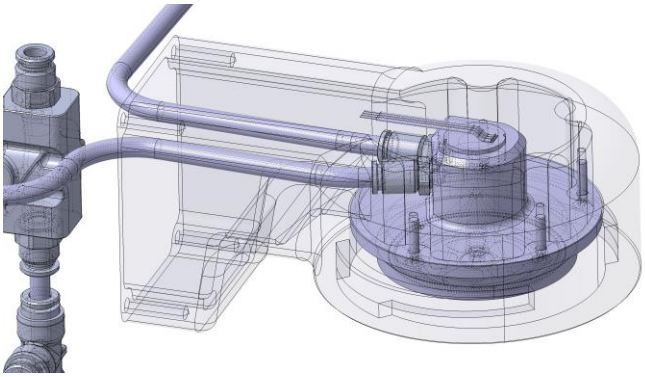


Abbildung 16: Entwurf Brühkopf

Abbildung 15: Entwurf

Eine zunächst vorläufige Gestaltung von geometrischen und stofflichen Eigenschaften eines Produkts, insbesondere die Unterteilung in wichtige Baugruppen ist bei größeren Projekten sehr wichtig (Ehrlenspiel, 2009) (siehe Abbildung 17). Dies wird bei größeren Projekten dadurch realisiert, dass der Vorentwurf nochmals in Module eingeteilt wird. Diese einzelnen Module werden dann näher betrachtet und verschiedene Varianten werden erstellt. Da es sich bei der Brühgruppe bereits um ein Modul der Espressomaschine handelt, wird hier darauf verzichtet. Der Vorentwurf ist somit direkt der Gesamtentwurf. Nähere Spezifikationen der einzelnen Module werden erst in der Ausarbeitungsphase betrachtet.

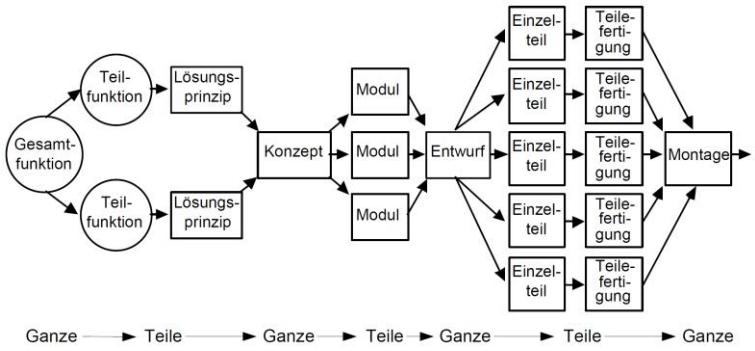


Abbildung 17: Strategie der Aufgliederung in Teilprobleme und des Wechsels vom Detail zum Ganzen (Ehrlenspiel, 2009)

6 Ausarbeitung

Aus dem Entwurf wurde anfangs eine Strukturstückliste abgeleitet. Diese ist im Anhang 17 zu finden. Im Laufe der Ausarbeitung wurde die Stückliste weiter gefüllt. Alle benötigten Informationen für den Einkauf wurden auf der Stückliste vermerkt. In die Struktur der Stückliste sind Überlegungen zur Montage mit eingearbeitet. Die Baugruppen wurden so angeordnet, dass eine Montage möglich ist. Der Aufbau der Brühgruppe entspricht dem Entwurf und kann in der Zusammenbauzeichnung (Anhang 40) betrachtet werden.

Die nächsten Unterpunkte sind in der Reihenfolge der Stückliste angeordnet. So wird eine leichtere Auffindbarkeit von Informationen erreicht. Bei Fragen zu einem Bauteil kann die Pos. Nummer als Nachschlagenummer verwendet werden.

6.1 Gehäuse komplett

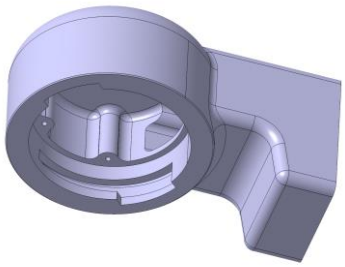


Abbildung 18: Gehäuse komplett, Variante 1

Im Entwurf wurde das Gehäuse als ein Teil konstruiert. Abbildung 18 zeigt die erste Variante.

Als Werkstoff wurde Metall gewählt, da andere Werkstoffe keine geeigneten Eigenschaften für diese Anwendung bieten. Zum einen muss das Material mindestens eine Flächenpressung von 30N/mm^2 (Anhang 18) standhalten, zum anderen darf es nicht nachgeben. Sollte das Material zu weich gewählt werden, funktioniert der Spannmechanismus nicht mehr. Bei Kunststoffen tritt unter Belastung Relaxation ein, wodurch das Gehäuse langsam nachzugeben beginnt. Diesem Verhalten wird in der Praxis bei vielen Anwendungen mit Füllstoffen entgegengewirkt, jedoch wir dadurch die spanende Fertigung erschwert. Des Weiteren muss die Oberfläche eine ausreichend hohe Haftreibungszahl aufweisen. Dies verhindert ein selbstständiges Lösen der Verklemmung zwischen Gehäuse und Siebträger.

Auf Basis dieser Konstruktion wurde nun das Fertigungsverfahren bestimmt. Für eine Prototypenfertigung kommen hier der 3D-Druck und eine konventionelle Fertigung in Frage. Um eine Kosteneinschätzung für das 3D-Drucken des Gehäuses mit einem Metallenen Werkstoff geben zu können, wurden einige Angebote eingeholt. Diese werden in Tabelle 1 gegenübergestellt. Bei der Gehäuseversion 2 wurden nur minimale Veränderungen getätigt. Bei den Herstellkosten hat dies nur einen sehr geringen Einfluss. Deshalb sind die Herstellkosten der beiden Versionen gegenseitig vergleichbar. Die Angebote wurden für unterschiedliche Werkstoffe eingeholt.

Tabelle 1: 3D-Druck Gehäuse

Firma	**Speed Part GMBH**	**PROTIQ**	**PROTIQ**
Datum	06.11.2018	06.11.2018	07.11.2018
Anhang Nr.	Anhang 19	Anhang 20	Anhang 21
Herstellverfahren	Metall Laser Sintern (DMLS)	Metall Laser Sintern (DMLS)	Metall Laser Sintern (DMLS)
Material	Edelstahl 1.4542	Messing	Werkzeugstahl 1.2709
Angefragte Bauteilversion	Gehäuse V1	Gehäuse V2	Gehäuse V2
Preis [€]	3750,82	3970,39	1843,91

Aufgrund der recht hohen Kosten für die Herstellung mit einem 3D-Drucker, wurde die konventionelle, spanende Fertigung für die Gehäuseherstellung gewählt. Als Fertigungsstätte wurde die Hochschule München gewählt, da diese für Prototypenfertigungen mit Bezug auf Projekte von Studenten erlaubt.

Eine Rücksprache mit einem Meister der Hochschule München (Anhang 22) ergab, dass die aktuelle Konstruktion auf den Fertigungsmaschinen in der Hochschule nicht gefertigt werden kann. Es wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Vergrößerung der inneren Radien
- Nuten für die Aufnahme des Siebträgers in einer Buchse auslagern
- schräge Flächen entfernt und durch senkrechte Flächen ersetzt

Aus dieser Änderung resultieren zwei Bauteile. Zum einen das Gehäuse, zum anderen die Buchse.

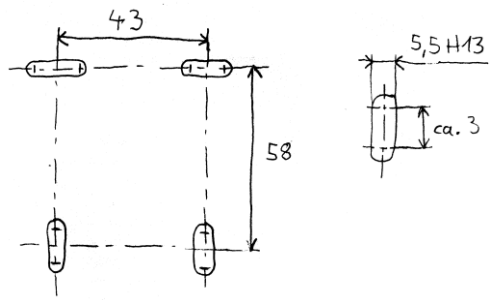


Abbildung 20: Befestigung am Maschinengehäuse

Für die Befestigung am Maschinengehäuse wurden vier Gewindebohrungen und die dazugehörigen Schrauben (siehe 6.14) vorgesehen. Entsprechende Durchgangsbohrungen sind am Maschinengehäuse anzubringen. Es wird an der Kaffeemaschine eine Kontur wie in Abbildung 20 gezeigt vorgeschlagen. Die Breite entspricht Durchgangsbohrungen nach DIN EN 20273 (1992-02). Zu Langlöchern wird geraten, da so Fertigungstoleranzen vernachlässigt werden können. Die Schrauben selbst können keine Zentrierung erreichen. Deshalb muss am Maschinengehäuse ein Anschlag oder eine anderweitige Aufnahme für das Brühgruppen-Gehäuse vorgesehen werden. Für die Gewindebohrungen wurden Material in der Innenkontur stehen gelassen. Die entstehenden Streben sollen die einwirkenden Kräfte beim Anbringen des Siebträgers zum Maschinengehäuse leiten (Abbildung 19).

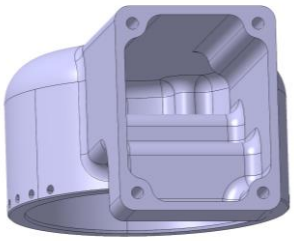


Abbildung 19: Verschraubung Gehäuse

6.1.1 Gehäuse

Die Fertigung des Gehäuses muss aus einem für die Lebensmittelindustrie zugelassenen Werkstoff geschehen. In Anlehnung an Konkurrenzprodukte wurde eine Kupfer-Zink-Legierung (Messing) ausgewählt. Bis 37% sind Kupfer-Zink-Legierungen homogen. Diese Eigenschaft ist für die spanende Bearbeitung nicht erwünscht, weshalb ein höherer Zinkanteil verwendet wird. Durch einen Bleizusatz wird Messing feinkörniger und spanbrechend. Dies kommt daher, dass Blei im α-Kristall praktisch unlöslich ist und sich dadurch an den Korngrenzen abscheidet. Am Markt sind 24 Cu-Zn-Pb-Legierungen handelsüblich. Mit der hohen Anzahl der Sorten lassen sich vielseitige Anforderungen an die Kombination von Spanbarkeit, Kaltformbarkeit und Fertigungsverfahren erfüllen. (Wolfgang Weißbach, 2018)

CuZn39Pb3 ist in Deutschland die Hauptlegierung für Zerspanung. Sie wird vorwiegend dort verwendet, wo es auf eine spanende oder spanabhebende Formgebung ankommt (Deutsches-Kupferinstitut, 2018). Wegen der guten Verfügbarkeit und den guten Eigenschaften für eine spanende Verarbeitung wurde dieser Werkstoff gewählt.

In den entsprechenden Normen für die Messing-Halbzeuge sind unterschiedliche Zustände definiert. Der benötigte Zustand wird unter 6.1.3 festgelegt.

Die Passung für die Aufnahme der Buchse wurde aufgrund des Systems der Einheitsbohrung auf H7 festgelegt.

Für die Prototypenherstellung wird die Oberfläche des Gehäuses nicht beschichtet. Von Seiten der Kaffeewerkstatt München kam der Wunsch auf, eine möglichst individuelle Optik zu erhalten. Bei einer späteren Serienfertigung kann auf Kundenwünsche folgender Art eingegangen werden:

- Oberflächenbeschaffenheit
  - Sichtbare Rillen von der Fräsbearbeitung
  - glatte Oberfläche
- Unterschiedliche Beschichtungen
  - Lackierung in beliebiger Farbe
  - Verchromt
  - Klarlack

6.1.2 Buchse

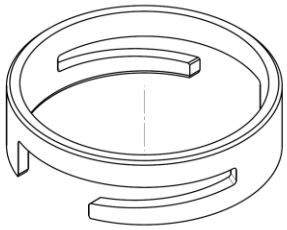


Abbildung 21: Buchse

Abbildung 21 zeigt die finale Form der Buchse. Die Ausfräsungen für die Siebträgerflügel wurden für die Aufnahme eines E61 Siebträgers gestaltet. Von der Kaffeewerkstatt München wurde ein Anschauungsobjekt zur Verfügung gestellt (Abbildung 22). Es wurden die erforderlichen Maße mit Hilfe einer Schieblehre gemessen und die Kontur der Spannnuten entsprechend auskonstruiert. Für eine Problemlose Montage wurde genügend Spiel vorgesehen. An der Unterkante der Buchse ist eine umgehende 1x20° Fase vorgesehen, um den Siebträger besser in die Bohrung einführen zu können.

Abbildung 22: Siebträger

Für die Übertragung der entstehenden Kräfte, die durch den maximalen Druck von 16 bar beim Brühvorgang auftreten, wurde vorerst eine Presspassung zwischen Buchse und Gehäuse vorgesehen. Die Berechnung zeigt, dass ein Außendurchmesser mit einer Presspassung von H7/z6 nötig wäre (Anhang 23), um die auftretenden Kräfte an das Gehäuse zu übertragen. Weiterführende Berechnungen zeigten allerdings auf, dass es eine Problemstelle an der Buchse gibt.

Um die Stabilität der gefrästen Schenkel zu überprüfen wurde eine statische Festigkeitsrechnung durchgeführt. Da die Kräfte, welche durch Reibung zwischen den Schenkeln und der Gehäusebohrung abgestützt werden, nicht bestimmt werden können, wurden diese Kräfte nicht berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Berechnung lieferte die Erkenntnis, dass die Festigkeit der Buchse nicht ausreicht, um den Belastungen beim Brühvorgang standzuhalten.

Um das entstandene Festigkeitsproblem zu lösen, wurden mehrere Lösungsmöglichkeiten gefunden (Anhang 24). Als beste Lösung wurde eine Sicherung mit Hilfe von Zylinderstiften ausgewählt.

6.1.3 Zylinderstift

Die Zylinderstift wurden entsprechend der Berechnung im Anhang 25 ausgewählt. Um einen passenden Sitz zu garantieren werden die Bohrungen erst in der Baugruppe „Gehäuse komplett“ (01.100) gefertigt. Durch die Fertigung in die bereits gefügten Teile wird die korrekte Lage der Bohrungen in der Buchse zu den Bohrungen im Gehäuse gewährleistet. Enge Fertigungstoleranzen in den Einzelteilen entfallen somit. Für einen ausreichend festen Sitz von der Buchse im Gehäuse für das Bohren wurde eine Presspassung H7/s6 vorgesehen. Gewählt wurden Zylinderstifte nach ISO 8734 - 3x10 – C1. Die Zylinderstifte besitzen zur Bohrung eine Übergangspassung H7/m6.

6.2 Mischmodul

Fertigungstechnisch wurde zunächst überlegt, das Mischelement im 3D-Druck-Verfahren herzustellen. Jedoch wurde schnell klar, dass ein Druckwerkstoff, der die folgenden Eigenschaften aufweist, noch nicht auf dem Markt verfügbar ist:

- Wärmeformbeständig bis 103°C
- Lebensmittelverträglich
- geringe Wasseraufnahme
- ausreichend hohe Festigkeit für eine Druckbelastung mit 16 bar
- glatte Oberfläche
- mindestens gleicher Preis wie bei konventioneller Fertigung

Seit kurzem ist ein Filament aus PVDF, der für die Dusche ausgewählte Werkstoff (siehe 6.3.1), verfügbar. Dieser ist jedoch im Vergleich zu anderen Kunststoffarten wegen des frühen Stadiums noch sehr teuer.

Aus diesem Grund wurde vom 3D-Druck abgelassen und alternative Möglichkeiten zur Herstellung gesucht. Das Ergebnis ist eine Baugruppe aus Fertigungs- und Kaufteilen.

6.2.1 Mischelementgehäuse

Das Gehäuse für den statischen Mischer wird aus PVDF gefertigt. Diese Auswahl wurde, neben den hervorragenden Eigenschaften, getroffen, um die Varianz an unterschiedlichen Werkstoffen gering zu halten. Der gleiche Kunststoff wird als Material für die Dusche (6.3.1) verwendet.

6.2.2 Mischelement

In der Konzeptphase wurde ein Wendelmischer als statisches Mischelement ausgewählt (siehe 4.4.4). Diese Art von statischen Mischern trat erstmals 1966 in einer Patentschrift auf (Abbildung 23). Vorangetrieben hat die Entwicklung in diesem Bereich vor allem die Kunststoffverarbeitend, bei der eine gute Vermischung der Einzelkomponenten enorm wichtig ist. Die Weiterentwicklung und Herstellung in großen Stückzahlen gelang vor allem der Firma National Oilwell Varco mit ihren statischen Mischern mit dem Namen Kenics™.

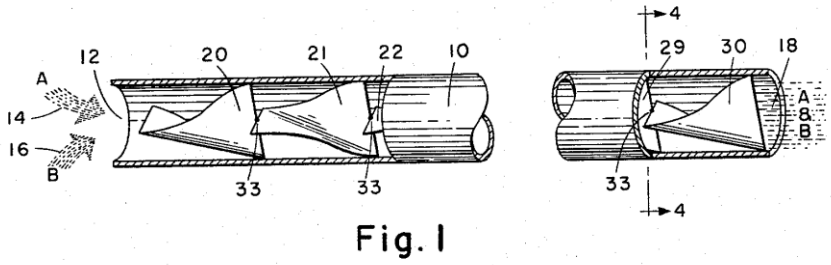


Abbildung 23: Mischvorrichtung von Kenics (Constantine Armeniadesa, 1966)

Lose Mischelemente, die in Rohren appliziert werden können, stellen inzwischen viele Firmen her. Auch die Materialbandbreite ist enorm. Bei der Anwendung in der Brühgruppe wurde als Material Kunststoff angestrebt, da so ein geringer Wärmeverlust erreicht werden kann. Das Wirkungsprinzip kann folgendermaßen beschrieben werden. Im statischen Mischer wird der Materialstrom von einem spiralförmigen Mischelement radial in Richtung der Rohrwände und zurück zur Mitte geleitet. Eine zusätzliche Umkehrung der Fleißrichtung und eine Stromaufteilung ergeben sich aus der Kombination von abwechselnd nach links und rechts gedrehten Elementen. Dies erhöht die Mischeffizienz. Alle Fluide werden kontinuierlich und vollständig vermischt. (National-Oilwell-Varcon, 2016) Bei der Brühgruppe wird so eine homogene Wassertemperatur über den Querschnitt gewährleistet.

Die Mischgüte hängt dabei maßgeblich mit der Anzahl der Spiralelemente zusammen. Mit jedem Element wird der Fluidstrom geteilt. Somit verdoppelt sich die Anzahl der resultierenden Schichten im Fluid mit jedem Element (siehe Abbildung 24).

Abbildung 24: Mischung nach jedem Element bei zwei gleichen Anfangsvolumenströmen (jls-europe.de, 2018)

Aufgrund der sehr guten Mischwirkung werden bei der Brühgruppe nur wenig Elemente benötigt. Über das Mischverhalten bei stark unterschiedlichen Volumenströmungen kann keine konkrete Aussage getroffen werden.

Für den Prototypen wurde ein Mischelement aus dem Kunststoff PTFE ausgewählt. Somit wird eine Einsatztemperatur bis 125°C und eine Druckbelastung bis 21 bar möglich (www.esska.de, 2018). Entsprechende Lösungen werden für die Mischung von Zweikomponentenklebstoffen verwendet und sind deshalb in großer Varianz am Markt erhältlich. Auf eine individuelle Lösung wurde verzichtet, da die Kostenvorteile und Verfügbarkeiten von Standardprodukten bei diesem Bauteil eine große Rolle spielen.

Weiterführende Versuche könnten zeigen, wie viele Mischelemente nötig sind, um das Heiß- und Kaltwasser zuverlässig zu vermischen. Das ausgewählte Produkt besitzt 26 Elemente. So sollte durch stufenweises Kürzen des vorhandenen Mischelements ein Versuch durchgeführt werden.

Eine technische Zeichnung konnte auf Anfrage nicht bereitgestellt werden. Aus diesem Grund wurde das Mischelement zunächst lose in eine Bohrung gesetzt. Aufgrund der Reibung zwischen Gehäusewand und Mischelement sollte keine Verschiebung möglich sein. Tritt beim

Prototyp dennoch eine Bewegung des Mischelements auf, muss eine Fixierung entwickelt werden.

6.2.3 Gewindeeinsätze

Um die Teilevielfalt gering zu halten wurden die gleichen Gewindeeinsätze wie in „Dusche komplett“ verwendet (siehe 6.3.6).

6.2.4 Gerade Einschraub-Verschraubungen

Um die Teilevielfalt gering zu halten wurden die gleichen geraden Einschraub-Verschraubungen, welche bei der Endmontage in die „Dusche komplett“ eingeschraubt werden, verwendet (siehe 6.13).

6.3 Dusche komplett

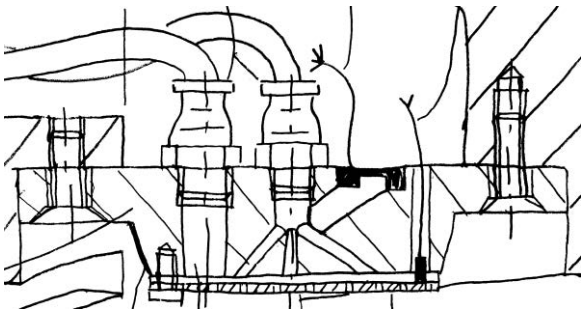


Abbildung 25: Dusche im Konzept 3

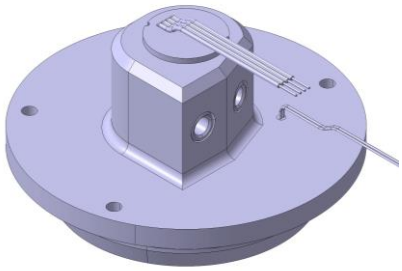


Abbildung 26: 3D-Modell der Dusche

Die Geometrie der Dusche wurde im Vergleich zum Konzept teilweise stark angepasst. In Abbildung 25 und Abbildung 26 ist das Konzept dem fertig auskonstruiertem 3D-Teil gegenübergestellt.

Der größte Unterschied besteht in dem zusätzlich erhöhten Anschlusselement für die Schläuche. Auf diese Weise wird ein Aufbau erreicht, in dem der Drucksensor ohne separate, schräge Bohrung in die Dusche aufgenommen werden kann. Durch den seitlichen Anschluss der Schläuche wird ein Umbiegen der Schläuche verhindert. Abbildung 27 zeigt den Verlauf der Bohrungen für das Abwasser bzw. Spülwasser. Abbildung 28 zeigt den Bohrungsverlauf für das Brühwasser.

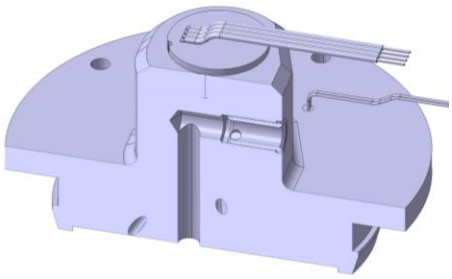


Abbildung 27: Führung des Abwassers

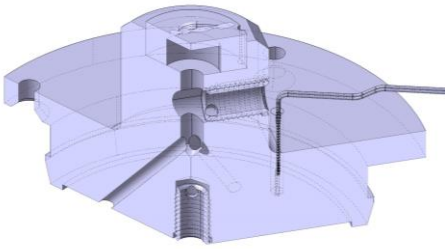


Abbildung 28: Führung des Brühwassers

Das Dichtungskonzept wurde geändert. Aufgrund der relativ hohen Festigkeit des gewählten Werkstoffs (siehe 6.3.1), ist mit diesem Material keine gute Dichtwirkung zu erzielen. Es wurde eine separate Dichtung konstruiert, die auf der Dusche in eine Nut montiert wird. Nähere Informationen zur Dichtung sind unter 6.6 zu finden.

6.3.1 Dusche

Als Material wurde der Kunststoff Polyvinylidenfluorid (PVDF) gewählt. Dieser hat die Auswahl auf Basis einer gewichteten Punktbewertung (Anhang 26) mit einer Punktzahl von 2,2 gewonnen. Für die Werkstoffauswahl wurden fünf Kunststoffe herausgesucht, die alle nach Herstellerangaben eine gute Beständigkeit gegen heißes Wasser aufweisen und in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden können. Da in solche Bewertungen immer subjektive Faktoren mit einlaufen, sollte PEEK mit einer Punktzahl von 2,0 trotzdem betrachtet werden.

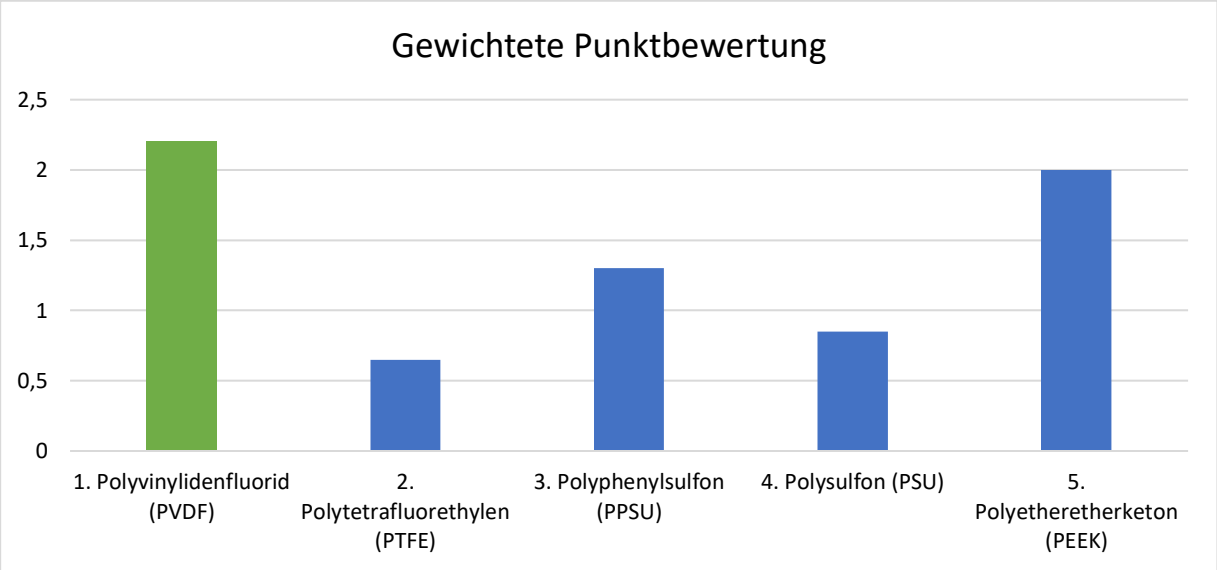


Abbildung 29: Auswahl Werkstoff Dusche

Ein wichtiger betrachteter Parameter ist die Wasseraufnahme der Kunststoffe, da diese einen längeren, direkten Kontakt mit Wasser aushalten müssen, ohne ihre Eigenschaften zu verlieren. Die Wasseraufnahme hat dabei Einfluss auf die Glasübergangstemperatur und verursacht Längenänderungen. Die Glasübergangstemperatur kann sich zwischen trocken und maximaler Wasseraufnahme (10% bei PA 6) um ca. 50°C zu tieferen Temperaturen hin verschieben (Peter Eyerer, 2005). Die verursachte Längenänderung liegt zwischen $^1/_4$ und $^1/_3$ der Wasseraufnahme, d.h. 1 % Wasseraufnahme verursacht 0,25 bis 0,33 % Längenzuwachs. Es wird unterschieden zwischen der Wasseraufnahme bei Normklima und bei Wasserlagerung. Bei dieser Bewertung wurde die Aufnahme bei Wasserlagerung als Vergleichswert herangezogen, was die prozentuale Gewichtszunahme des Kunststoffes durch Wasseraufnahme bei Lagerung in Wasser beschreibt. (Kern-GmbH, 2018)

Der gewählt Kunststoff PVDF gehört wie PTFE zu den Fluorkunststoffen. Aus diesem Grund hat er neben der sehr guten Chemikalienbeständigkeit, ebenfalls eine hohe Temperaturbeständigkeit.

6.3.2 Temperatursensor

Aufgrund der gleichen Anforderungen an den Temperatursensor wie an den Sensor im Temperatursensormodul, wird dieser widerverwendet. Nähere Informationen sind unter 6.4.1 einzusehen.

6.3.3 Kabel

Um die Teilevielfalt gering zu halten und aufgrund ähnlicher Anforderungen, werden die gleichen Kabel wie im Temperatursensormodul verwendet (siehe 6.4.5)

6.3.4 Schrumpfschlauch

Um die Teilevielfalt gering zu halten und aufgrund ähnlicher Anforderungen, wird der gleiche Schrumpfschlauch wie im Temperatursensormodul verwendet (siehe 6.4.6)

6.3.5 Drucksensor

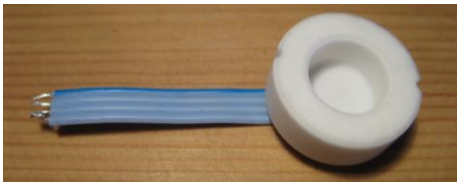


Abbildung 30: Keramischer Drucksensor der Fa. B+B

Für die Druckmessung im Brühkopf wurde ein Keramischer Drucksensor der Fa. B+B vorgegeben (Bestell-Nr. 0391 0001-08). Dieser Besitzt einen Messbereich von 0-25 bar Relativdruck und kann in einem Temperaturbereich von –40 bis 105 °C eingesetzt werden. In der Dusche wurde für den Sensor eine Aufnahmebohrung vorgesehen. In diese soll der Sensor mit Klebstoff druckdicht montiert werden. Die Tolerierung der Bohrung wurde so gewählt, dass der Sensor ohne Hilfsmittel in die Bohrung gesetzt werden kann. Vor der Montage werden die Zylinderfläche und ein Teil der unteren Planfläche mit Kleber bestrichen. Der gewählte Klebstoff (6.3.8) ist innerhalb von Sekunden Handfest ausgehärtet, wodurch die Montage innerhalb dieser Zeitspanne erfolgen muss.

6.3.6 Gewindeeinsätze

Zum einschrauben der geraden Einschraubverschraubungen der Fa. Römer wird ein M5 Gewinde benötigt. Da ein Gewinde der genannten Größe in den meisten Kunststoffarten keine große Belastung aushält, muss eine andere Lösung gefunden werden. Die drei Möglichkeiten einer mechanischen Verbindung in Kunststoffen sind Direktverschraubungen, Schnappsysteme oder Inserts. Aufgrund folgender Vorteile werden bei dem vorliegenden Einbaufall Gewindeeinsätze verwendet:

- sichere, (spannungsfreie) Verankerung mit hohen Auszugs- und Torsionswerten
- Senkung der Herstellkosten der Kunststoffteile und Erhöhung der Qualität der Erzeugnisse
- Vorteile gegenüber selbstschneidenden Schrauben, da die Verbindung ohne Gewindebeschädigung beliebig oft lösbar ist

(Böllhoff, 2017)

Auf dem Markt gibt es viele Firmen, die ihre Lösungen anbieten. Genormte Bauteile gibt es in diesem Bereich noch nicht. Für eine Auswahl wurden zunächst Anforderungen an die Gewindeeinsätze bestimmt:

- Auszugskraft min. 40 N
- Tiefe der Aufnahmebohrung max. 10 mm
- geringe Wärmeleitfähigkeit
- Freigabe für Lebensmittelkontakt
- gerade Aufnahmebohrung
- Montage ohne außergewöhnliche Hilfsmittel (nur für den Prototypen)
- möglichst geringer Einbauraum
- geeignet für den Kunststoff PVDF
- gute Verfügbarkeit

Grundsätzlich sind unterschiedliche Arten von Gewindeeinsätzen erhältlich. Diese unterscheiden sich hauptsächlich durch die Montage. Es wird unterschieden zwischen:

- Montage mit Ultraschallschweißung oder Warmeinbettung
- Gewindeeinsätze zum Einschrauben
    - selbstschneidend

  - spanlos
- Expansions-Gewindeeinsätze
- Gewindeeinsätze zum Einpressen
- Gewindeeinsätze zum Umspritzen

(SPIROL, 2017)

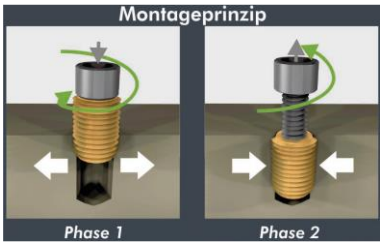


Abbildung 32: Montageprinzip Gewindeeinsätze (SECAM, 2018)

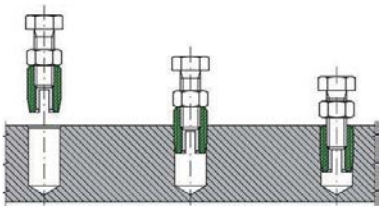


Abbildung 31: Montageprinzip Gewindeeinsätze (Kerb-Konus, 2018)

Bei der Montageart wurde sich für Gewindeeinsätze zum Einschrauben entschieden, da diese mit Hilfe einer Zylinderschraube montiert werden können (Abbildung 32). Ein alternatives Montageprinzip mit einer Sechskantschraube und Mutter wird in Abbildung 31 gezeigt. Die Montage mit Hilfe von Normteilen erspart bei der Prototypenfertigung die Kosten für die Anschaffung von Spezialwerkzeugen. Werden höhere Stückzahlen produziert, empfiehlt sich die Anschaffung von Eindrehwerkzeugen. Diese können von den Herstellern der Gewindeeinsätze bezogen werden. Bei der Serienfertigung sollte außerdem geprüft werden, ob der Einsatz von anderen Arten von Gewindeeinsätzen Kostenvorteile durch kürzere Montagezeiten bringt.

Gewindeeinsätze zum einschrauben erzielen die höchsten Auszugskräfte für einen nach dem Entformen montierten Gewindeeinsatz. Die Gewinde sind mit einem dünnen Profil konstruiert, um einwirkende Spannungen zu minimieren. Die relativ große Steigung führt zu einer maximalen Scherfläche im Kunststoff, wodurch hohe axiale Belastungen ausgehalten werden können. (SPIROL, 2017)

Für die Auswahl des verwendeten Gewindeeinsatzes wurden unterschiedliche Hersteller herausgesucht, die Gewindeeinsätze in ihrem Portfolio führen. Von jeder Firma wurde anschließend ein Gewindeeinsatz in die Auswahl aufgenommen, dessen Eigenschaften die Anforderungen am besten abdecken. Abschließend wurde eine Punktbewertung durchgeführt. Zunächst wurde ein Gewindeeinsatz der Firma Böllhoff ausgewählt, da dieser eine spanlose Montage ermöglichte. Dies erforderte allerdings eine konische Aufnahmebohrung. Nach Rücksprache mit der Fertigung wurde die Auswahl nochmals geändert, da die Herstellung einer konischen Bohrung ohne Spezialwerkzeug mit sehr hohem Aufwand verbunden ist. Nach einer erneuten Punktbewertung konnten sich zwei Einsätze als beste Optionen hervorheben (Anhang 28, Abbildung 33). Letztendlich wurde ein Gewindeeinsatz der Fa. Kerb Konus gewählt, da dieser besser verfügbar ist als der von der Fa. SECAM.

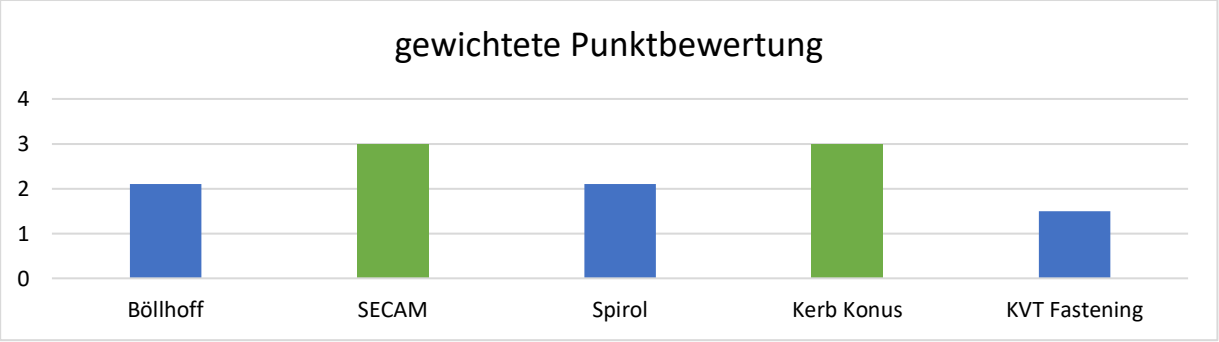


Abbildung 33: Auswahl Gewindeeinsatz

Für den Einbau von Gewindeeinsätzen werden von den Herstellern einige Vorgaben gemacht. Für die Konstruktion der Brühgruppe wichtige Hinweise werden hier aufgezeigt und die Umsetzung beschrieben.

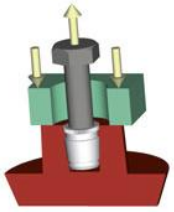


Abbildung 34: Belastung eines Gewindeeinsatzes (Böllhoff, 2017)

In der Brühgruppe findet ein Gewindeeinsatz ohne Kopf verwendung. Die Auswahl wurde auf diese Form beschränkt, da keine Aussage über die Dichtigkeit des Gewindeeinsatzes gemacht werden kann. Bei Einsätzen ohne Kopf dichtet der O-Ring der geraden Einschraubverschraubung zwischen Gewindeeinsatz, Dusche und Einschraubverschraubung. In der Brühgruppe tritt eine axiale Auszugskraft auf (Abbildung 34). Bei vergleichbaren Gewindeeinsätzen der Fa. Böllhoff in dem Werktsoff ABS werden beim einem M5 Gewindeeinsatz mit der Länge 10mm Auzugskräfte von ca. 5kN erreicht. Da der Außendurchmesser dieser Einsätze geringügig größer ist, muss bei den ausgewählten Gewindeeinsätzen mit einer geringeren Auszugskraft gerechnet werden. Überschlägig lässt sich die auftretende Auszugskraft durch Folgene Formel Berechnen:

$$F_{Auszug,vorhanden} = p_{max} * A_{Gewinde} = 1{,}6\frac{N}{mm^2} * \left(\frac{5mm}{2}\right)^2 * \pi = 31{,}4N$$

Somit wird klar, dass die auftretenden Kräfte weit unter den möglichen Belastungen liegen.

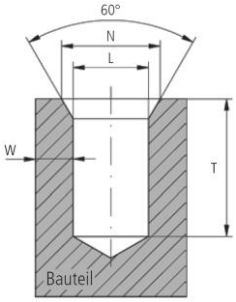


Abbildung 35: Aufnahmekontur (Kerb-Konus, 2018)

Der Hersteller des ausgewählten Gewindeeinsatzes macht Vorgaben zur Gestaltung der Aufnahmebohrung. Grundsätzlich gilt, dass ein größeres Kernloch das Einschrauben erleichtert, jedoch zu einer Reduzierung der Auszugskraft und des Verdrehmomentes führt. Eine Phase oder spezielle Aufnahmekontur erleichtert die Positionierung und das Einschrauben. Zudem verhindert sie das Aufwerfen der Werkstückoberfläche (SECAM, 2018). Die Kontur des Kernlochs wurde nach den Vorgaben des Gewindeeinsatzherstellers konstruiert (Abbildung 35). Für die Prototypenfertigung wurde der Winkel 60° auf 45° gesetzt. Dieser Winkel lässt sich leicht mit einem Kegelsenker fertigen, so muss kein Spezialwerkzeug angefertigt werden. Wenn die Montage des Prototyps keine Probleme hervorruft, kann die Kontur in der Serienfertigung so übernommen werden.

Für die Montage wird von der Firma Kerb Konus ein Richtwert für das Drehmoment zum Einbau von Gewindeeinsätzen gegeben. Für die Gewindegröße M5 wird ein Eindrehmoment von 10 Nm angegeben (Kerb-Konus, 2018). Beim Eindrehen entsteht Span, der nach der Montage durch Druckluft entfernt werden muss.

6.3.7 Epoxidharzkleber

Es wird ein Kleber zum druckdichten Verschließen der Temperatursensorbohrung benötigt. Er muss in der Lage sein eine Kombination von PTFE (Schrumpfschlauch), ETFE (Kabelisolation) und PVDF (Dusche) zu verkleben. Diese vier Materialien gehören der Kunststoffgruppe Polyolefine an. Welche Besonderheiten bei der Verklebung dieser Materialien zu beachten sind, ist in Tabelle 2 (siehe 6.4.7) aufgelistet.

Die Klebstoffart ist auf Cyanacrylatklebstoff und Epoxidharzklebstoff reduziert. Wie unter 6.4.7 beschrieben wird, fallen Cyanacrylatklebstoffe wegen einer maximalen Klebstoffschicht

von 0,2mm weg.

Aufgrund der Freigabe für die Lebensmittelindustrie wird der gleiche Klebstoff wie unter 6.4.7 verwendet.

6.3.8 Cyanacrylatkleber

Für die Verklebung zwischen Drucksensor und Dusche wird ein Klebstoff benötigt, der sowohl auf Keramik, als auch auf PVDF haftet. Aufgrund des geringen Spaltmaßes von max. 0,1mm bietet sich ein Klebstoff auf Cyanacrylat-Basis an. Dieser kann auf sauberer und trockener Keramik im Allgemeinen ohne Vorbehandlung eingesetzt werden. Falls das Keramik verschmutzt ist, sollte es sorgfältig getrocknet, mit einer Drahtbürste abgebürstet und von Staub befreit werden (Rasche, 2012). Auch die Klebung von PVDF ist unter Vorbehandlung mit einem Primer möglich (siehe 6.4.7).

Aufgrund der Freigabe für die Lebensmittelindustrie wird der gleiche Klebstoff wie unter 6.4.8 verwendet. Im Datenblatt für diesen Kunststoff sind Zugscherfestigkeit auf Kunststoffen von ca. 7N/mm^2 angegeben.

Wegen großen Druckangriffsfläche im Sensor wurde zur Überprüfung der Haltbarkeit der Klebung eine Berechnung durchgeführt (Anhang 27). Das Ergebnis liefert, dass mindestens eine Scherfestigkeit von 1,3 N/mm^2 nötig ist. Auf den mit Primer vorbehandelten Oberflächen werden die Funktionseigenschaften der LOCTITE® Cyanacrylat-Klebstoffe im ausgehärteten Zustand im Allgemeinen ähnlich wie in dem Technischen Datenblatt für den jeweiligen Klebstoff angegeben sind erreicht (Loctite, 2017). Somit besitzt der Klebestoff LOCTITE® 454™ eine ausreichende Festigkeit.

6.3.9 Primer

Als Haftvermittler wird der gleich Primer wie für die Vorbehandlung von Bauteilen des Temperatursensormoduls verwendet (siehe 6.4.9).

6.3.10 Weichlot

Zum Verlöten der Kabel mit dem Temperatursensor wird das gleiche Weichlot wie bei dem Temperatursensormodul verwendet (siehe 6.4.10).

6.4 Temperatursensormodul

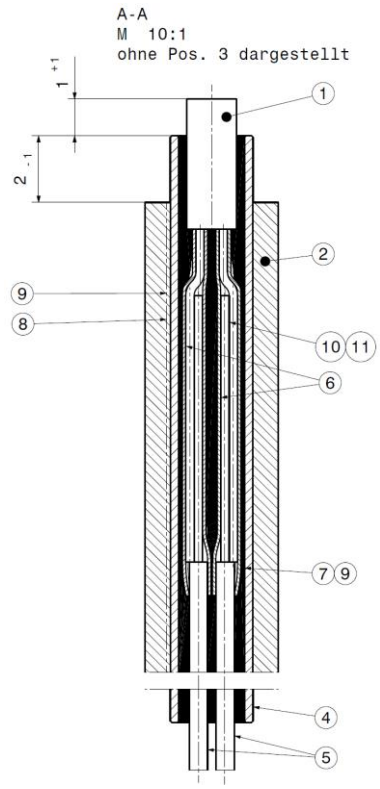


Abbildung 36: Temperatursensormodul

Das Temperatursensormodul wird entsprechend dem gewählten Konzept aufgebaut (Anhang 8). Aufgrund der nun bekannten Kontur wurden kleinere Änderungen vorgenommen. Der Aufbau soll hier kurz erklärt werden.
Der größte Zielkonflikt war, sowohl den Sensor vor äußeren Einflüssen zu schützen, als auch die schnelle Reaktionszeit des Sensors beizubehalten. Die gefundene Lösung ist in Abbildung 36 zu sehen. Das Temperatursensormodul wird aus 10 unterschiedlichen Komponenten aufgebaut. Die Beschreibung zu jedem Einzelteil wird in den kommenden Unterpunkten gegeben.

Ein Unterschied zum Konzept ist, dass der dritte Schrumpfschlauch über Sensor und Kabel weggelassen wird. Dafür ragt das Metallröhrchen (4) weiter aus dem Schlauch (2) raus. Des Weiteren wird das Metallröhrchen komplett mit dem Epoxidharz (7) vergossen. Durch die Kapillarwirkung im Inneren des Rohres sollte der dünnflüssige Epoxidharzkleber das Röhrchen vollständig füllen. Für einen guten Kontakt zum Brühwasser ragt der Sensor (1) ca. 1mm aus dem Röhrchen heraus. Beim Befüllen mit Epoxidharz wird der Sensor damit überzogen. Dadurch bildet sich eine dünne Schicht, welche den Sensor schützt. Durch Einspannen des Schlauches in ein T-Stück der Fa. Römer kann das komplette Sensormodul in die Brühgruppe problemlos integriert werden.

Um den Einfluss der Epoxidschicht über dem Sensor zu überprüfen sollten Versuche durchgeführt werden. Dabei sollte geklärt werden, wie stark der Einfluss auf die Schnelligkeit des Sensors ist. Außerdem, wie gut die Schicht den Sensor vor Einflüssen durch das Brühwasser schützt. Letztendlich sollte zusätzlich eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt werden.

6.4.1 Temperatursensor

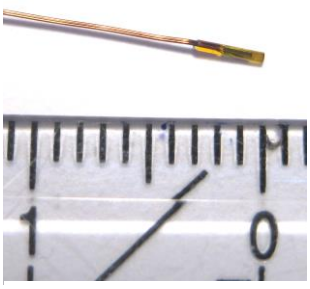


Abbildung 38: NTC-Sensor

Zur Auswahl standen Anfangs zwei Sensoren, ein NTC-Sensor der Fa. TE Connectivity (Abbildung 38) und ein PTC-Sensor der Fa. thermodirekt.de (Abbildung 37).
Entschieden wurde sich letztendlich für den PTC-Sensor. Der Hauptgrund war die Nichtlinearität der Widerstandskennlinie bei NTC-Sensoren. Der gewählte Sensor entspricht nicht der Abbildung 37, sondern ist länger als der Abgebildete. Dies hat den Vorteil, dass er weiter in das Brühwasser ragen kann. Die Temperaturmessung findet ganz vorne am Sensor statt. Der blaue Kunststoff ist eine Versiegelung der Lötstellen.

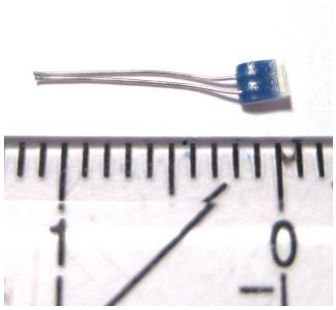


Abbildung 37: PTC-Sensor

Der Platin-Chip-Temperatursensoren der Fa. thermodirekt.de (Artikel Nr.: 216025) ist in einem Temperaturbereich von -196 ... +500°C einsetzbar. Er besitzt im Rohzustand eine

Ansprechzeit von 0,07s im Wasser. Seine Abmaße sind 3,9x1,5x1,0 mm und er entspricht dem internationalen Standard PT100, welcher in der Norm EN 60751 beschrieben wird.

Der Temperatursensor wir mit der schmalen Seite senkrecht zur Stromrichtung eingebaut. Dadurch wird ein geringerer Stromwiderstand erreicht.

6.4.2 Schlauch d4

Abweichend von den restlichen Rohren in der Brühgruppe werden hier keine Schläuche der Fa. Römer verwendet. Aufgrund der speziellen Abmaße von außen 4mm und innen 2,5mm wurde ein alternativer Lieferant ausgewählt. Wegen der geforderten hohen Temperaturbeständigkeit von bis zu 105°C fiel die Werkstoffwahl auf PTFE.

6.4.3 T-Steck-Verbindung

Es wird eine T-Steck-Verbindungen der Fa. Römer verwendet. Diese erfüllen alle Anforderungen. Hiermit wird der konsequente Einsatz der ELSA Steckverbindung angewandt. Beim Temperatursensormodul wird eine Verbindung benötigt, welche zwei Ø6 Anschlüsse und einen Ø4 Anschluss besitzt. An die zwei größeren Steckanschlüsse werden die Verbindungsschläuche für den Wassertransport angeschlossen. In den kleineren Steckanschluss wird der verklebte Temperatursensor eingespannt.

Bei der Montage des Temperatursensors muss der Monteur darauf achten, den Sensor in der richtigen Position zu montieren. Durch eine Lage mit der längeren Seine in Strömungsrichtung wird ein geringerer Druckverlust erreicht. Trotzdem muss gewährleistet sein, dass der Sensor ein Stück in den Volumenstrom hereinragt.

6.4.4 Metallröhrchen

Das Metallröhrchen hat die Aufgabe, die Stabilität der Konstruktion zu gewährleisten. Sie gibt dem Sensor die nötige Steifigkeit, um der entstehenden Querkraft durch den Brühwasserstrom entgegenzuwirken. Gewählt wurde ein Röhrchen aus Edelstahl (V2A) nach DIN 17457 mit einem Außendurchmesser von 2,5mm und einer Wandstärke von 0,25mm.

6.4.5 Kabel

Für die Überbrückung des Abstandes im Metallröhrchen wird ein Kabel mit einem Leiterdurchmesser von 0,25mm verwendet. Dies entspricht den Anschlussdrähten des Temperatursensors, welcher ebenfalls Drähte mit einem Durchmesser von 0,25mm besitzt.

Für die weitere Signalübertragung zum Microcontroller wird dazu geraten, Kabel mit einem größeren Querschnitt zu verwenden, um den Widerstand zu verringern.

6.4.6 Schrumpfschlauch

Zum Schutz der Lötstellen und um den Kontakt mit dem Metallröhrchen zu verhindern, werden Schrumpfschläuche eingesetzt. Diese mussten sehr klein gewählt werden, da keine Isolierung auf den Drähten der Temperatursensoren ist. Es werden Schrumpfschläuche der Größe AWG34 benötigt. In dieser Größe werden Schrumpfschläuche nur in dem Werkstoffen PTFE und PET angeboten. Zudem darf die Wandstärke aufgrund von Platzmangel 0,2mm nicht übersteigen. Ausgewählt wurde ein Schrumpfschlauch aus PTFE, da bei PET nur Schrumpfungen von 15 bis 20% empfohlen werden (DETAKTA, 2015). Dies ist nachteilhaft, aufgrund der großen Differenz zwischen Sensorkabeldurchmesser (0,25 mm) und Durchmesser der Isolation des Kabels (0,51 mm).

Schrumpfschläuche aus PTFE benötigen eine Schrumpftemperatur von 340° +/- 10° C. Dieser Kunststoff erreicht bei ca. 330°C die Glasübergangstemperatur. Bei dieser Temperatur werden die Schläuche kristallklar und erhalten ein glasklares Aussehen. Allerdings ist zu beachten, dass bereits bei Temperaturen über 350°C die Schrumpfschläuche thermisch geschädigt werden und ihr plastisches Gedächtnis zerstört wird.

Die zu beschrumpfenden Teile müssen diese Temperaturbelastungen kurzzeitig standhalten. Deshalb sollte darauf geachtet werden, dass beim Schrumpfvorgang nur der Schrumpfschlauch mit der Hitzequelle in Berührung kommt. Eine andere Problematik bilden sehr massive Teile, welche eine große Kühlwirkung auf die Schläuche erzielen und den Schrumpfvorgang negativ beeinflussen. Dieses Problem tritt bei Sensor und Kabel nicht auf. Eine gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung aller Seiten liefern die besten Ergebnisse. Ungleichmäßiges Erwärmen oder Abkühlen kann zur Reißbildung bei den PTFE-Schrumpfschläuchen führen.

Als Wärmequellen können Umluftöfen, Heißluft oder offene Flammen (Gasbrenner) verwendet werden. Um die Temperatur auf den Bereich des Schrumpfschlauches zu begrenzen, wird der Umluftofen ausgeschlossen. Bei dem Einsatz von offenen Flammen muss sichergestellt sein, dass örtliche Überhitzungen nicht auftreten, da der PTFE-Schrumpfschlauch dort sein Schrumpfvermögen verliert (DETAKTA, 2015).

6.4.7 Epoxidharzkleber

Der Epoxidharzkleber wird dazu verwendet, den Hohlraum im Inneren des PTFE Schlauchs aufzufüllen und abzudichten. Zusätzlich wird der Kleber dazu verwendet, den Sensor zu schützen.

Vor der Auswahl der Kleber wurden allgemeine Anforderungen an den Klebstoff für die Abdichtung des Rohres formuliert:

- spaltfüllend (min. 1 mm)
- temperaturbeständig bis min. 105°C
- Fügematerialien
    - Edelstahl (Röhrchen)
    - PTFE (Schrumpfschlauch)
    - ETFE (Kabelisolation)
    - PVDF (Dusche)
- Freigabe für direkten Lebensmittelkontakt
- wasserfest
- dichtend

Zunächst wurde untersucht, mit welchen Klebstoffarten die einzelnen Fügematerialien geklebt werden können und welche Besonderheiten beachtet werden müssen.

Tabelle 2: Klebeeigenschaften Fügepartner Temperatursensormodul

Edelstahl	Die Bandbreite der für Edelstahl-Klebungen geeigneten Klebstoffe reicht von 1K-/2K-Epoxy-Klebestoffe über 1K-/2K-Polyurethane, 2K-MMA-Klebstoff und diverse Anaerobe sowie Cyanoacrylate. Am häufigsten zum Einsatz kommen jedoch Zweikomponentenklebstoffe auf Epoxidharz- oder Polyurethanbasis, die drucklos bzw. unter geringem Fixierdruck bei Raumtemperatur aushärten. (3M, 2018)

PTFE	Mit nur 18,5 mJ/m^{-2} ist die Oberflächenenergie sehr niedrige und verursacht damit eine schlechte Klebbarkeit von Polytetrafluorethylen (Habenicht, 2009). Inzwischen gibt es allerdings Primer, die zur Verbesserung des Adhäsionsverhaltens und für die Haltbarkeit der PTFE-Klebung verwendet werden. Der Primer wird dazu möglichst dünn auf die Klebeoberfläche aufgepinselt oder aufgesprüht. Im Anschluss an die Oberflächen-Vorbehandlung gelingt es, Teflon mit dauerklebrigem oder haftklebrigem Klebstoff zu kleben. Als Klebstoffe eignen sich Adhäsionsklebstoffe auf Epoxidharz- oder Cyanacrylat-Basis. (3M, 2018)
ETFE	Dieser Werkstoff verhält sich wie PTFE, da er ebenfalls zu den Fluorpolymeren zählt. (Habenicht, 2009)
PVDF	Dieser Werkstoff verhält sich wie PTFE, da er ebenfalls zu den Fluorpolymeren zählt. (Habenicht, 2009). Das Verkleben mit Kleblacken oder Zweikomponenten-Klebstoffen ist möglich (Saechtling, et al., 2013)

Für die Klebeschicht zwischen Metallröhrchen, Sensor, Schrumpfschlauch und Kabel ist der Einsatz von Cyanacrylatklebstoffen oder Epoxidharzklebstoffen möglich. Für die Verwendung von Klebstoffen auf Cyanacrylat-Basis gilt allerdings eine Begrenzung der Klebeschicht von bis zu maximal 0,2 mm (Habenicht, 2009). Diese Grenze wurde vor kurzem von der Firma Loctite durch die Entwicklung eines Klebstoffs auf Cyanacrylat-Basis, der ein Spaltfüllvermögen von bis zu 5mm aufweist, deutlich erweitert (Henkel, 2016). Dieser besitzt jedoch keine Freigabe für die Lebensmittelindustrie kann aus diesem Grund nicht verwendet werden. Weitaus interessanter an dieser Klebestelle sind die Epoxidharzklebstoffe. Hier ist die Auswahl an Verfügbaren Produkten deutlich größer.

Am besten entspricht ein Klebstoff der Firma Loctite den Anforderungen. Der Epoxidharzkleber mit dem Handelsnamen LOCTITE® EA 9480™ ist ein zweikomponentiger, bei Raumtemperatur härtender Epoxidharzklebstoff zum Einsatz bei Anwendungen mit Lebensmittelkontakt. Er hat eine mittlere Aushärtegeschwindigkeit.

Bei der Anwendung sollte beachtet werden, dass der Klebstoff bei Raumtemperatur erst nach 270 Minuten Handfest ausgehärtet ist. Nach dem Mischen der zwei Komponenten ist er zunächst fließfähig (pastös). Komplett ausgehärtet ist der Klebstoff bei Raumtemperatur erst nach sieben Tagen. Nach einem Tag erreicht die Festigkeit 60% der Endfestigkeit. Durch Warmaushärtung kann die Wartezeit wesentlich verkürzt werden. Bei einer Temperatur von 80°C ist die Endfestigkeit bereits nach 1h erreicht. (Loctite, 2017)

6.4.8 Cyanacrylatkleber

In diesem Unterpunkt wird die Klebung zwischen PTFE Schlauch und Metallröhrchen behandelt. Aufgrund der Schlechten Klebeeigenschaften von PTFE (siehe Tabelle 2) ist hier nur die Klebung mit einem Cyanacrylatklebstoff oder Epoxidharzklebstoff möglich. An dieser Klebestelle entsteht allerdings nur ein sehr geringer Spalt. Aus diesem Grund kann ein Cyanacrylatkleber verwendet werden. Aufgrund von deutlichen Kostenvorteilen im Vergleich zu Epoxidharzklebern wird dieser auch verwendet. Um eine geringe Herstellervielfalt zu erhalten, wurde nach einem passenden Cyanacrylatkleber der Firma Loctite gesucht.

Ausgewählt wurde der Klebstoff LOCTITE® 454™. Dieser wird hauptsächlich zum Verbinden von schwer verklebbaren Werkstoffen eingesetzt. Er ist freigegeben nach NSF Kategorie P1 zum Einsatz als Dichtstoff in der Lebensmittelverarbeitung in Bereichen, wo kein Kontakt mit Lebensmitteln möglich ist.

Bei der Anwendung muss beachtet werden, dass der Klebstoff schon nach fünf Sekunden Handfest ausgehärtet sein kann. Die genaue Aushärtezeit wird nicht angegeben, sondern hängt von den zu verklebenden Materialien ab. Vor der Weiterverwendung des Temperatursensormoduls sollte der Klebstoff vollständig ausgehärtet sein. Typische Aushärtezeiten je nach Klebespalt, Werkstoff und Umgebungsbedingungen sind ca. 24 – 72 h nach dem Montieren.
(Loctite, 2017)

6.4.9 Primer

Loctite Schlägt in ihren Katalog die Verwendung des Primers LOCTITE® SF 770™ vor. Dieser wird eingesetzt, um Polyolefine oder andere Materialien mit niedriger Oberflächenenergie entsprechend vorzubehandeln, damit diese mit Loctite® Cyanacrylat-Klebstoffen verbunden werden können (Loctite, 2017). Nach der Oberflächenbehandlung sollte es möglich sein, Adhäsionsklebstoffe auf Epoxidharz- oder Cyanacrylat-Basis zu verwenden (3M, 2018). Die Wirksamkeit des Primers für die Vorbehandlung des Cyanacrylatklebstoffs wird von der Fa. Loctite bestätigt. Für den Einsatz bei Epoxidharzen müssen die erreichten Klebewirkungen durch Versuche bestätigt werden. Alternativ kann die Oberfläche durch eine Natrium-Naphtalin-Lösung gebeizt werden (Rasche, 1990). Diese Methode wird vorgeschlagen, falls die Behandlung mit dem Fertig-Primer kein befriedigendes Ergebnis liefert.

Aufgetragen wird der Primer LOCTITE® SF 770™ bei Umgebungstemperatur durch Sprühen, Pinseln oder Tauchen. Nicht zu viel Primer verwenden. Der Primerauftrag kann mit einer UV-Lampe (365 nm) kontrolliert werden. Wenn Polyolefine mit aktiveren bzw. einfach zu klebenden Werkstoffen verbunden werden sollen, wird der Primer nur auf das Polyolefin aufgetragen. Ansonsten auf beide Flächen. Nach dem Auftragen ist der Primer nach wenigen Sekunden abgelüftet und bereit zum Verkleben. Die Oberfläche bleibt so ca. 12 Stunden lang „aktiviert“ und kann in der Zeit verklebt werden. Ein wiederholtes Grundieren der Oberfläche ist grundsätzlich kontraproduktiv. (Loctite, 2017)

In den letzten Jahren wurden einige Epoxidharzkleber entwickelt, die ohne Primer eine gute Haftwirkung auf Polyolefinen erzielen. Dazu zählen beispielsweise die Klebstoffe TA4610 der Firma Permabond und Scotch-Weld DP 8010 der Firma 3M. Klebstoffe, die alle Anforderungen abdecken, sind allerdings noch nicht erhältlich. Oft fehlt die Zulassung für den Einsatz im Lebensmittelbereich oder die maximale Einsatztemperatur ist zu niedrig. Der Markt sollte in diesem Bereich im Auge behalten werden, da Klebungen ohne Primer einen deutlichen Zeitgewinn bedeuten.

6.4.10 Weichlot

Zum Verlöten der Kabel mit dem Sensor wird ein Weichlot verwendet. Da das Lot mit Schrumpfschläuchen und zusätzlich durch den Epoxidharzkleber zum Brühwasser abgeschirmt wird, werden keine besonderen Eigenschaften bezüglich Lebensmittelverträglichkeit gefordert. Es wurde jedoch darauf geachtet, ein bleifreies Lot zu verwenden, welches als handelsübliches Elektroniklot mit Flussmittelanteil angeboten wird. Die Fa. Felder besitzt in diesem Bereich ein breites Spektrum an Produkten. Gewählt wurde ein Lötdraht mit dem Handelsnamen ISO-Core® “EL“. Dies ist geeignet für Handlötungen in der Elektronik und besitzt einen Flussmittelanteil 3,5 %. Das Weichlot mit der Legierung S-Sn96Ag4 (DIN EN 61190) weist eine Dauertemperaturbeständigkeit bis zu 150°C auf. Der Schmelzbereich beginnt bei 221°C. Es wird empfohlen die Lötkolbentemperaturen zwischen

350 und 400 °C einzustellen. Löttemperaturen über 400 °C sind nicht empfehlenswert, da diese die Haltbarkeit der Lötkolbenspitzen stark reduzieren. (Felder, 2017)

6.5 Siebträger komplett

Entsprechend dem gewählten Konzept, wurde zunächst der Brühkopf so entwickelt, dass Siebträger der E61 Brühgruppe von der Fa. Faema verwendet werden kann. Dies hatte zunächst den Hintergrund, dass durch die wegfallende Eigenentwicklung kein Aufwand und keine Kosten entstehen. Die bewährte Technik, wie der Siebträger in den Brühkopf eingespannt wird, hat allerdings einige Schwächen. Für die Serienfertigung sollte deshalb überlegt werden einen anderen Siebträger zu verwenden. Viele Kaffeemaschinenhersteller setzten ebenfalls auf eigene Lösungen. Die Auswahl auf dem Markt ist deshalb sehr groß. So gibt es z.B. Siebträger mit drei Flügeln (Abbildung 39). Um die Belastung auf die Buchse zu verringern könnte der Einsatz eines Siebträgers dieser Art eine Lösung darstellen, um die Anzahl der stützende Zylinderstift zu verringern. Denkbar wäre auch, eine komplette Neukonstruktion, um spezielle Anforderungen zu integrieren. So könnte ein alternativer Spannmechanismus verwendet werden oder ein anderes Dichtungskonzept.

Abbildung 39: Siebträger mit 3 Flügeln

Von dem E61-Siebträger wurden die Flügel mit Hilfe einer Schieblehre vermessen. Aus den Maßen wurde die nötige Steigung der Nuten für die Aufnahme im Gehäuse berechnet. Außerdem wurde die Gehäusebohrung so toleriert, dass ein leichtes Einführen des Siebträgers gewährleistet werden kann. Für die Vermessung stand nur ein Siebträger zur Verfügung. Es kann nicht gewährleistet werden, dass die vermessenen Maße bei allen E61-Siebträgern identisch sind.

6.6 Dichtung

Entgegen der im Konzept 3 gezeigten Lösung, dient die Dusche nicht als Siebträgerdichtung. Aufgrund der getroffenen Materialwahl der Dusche (siehe 6.3.1) ist keine gute Dichtwirkung zu erwarten. Aus diesem Grund wurde eine alternative Lösung gefunden. Diese besteht aus einer separaten Dichtung, die in einer Nut in der Dusche liegt. Sie ist so geformt, dass eine konische Kontaktfläche zum Siebeinsatz entsteht.

Für die Dichtung wurde das Material PTFE gewählt. Die Auswahl wurde aufgrund der folgenden Eigenschaften von diesem Kunststoff gefällt:

- außergewöhnlich niedriger Reibungskoeffizient in der Paarung mit Metallen und Kunststoffen
- antiadhäsives Verhalten ohne Stick-Slip-Effekt
- hohe Dehnung
- außergewöhnlich großer Temperaturbereich von –200 °C bis +260 °C
- chemische Beständigkeit gegen nahezu alle festen, flüssigen oder gasförmigen Medien
- alterungsbeständig
- im angegebenen Temperaturbereich physiologisch neutral

(Elringklinger-Kunststoff, 2018)

Da PTFE fast keine elastischen Eigenschaften aufweist, müssen PTFE-vorgespannte Dichtelemente besonders sorgfältig montiert und anschließend kalibriert werden. Bei Dichtungen d<25mm wird empfohlen, eine Montage in axial offene Einbauräume vorzusehen (Dichtomatik, 2018). Alternativ kann der Dichtring unter 45° geschlitzt werden. Dies birgt allerdings die Gefahr, dass die Dichtung nicht mehr fest genug sitzt und sich verschiebt. Bei der Dichtung wurde deshalb versucht, bei der Montage möglichst im elastischen Bereich zu bleiben. So wird einer bleibenden plastische Verformung nach der Montage entgegengewirkt. Diesbezüglich wurde eine Berechnung durchgeführt (Anhang 29), wodurch die Abmessungen des Dichtrings bestimmt wurden.

6.7 2/2 Wegeventil NC Zulauf Brühgruppe

In der Brühgruppe werden zwei unterschiedliche Arten von 2/2 Wegeventilen benötigt. Diese unterscheiden sich darin, dass sie entweder stromlos geöffnet (NO = stromlos geöffnet) oder stromlos geschlossen (NC = stromlos geschlossen) sind. Die Sinnbilder sind in Abbildung 40 und Abbildung 41 zu sehen. Für den Zulauf zur Brühgruppe wurde im Konzept ein stromlos geschlossenes Ventil vorgesehen.

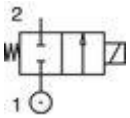


Abbildung 40: 2/2 Wegeventil NC (Parker-Hannifin, 2017)

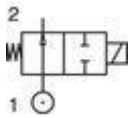


Abbildung 41: 2/2 Wegeventil NO (Parker-Hannifin, 2017)

Ein wichtiges Auswahlkriterium für Ventile ist der K_V-Wert. Er ist der gemessene Durchfluss Q von Wasser (5 bis 40°C) in m³/h oder l/min bei einem Druckverlust von 1 bar und dem jeweiligen Hub. Der Kvs-Wert ist der Durchfluss bei Nennhub 100%. Für die Magnetventile wird vorgegeben, dass der Druck beim Durchlaufen maximal 0,1 bar abnehmen darf. Somit lässt sich ein K_{VSmin} berechnen, der als Anforderung an die Ventile gestellt werden kann.

Der maximale Volumenstrom $\dot{V}_{max}$ durch die Ventile lässt sich mit der Brützeit t und dem Wasservolumen eines doppelten Espressos V_{doppel} berechnen.

$$Q = \dot{V}_{max} = \frac{V_{doppelt}}{t} = \frac{50ml}{20s} = 2{,}5\frac{ml}{s} = 0{,}15\frac{l}{min}$$

Der mindestens erforderliche Durchflussfaktor K_{Vmin} errechnet sich mit der Formel

$$K_{VSmin} = Q\sqrt{\frac{1\,bar}{\Delta p} * \frac{\rho}{1000\frac{kg}{m^3}}}$$

Mit einer Wasserdichte von 960 kg/m³ bei 100°C berechnet sich K_{VSmin} zu:

$$K_{VSmin} = 0{,}15\frac{l}{min}\sqrt{\frac{1\,bar}{0{,}1\,bar} * \frac{960\frac{kg}{m^3}}{1000\frac{kg}{m^3}}} = 0{,}46\frac{l}{min}$$

Dieser K_{VS}-Wert der Ventile muss somit größter als 0,46 l/min sein.

Zusätzlich wurden folgende Anforderungen an alle Ventile gestellt:

- Fluidtemperatur 10 bis 103°C
- Außentemperatur bis max. 50°C
- Schaltdauer max. 30ms
- Betriebsdruck bis 16bar (MOPD)
- Schaltbar ohne Druckunterschied
- Medium Wasser
- Einheitlicher Betätigungsstrom (AC oder DC)
- Einheitliche Spannung
- K_{VS}-Wert min. 0,15 l/min
- Lebensmittelverträglich
- Kleinstmöglicher Druckverlust

An dieser Stelle soll zunächst eine Übersicht über gebräuchliche Wegeventile gegeben werden. Im Konzept wurde die Betätigungsart bereits auf eine magnetische Betätigung eingegrenzt. Daneben gibt es elektrisch, pneumatisch, hydraulisch und mechanisch betätigte Ventile. Hier soll die Betrachtung auf Magnetventile eingegrenzt bleiben. Grundsätzlich lassen sich Magnetventile in drei Gruppenunterteilen.

1. Direktgesteuertes Magnetventil

Bei dem direktgesteuerten Magnetventil wird die Kraft der Magnete zum Öffnen und Schließen des Ventilsitzes verwendet. Für die Schaltfunktion wird somit kein Differenz- oder Mindestbetriebsdruck benötigt. Die Ventile arbeiten von 0 bar an. Bei NC Ventilen hält eine Druckfeder das Ventil verschlossen. Ist der Magnet unter Spannung, wird der Anker mit der Dichtung in die Magnetspule gezogen und das Ventil geöffnet. Dies ermöglicht das Durchströmen des flüssigen oder gasförmigen Mediums.

2. Vorgesteuertes Magnetventil

Vorgesteuerte Ventile arbeiten nach dem Servo- bzw. Differenzdruckprinzip. Dabei wird der Druck der Medien zum Schließen und Öffnen des Ventilsitzes genutzt. Beim vorgesteuerten Magnetventil öffnet ein Steuerventil eine Abbaubohrung. Die Abbaubohrung ist größer als die Aufbaubohrung in der Ventileingangsseite. Dadurch entsteht Differenzdruck, welchen das Medium zum Öffnen und Schließen benötigt. Das vorgesteuerte Ventil bietet den Vorteil, dass größere Durchflussmengen bei höherem Druck erreicht werden können. Die Leistungsaufnahme der Spule erhöht sich jedoch nicht.

3. Zwangsgesteuertes Magnetventil

Das zwangsgesteuerte Magnetventil vereint die Eigenschaften der direktgesteuerten und vorgesteuerten Ventile. Es gibt eine mechanische Verbindung zwischen dem Anker und einer abdichtenden Membran. Diese Verbindung unterstützt die Öffnung der Membran. Hier ist kein Mindestdifferenzdruck notwendig, deshalb arbeitet das Magnetventil von 0 bar an. (Induux, 2018)

Eine Einordung in eine der drei Arten gestaltet sich in der Praxis allerdings oft schwierig, da viele Firmen Sonderlösungen anbieten. Außerdem gliedert jedes Unternehmen sein Portfolio oft nach einem eigenen System.

Aufgrund keiner außergewöhnlichen Anforderungen an das Ventil, reicht ein direktgesteuertes Wegeventil für die Brühgruppe aus.

Grundsätzlich zu beachten bei Ventilen ist der Druckstoß beim Öffnen und Schließen der Ventile (siehe Abbildung 42). Das relevante Verhalten ist der Druckschlag, welcher bei schnellem Schließen des Ventils entsteht. Der Saugschlag verursacht weniger Geräusche und hat kaum Auswirkungen auf die Anlage, da er nicht höher werden kann als der eigentliche Betriebs- oder Ruhedruck. Besonders Messtechnik wie z. B. Drucksensoren sind sensibel gegenüber Druckschlägen (Fa.Bürkert, 2018). Bei der Brühgruppe werden allerdings nachgiebige Kunststoffschläuche verwendet. Diese Federn den Stoß deutlich besser ab als die normalerweise verwendeten Kupfer/Metall-Rohre. Inwieweit der Druckstoß trotzdem zu einem erhöhten Spitzendruck führt, muss mit Versuchen geklärt werden. Dies ist allerdings nicht mehr Umfang dieser Arbeit.

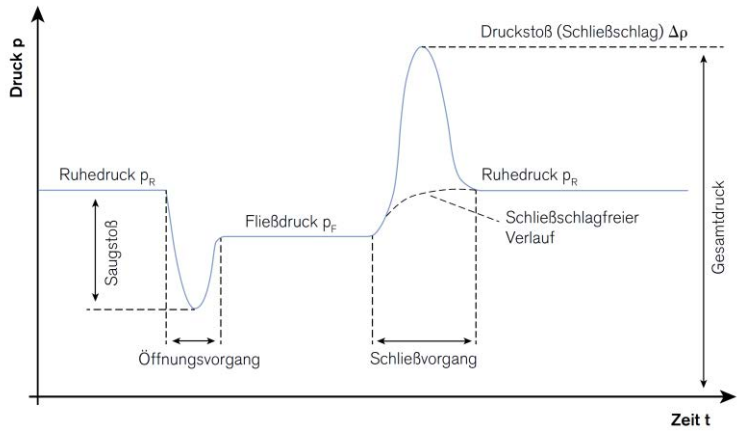


Abbildung 42: Saugstoß und Druckstoß (Fa.Bürkert, 2018)

Für Die Produktauswahl wurden einige Hersteller von Magnetventile herausgesucht. In einer gewichteten Punktbewertung wurden die Ventile gegenübergestellt. Von jedem Hersteller wurde das Produkt ausgewählt, welches am besten die Anforderungen abdeckt. Die Auswahlmatrix für das Zulaufventil zur Brühgruppe ist im Anhang 30 zu finden. Besonders hoch gewichtet wurden hier eine schlechte Wärmeleitfähigkeit. Dieser Punkt ist bei diesem Ventil besonders wichtig, da durch dieses bei einem Brühvorgang das Brühwasser durchfließt.

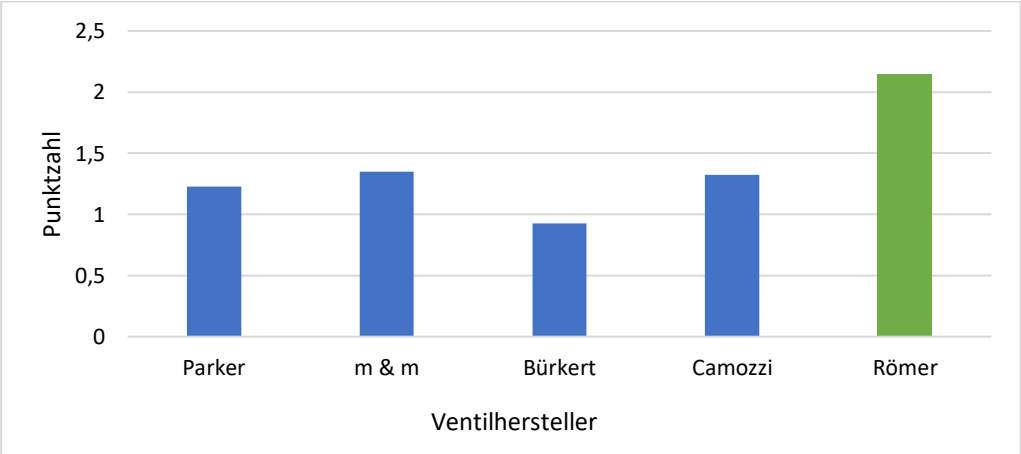
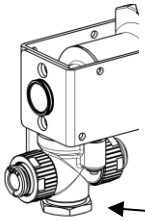


Abbildung 43: Ventilauswahl Zulauf Brühgruppe

Ausgewählt wurde ein Ventil der Fa. Römer. In Abbildung 43 sind die erreichten Punktzahlen bei dem Auswahlverfahren zu erkennen. Das ausgesuchte Ventil von der Fa. Römer gewinnt mit einer Punktzahl von 2,15 deutlich. Dies ist vor allem auf das Kunststoffgehäuse zurückzuführen, welches im Vergleich zu den anderen Ventilen eine schlechte Wärmeleitfähigkeit ermöglicht.

Da dieses Ventil mit einer Spannung von 24V arbeitet wurde dieser Wert als Anforderung für die weiteren Ventile festgelegt.



Das Ventil wird mittels des Unterseitigen M14x1 Gewindes an dem Maschinengehäuse befestigt. Festgedreht wird das Ventil über den gekennzeichneten Sechskant mit einer Schlüsselweite von SW17 (Abbildung 44). Das maximale Anzugsdrehmoment beträgt 5 Nm.

Abbildung 44: Befestigung am Gehäuse (Römer, 2018)

6.8 2/2 Wegeventil NO Ablauf Einschwingen

Dieses Ventil ist dafür zuständig, noch nicht eingeschwungenes Wasser in den Abfluss zu leiten. Aus dieser Funktion heraus, kommt es mit dem Brühwasser nicht in Berührung. Somit können die Wertungen einzelnen Ventileigenschaften im verglich zu 6.7 verändert werden. Die Wertung der Wärmeleitzahl kann deutlich heruntergenommen werden. Dafür wurde die Wertung von Preis und Bohrungsdurchmesser erhöht.

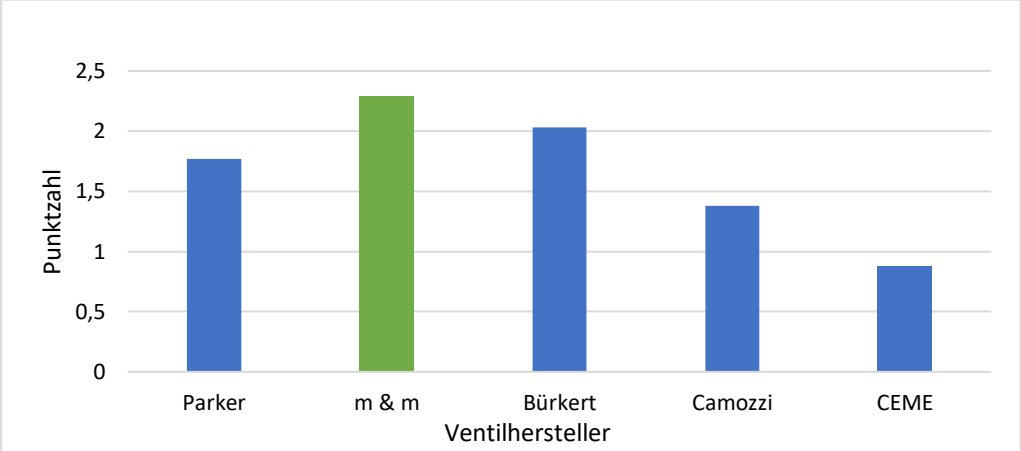


Abbildung 45: Ventilauswahl Ablauf Mischwasser (Anhang 31)

Abbildung 45 zeigt das Ergebnis der gewichteten Punktbewertung. Zu sehen ist, dass das Ventil von der Firma m&m nur knapp vor Ventilen der Firmen Bürkert und Parker liegt. Bei knappen Ergebnissen, bei solch einer Auswahl, sollte nicht grundlos der Gewinner ausgewählt, sondern die anderen Ventile mit hoher Punktzahl ebenfalls in Betracht gezogen werden. Mit Blick auf die Punktbewertung für das Ventil am Ablauf der Brühgruppe (siehe 6.9) wurde letztendlich trotzdem das Ventil der Fa. m&m gewählt.

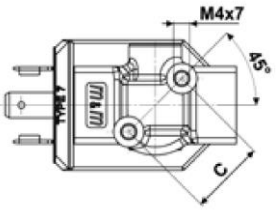


Abbildung 46: Befestigung am Gehäuse (m&m, 2015)

Das Ventil wird mittels zwei M4 Schrauben am Maschinengehäuse befestigt. In Abbildung 46 ist die Befestigungskontur dargestellt. Das Maß C muss 18,5 mm betragen. Die maximale Einschraublänge der Schrauben beträgt 7 mm.

6.9 2/2 Wege-Ventil NC Ablauf Brühgruppe

Da die allgemeinen Anforderungen gleichgeblieben sind, können für die Auswahl des Ventils am Ablauf der Brühgruppe die gleichen Ventile, wie beim Zulauf der Brühgruppe verwendet werden. Bezüglich der Wertung der einzelnen Kennzahlen können die Zahlen aus 6.8

verwendet werden. Es ist keine Beeinflussung des Brühwassers durch dieses Ventil möglich, wodurch andere Faktoren höherbewertet werden können. Besonders wichtig ist bei diesem Ventil ein großer Bohrungsdurchmesser, da in dieses Ventil Kaffeepartikel gelangen können. Dies ist beim Öffnen des Ventils zum entlasten des Siebträgers nach dem Brühvorgang möglich. Ebenfalls wird dieses Ventil beim Spühlvorgang zum Ableiten des Spülwassers genutzt. Bei zu kleiner Durchgangsbohrung besteht die Möglichkeit, dass das Ventil verstopft. Dies führt zu einer erhöhten Ausfallwahrscheinlichkeit.

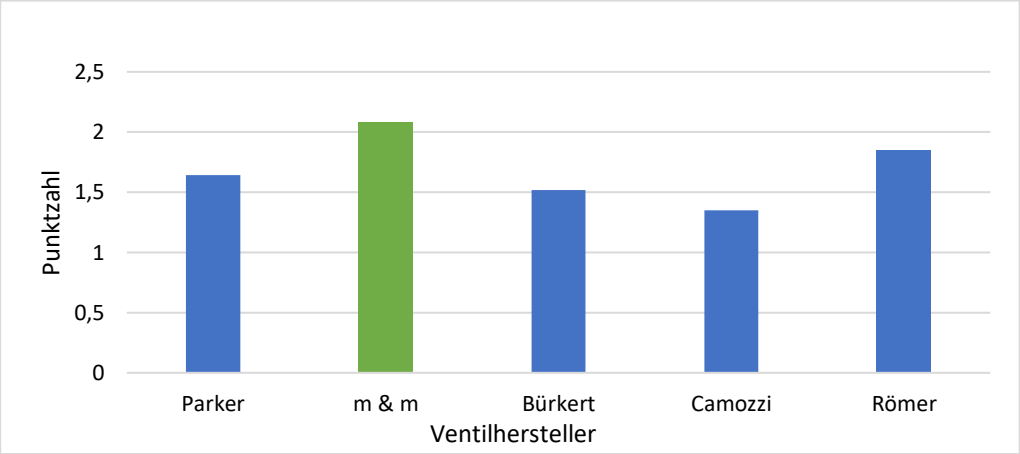


Abbildung 47: Ventilauswahl Ablauf Brühgruppe (Anhang 32)

Hohe Ergebnisse erzielten bei dieser gewichteten Punktbewertung Ventile der Firmen m&m und Römer. Mit Bezug auf die Bewertung in 6.8 wurde das Wegeventil von der Fa. m&m gewählt. Auf diese Weise kann die Anzahl der Ventilhersteller auf zwei beschränkt werden (Fa. Römer und m&m). Zudem ist die Verfügbarkeit der Ventile von m&m sehr gut.

Die Anschlussgeometrie für das Maschinengehäuse entspricht der des 2/2 Wegeventils in der NO Ausführung (siehe 6.8).

6.10 Dosierventil

Für die Regulierung der Durchflussmengen von Heiß- und Kaltwasser werden Stetigventile verwendet. Vorgegeben ist ein Drosselventil der Fa. Römer vom Typ EFC. Das Gehäuse ist aus dem Kunststoff PPSU gefertigt.

Hier soll eine Übersicht über alternative Stetigventile gegeben werden. Allgemein werden diese auch Proportionalventile genannt, da die zu regelnde Größe dem Eingangssignal entsprechend angepasst wird. Die Norm DIN 24313 (1992-11) nimmt eine Einteilung in Stetigwege-, Stetigstrom- und Stetigdruckventil vor. Bei der Anwendung in der Brühgruppe müssen Stetigstromventile eingesetzt werden, um durch zwei definierte Volumenströme des Kalt- und Heißwassers eine definierte Temperatur zu erhalten. In der Norm werden diese Ventile beschrieben mit einem proportionalen Zusammenhang zwischen Eingangssignal und Volumenstrom in einer Arbeitsleitung und in einer Wirkrichtung (DIN24311, 1992-09). Dieses Verhalten kann durch mehrere Wirkprinzipien erreicht werden. Auf dem Markt gibt es u.a. Varianten mit Linearmotor, Schrittmotor, Elektromagnet und Piezoelement.

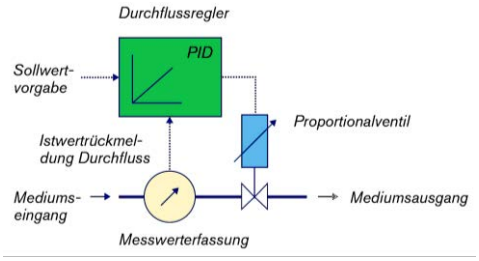


Abbildung 48: Durchflussregelung (Bürkert, 2017)

Für die Regelung der Proportionalventile werden Regler benötigt. Regler sind Übertragungsglieder und haben die Aufgabe, das Signal eines Sensors mit einem vorgegebenen Wert zu vergleichen und so aufzubereiten, dass ein Stellsignal in geeigneter Größe an das Stellglied erfolgt. Dies sollte der Regler zeitlich so steuern, dass die dynamischen Eigenschaften des zu regelnden Prozesses gut ausgeglichen werden. Der Sollwert muss möglichst in kurzer Zeit erreicht werden, wobei der Istwert möglichst wenig um den Sollwert schwanken sollte. Für diesen Zweck wird oft ein PID-Regler verwendet. Der Vorteil des PID-Reglers besteht in seiner Dynamik, seiner Regelgenauigkeit und seiner Stabilität. Zudem zeigt er ein gutes Verhalten zur Nachregelung von veränderlichen Sollwerten und zur Ausregelung von Störungen Durch die Einstellmöglichkeit der einzelnen Regleranteile lässt sich ein Proportionalventil der Anwendung optimal anpassen (ASCO, 2012). In Abbildung 48 wird der Aufbau einer Durchflussregelung mit einem Proportionalventil gezeigt. Die regelungstechnische Betrachtung der Kaffeemaschine ist allerdings nicht Teil dieser Arbeit und wird deshalb nicht weiter ausgeführt.

Die beiden häufigsten Arten von Stetigventilen sind Elektromagnetische Proportionalventile und Motorventile. Elektromagnetisch angetriebene Proportionalventile sind Hubanker-Stellventile. Sie öffnen auf bestimmte Hubpositionen abhängig vom Ansteuersignal. Elektromotorisch angetriebene Proportionalventile beinhalten stets einen leistungsfähigen Motor. Die Kraft des Motors wird auf das Antriebselement des Ventils umgesetzt, womit das Ventil schrittweise geöffnet werden kann. Der große Vorteil von Motorventilen ist, dass der Motor zum Halten einer definierten Ventilöffnung nahezu keinen Strom benötigt (Bürkert, 2017). Das Dosierventil der Fa. Römer kann eine eingestellte Position sogar komplett unbestromt halten.

Für die einwandfreie Funktion von Proportionalventilen ist die korrekte Auslegung (Bestimmung der Ventilnennweite) sehr wichtig. Bei zu großer Auslegung der Nennweite kann es geschehen, dass das Ventil bereits bei einer sehr kleinen Öffnung (Hub) nahezu den vollen Durchsatz erreicht. Der restliche Hub wird dann nicht mehr ausgenutzt, was überdies die Auflösung und die allgemeine Regelgüte beeinträchtigt. Bei zu kleiner Auslegung wiederum erreicht das Ventil nicht mehr den vollen Durchsatz. Im Interesse einer akzeptablen Betriebskennlinie der Anlage sollte die sogenannte Ventilautorität nicht unter 0,3 liegen, was bedeutet, dass 30 % des Systemdruckes über dem Regelventil abfallen sollen. (Bürkert, 2017)

Um den richtigen Nenndurchmesser bestimmen zu können wurde ein K_{VSmax} ausgerechnet.

$$K_{VSmax} = 0{,}15\frac{l}{min}\sqrt{\frac{1\ bar}{0{,}3 * 16\ bar} * \frac{960\frac{kg}{m^3}}{1000\frac{kg}{m^3}}} = 0{,}07\frac{l}{min}$$

Aufgrund der geringen Durchflussmenge wird ein K_{VSmax} von nur $0{,}07\frac{l}{min}$ verlangt. Jedoch ist dann zu bedenken, dass der Druckabfall 4,8 bar beträgt, womit der Brühdruck auf 11,2 bar sinkt. Das verwendete Dosierventil besitzt einen K_V-Wert von 0,1 - $0{,}25\frac{l}{min}$. Dies generiert zwar einen geringeren Druckabfall und das Dosierventil wird nicht komplett ausgenutzt,

dadurch steigt allerdings der Brühdruck. Diese beiden Faktoren muss man gegeneinander Abwiegen und eventuell durch Versuche herausbekommen, welche Eigenschaft für eine gute Regelung des Volumenstroms und der Brühtemperatur wichtiger ist. Alternativ können andere Ventile anderer Firmen verwendet werden. Dann ist der Vorteil einer nahtlosen Integration durch die ELSA-Anschlüsse jedoch nicht mehr gegeben und die meisten Konkurrenzprodukte besitzen ein Metallgehäuse, was zu einem höheren Temperaturverlust führt.

6.11 T-Steck-Verbindung

In der Brühgruppe werden zwei T-Steckverbindungen mit drei Ø6 Schlauchanschlüssen benötigt. Eines der Verbindungen führt den Kalt- und Heißwasser Volumenstrom zusammen, die andere ermöglicht ein Ableiten von noch nicht eingeschwungenem Wasser. Es wird eine T-Steck-Verbindungen der Fa. Römer verwendet. Diese erfüllen alle Anforderungen und der konsequente Einsatz der ELSA Steckverbindung wird angewandt.

6.12 Gerade Einschraub-Verschraubung G1/8

Für die Applikation der Schläuche an die Ventile der Firma m&m wird ein Adapter benötigt. Um ein einheitliches System zu erhalten wurden die Einschraub-Verschraubungen von der Firma Römer gewählt. Grundsätzlich wird dieses Bauteil in zwei Ausführungen angeboten. Das Gehäusematerial unterscheidet sich zwischen Metall und Kunststoff. Da an den betroffenen Stellen kein Brühwasser entlangfließt, muss nicht auf eine schlechte Wärmeleitfähigkeit geachtet werden. Jedoch hat die Ausführung aus dem Kunststoff PPSU (4,12 €) einen klaren Kostenvorteil gegenüber der der Einschraub-Verschraubung aus Edelstahl (8,80 €).

6.13 Gerade Einschraub-Verschraubung M5

Um eine geringe Teilevarianz zu erhalten werden die gleichen Einschraubverschraubungen wie im Temperatursensormodul verwendet (siehe 6.2.4). Vorgegeben war ein Anschlussgewinde M5 (siehe Anforderungsliste). Um einem einheitlichen System, von einem Hersteller, treu zu bleiben, werden Einschraubverschraubung der Fa. Römer verwendet. Schlauchanschlüsse mit einem Gewinde M5 werden nur mit dem Gehäusematerial Edelstahl angeboten. Aus diesem Grund werden diese in der Brühgruppe verwendet. Die Schlauchanschlussgröße entspricht einem Durchmesser von 6mm.

6.14 Befestigungsschrauben Gehäuse

Das Gehäuse wird mit Hilfe von 4 Zylinderschrauben am Kaffeemaschinengehäuse befestigt. Da die Schrauben nur mit dem Eigengewicht des Brühkopfes und dem Festdrehmoment des Siebträgers belastet werden beträgt die axiale Schraubenkraft max. 0,55kN (Anhang 33). Die gewählten Sechskantschrauben entsprechen der DIN 4017 und sind für einen Korrosionsschutz verzinkt.

6.15 Befestigungsschrauben Dusche

Die Dusche wird durch vier Schrauben am Gehäuse befestigt. Dazu wurden Senkkopfschrauben gewählt, um den Bauraum klein zu halten. Die ausgewählten Schrauben sind M3 Senkkopfschrauben nach DIN EN ISO 7046-1 (1994-10). In der Dusche wurden die dazugehörigen Senkungen für Senkkopfschrauben nach DIN EN ISO 15065 (2005-05) vorgesehen. Während dem Brühvorgang sind die Schrauben nicht belastet, da die Druckkräfte auf die Fläche zwischen Dusche und Gehäuse wirken. Aus diesem Grund können sie klein gewählt werden. Bei der Montage ist darauf zu achten, dass die Schrauben vor der Montage

der Dichtung montiert werden. Die Dichtung liegt später über den Bohrungen für die Senkschrauben.

6.16 Befestigungsschraube Duschesieb

Das Duschesieb wird durch eine zentrale M5 Senkschraube befestigt. Die verwendete Schraube mit Kreuzschlitz entspricht der Norm ISO 7046. Es wurde die verzinkte Ausführung gewählt, um Rost zu vermeiden. Für eine benutzerfreundliche Möglichkeit, das Duschesieb schnell zu wechseln, wird als Kreuzschlitzvariante die Form Z gewählt. So kann die Schraube mit einem handelsüblichen PZ2-Handschschraubendreher entfernt werden.

6.17 Duschsieb

Das Duschesieb hat zum einen die Aufgabe, das ankommende Brühwasser gleichmäßig auf dem Kaffee zu verteilen, zum anderen nach dem Brühen zu verhindern, das Kaffeepartikel in die Maschine eindringen. Aufgrund der angestrebten Befestigungsart durch eine mittige M5 Schraube (siehe Konzept), wurde im Internet nach schon bestehenden Duschsieben von anderen Kaffeemaschinen gesucht. Dabei sind folgende zwei Varianten in die engere Auswahl gekommen:

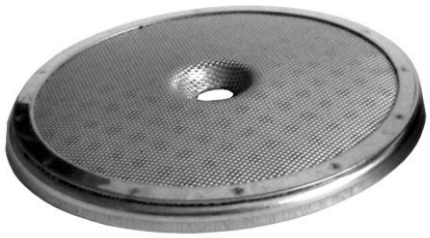


Abbildung 49: Duschsieb 56,5 mm (Gastroeder, 2018)

Abbildung 50: Duschsieb 51,5 mm (Gastroeder, 2018)

Es wurde darauf geachtet, eine gewisse Erhebung zur Anschraubfläche zu erhalten, da der Temperatursensor in der Dusche geringfügig übersteht. Aufgrund des geringeren Außendurchmessers des Duschsiebs in Abbildung 50 lässt es sich besser in das bestehende Konzept implementieren. Aus diesem Grund wurde sich für diese Variante entschieden.

6.18 Schlauch d6

Die verwendeten Schläuche zum Verbinden der einzelnen Komponenten werden von der Fa. Römer bezogen. Durch einen Kunststoff als Werkstoff kann ein sehr geringer Wärmeverlust erreicht werden. Wie in der Anforderungsliste beschrieben werden Ø6-Schläuche verwendet. Diese werden in größeren Längen eingekauft und anschließend bei der Montage auf die benötigte Länge gekürzt.

7 Eigenschaftenabsicherung

7.1 Lebensmittelverträglichkeit

Alle Bauteile, die mit dem Brühwasser in Berührung kommen, müssen für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie freigegeben sein. Dazu müssen für alle betroffenen Komponenten Nachweise dargelegt werden. Für diese Teile wurden in Tabelle 3 Quellen und Dokumente für die entsprechenden Werkstoffe gesammelt.

Tabelle 3: Lebensmittelfreigaben

Komponente	Werkstoff	Bemerkung	Quelle
Gehäuse	CuZn39Pb3	Dieser Werkstoff wurde vom Umweltbundesamt als „Trinkwasserhygienisch geeignet“ eingestuft (Umweltbundesamt, 2018)	Anhang 34
Dusche	PVDF	Es liegt eine Unbedenklichkeitsbescheinigung für den Kunststoff PVDF vor	Anhang 35
Dichtung	PTFE	Es liegt eine Unbedenklichkeitsbescheinigung für den Kunststoff PTFE vor	Anhang 36
Epoxidharzkleber	Loctite EA 9480	Das eingesetzte Epoxidharz hat eine Freigabe für direkten Lebensmittelkontakt durch das Fraunhofer Institut	(Loctite.de, 2018)
Cyanacrylatkleber	Loctite 454	Benötigt nur eine Freigabe für indirekten Lebensmittelkontakt, da keine absichtliche Berührung vorgesehen ist.	(Loctite.de, 2018)
Primer	Loctite SF 770	Benötigt nur eine Freigabe für indirekten Lebensmittelkontakt, da keine absichtliche Berührung vorgesehen ist.	(Loctite.de, 2018)
Schlauch	PFA	Die Kunststoffschläuche aus PFA besitzen eine Lebensmittelzulassung.	(Römer, 2018)
Gewindeeinsatz / Einschraub-Verschraubung	1.4305	Es gibt keine separate Zulassung, Unbedenklichkeits- oder Konformitätsbescheinigung für den Einsatz einzelner, nichtrostender Werkstoffe in der Lebensmittelindustrie.	(Deutsche-Edelstahlwerke, 2009)
T-Stück / Dosierventil	PPSU	Bauteile aus PPSU der Firma Römer sind KTW zugelassen und NSF zertifiziert	(Römer, 2018)
2/2 Wegeventil Römer	PPA	Die Wegeventile sind KTW zugelassen und NSF zertifiziert	(Römer, 2018)

7.2 Brühtemperatur

In den Anforderungen ist eine minimale Brühtemperatur von 95°C angegeben worden. Um zu überprüfen, wie viel Wärme beim Durchlaufen der Schläuche aus dem System gezogen wird, wurde eine Berechnung durchgeführt. Aus dem CAD-Modell ergibt sich eine ungefähre Schlauchlänge von 650mm. Zur Berechnung wird eine Schlauchlänge von 1m angenommen, um die Einflüsse von Metallenen Elementen, wie den Gewindeeinsätzen und geraden Einschraub-Verschraubungen zu berücksichtigen. Inwieweit diese Elemente wirklich Einfluss auf die Temperatur im Schlauch nehmen, ist fraglich. Diese Elemente sind in der Mehrheit schon vorgewärmt, da das nicht eingeschwungene Wasser bereits über diese Bauteile fließt. Lediglich ein Gewindeeinsätzen und eine gerade Einschraub-Verschraubung in der Dusche hatten vor dem Brühvorgang noch keinen Wasserkontakt. Allerdings ist davon auszugehen, dass Duschesieb und Siebträger einen deutlich größeren Einfluss auf die Brühtemperatur nehmen.

Die Berechnung ergab einen Temperaturverlust von 1,5°C bei auf einem Meter Schlauch und einem Brühvolumen von 25ml, dass einem einfachen Espresso entspricht. (Anhang 37)

7.3 Wartungsintervall Ventile

Da es sich bei der Kaffeemaschine um eine sehr hochwertige Maschine handeln soll, sollen alle Komponenten eine möglichst lange Lebensdauer haben. Um dies zu gewährleisten müssen kritische Komponenten in bestimmten Wartungsintervallen ausgetauscht werden. So kan das Duschesieb bei zu großer Verschmutzung problemlos durch lösen der mittigen M5 Senkschraube ausgetauscht werden. Bei vielen Maschinen auf dem Markt ist der Verschleiß der Dichtung ein großes Problem, was bei der neuentwickelten Brühgruppe durch einen anderen Dichtmechanismus und einem anderen Dichtmaterial verbessert wurde.

Für die Wartung der Ventile muss häufig ein Experte die Maschine auseinandernehmen. Für diesen höheren Wartungsaufwand soll ein Zeitfenster angegeben werden, wann der Kunde die Maschine zur Wartung geben sollte. Dazu wurde versucht die Lebensdauer von den verwendeten Magnetventilen herauszubekommen. Die Hersteller machen dazu allerdings keine Angaben, da es nicht möglich ist, eine durchschnittliche Lebensdauer für Allzweck-Magnetventile anzugeben. Für wie lange das Ventil arbeitet, hängt davon ab, wie und unter welchen Bedingungen es verwendet wird (Bürkert, 2017). Temperatur, Einschaltdauer, Bewegungspositionen, Betriebsfrequenz, Medienreinheit und Spannungstoleranzen beeinflussen die Lebensdauer des Ventils. Generell lässt sich jedoch sagen, dass die Spannweite von 1.000.000 Zyklen bis zu 10.000.000 Zyklen reicht (solenoid-valves.com, 2016). In den meisten Produktkatalogen wird statt mit konkreten Zahlen nur eine „langen“ Lebensdauer angegeben. Die Fa. Parker gibt allerdings in ihren Prospekten eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer mit einer Schalthäufigkeit von bis zu 800 Millionen Schaltspielen an (Parker-Lucifer-SA, 2008). Diese Lebensdauer wird allerdings nur für spezielle industrielle Ausführungen erreicht.

Für die Wartungsintervallberechnung wird von einer Lebensdauer von 2 Millionen Zyklen ausgegangen. Dieser Wert wird angenommen, da das Medium Wasser keine besonderen Anforderungen an die Ventile stellt. Die wirkliche Lebensdauer wird subjektiv höher eingeschätzt.

Die Berechnung liefert ein Wartungsintervall von 3,8 Jahren (Anhang 38). Deshalb wird dazu geraten, die Ventile nach ca. 3,5 Jahren auszuwechseln. Ein genaueres Intervall kann durch Langzeitstudien mit den Magnetventilen definiert werden.

In der Praxis werden Magnetventile aus Kaffeemaschinen häufiger ausgetauscht, weil sich in den Durchgangsbohrungen Ablagerungen gebildet haben, als wegen mechanischer oder elektronischer Mängel. Oft werden Ventile mit sehr kleinen Durchmessern (0,5-1,5 mm) verwendet. Dem entgegengewirkt wurde bereits durch Auswahl von Ventilen mit größeren Durchgangsbohrungen.

7.4 Kostenabschätzung

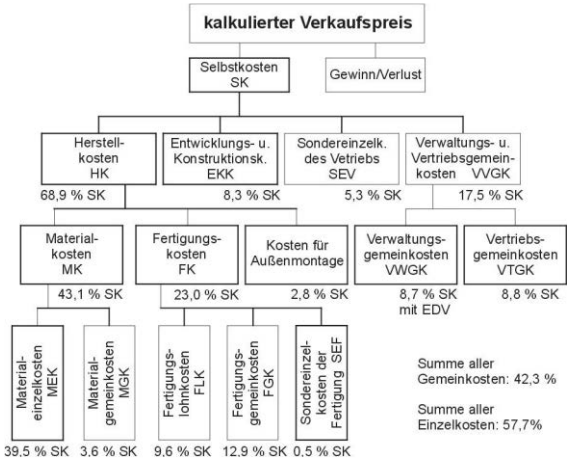


Abbildung 51: Differenzierende Zuschlagskalkulation (VDMA, 2002)

Für die komplette Kaffeemaschine ist ein Verkaufspreis von 7000€ angegeben. Wird zunächst davon ausgegangen, nur kostendeckend zu produzieren, machen die Herstellkosten 68,9% des Verkaufspreises aus. Damit kommt man auf Herstellkosten von 4823€. Der Anteil der Brühgruppe wird auf ca. 30% geschätzt. Somit ergeben sich für die Herstellung der Brühgruppe maximale Kosten von 1446,9€.

Um zu überprüfen, ob die Herstellkosten (HK) im genannten Rahmen liegen, wurden eine Kostenabschätzung durchgeführt. Dafür wurden die Preise aller Kaufteile durch Recherchen im Internet und eingeholten Angeboten ermittelt. Bei den Fertigungsteilen wurden die Materialeinzelkosten (MEK) bestimmt und auf die zu erwartenden Herstellkosten hochgerechnet. Dies geschah nach dem Anhaltswert, dass die MEK 39,5% der Selbstkosen ausmachen (Abbildung 51). Somit ergibt sich ein MEK-Anteil von 57,3% bei den HK. Tabelle 4 zeigt das Ergebnis. Einzelheiten können in Anhang 39 eingesehen werden.

Tabelle 4: Herstellkosten Brühgruppe

Stückzahl	Herstellkosten Brühgruppe
1	2328,95 €
10	1160,43 €
100	942,63 €

Durch die Berechnung konnte gezeigt werden, dass man schon bei einer Stückzahl von 10 unter dem maximalen Herstellkosten bleibt. Dadurch kann beim Verkauf schon ab einer geringen Stückzahl ein Gewinn erwirtschaftet werden.

8 Produktdokumentation

8.1 Technische Zeichnungen

Es wurden Fertigungszeichnungen und Baugruppenzeichnungen für alle Fertigungsteile und Baugruppen erstellt. Für den „Siebträger komplett“ (Pos. 5) wurde keine separate Zeichnung angefertigt, da der gesamte Siebträger montierte gekauft werden kann.

Tabelle 5: Zeichnungen im Anhang

Zeichnungsnummer	Benennung	Anhang Nr.
01.000	Brühgruppe	Anhang 40
01.100	Gehäuse komplett	Anhang 41
01.101	Gehäuse	Anhang 42
01.102	Buchse	Anhang 43
01.200	Mischmodul	Anhang 44
01.201	Mischelementgehäuse	Anhang 45
01.300	Dusche komplett	Anhang 46
01.301	Dusche	Anhang 47
01.400	Temperatursensormodul	Anhang 48
01.001	Dichtung	Anhang 49

8.2 Montageanweisungen

Alle Montagehinweise und -schritte wurden auf den technischen Zeichnungen vermerkt.

9 Fazit

Am Schluss des Projektes lässt sich sagen, dass die Anforderungen an die Brühgruppe umgesetzt wurden. Die beiden Hauptanforderungen, eine neuartige Brühwasserregulierung und eine geringerer Temperaturverlust im Brühwasser, wurden mit mehreren Lösungsansätzen durchdacht und final zu einem auskonstruierten Produkt entwickelt.

Als nächste Schritte im Entwicklungsprozess muss die Produktion des Prototypen vorangetrieben werden. Auf Basis diesem können neue Erkenntnisse bezüglich der Funktion und eventuelle Schwachstellen aufgedeckt werden. Danach beginnt der iterative Prozess der Produktverbesserung, um ein funktionstüchtiges Serienprodukt zu erhalten. Für die Serieneinführung müssen noch einige Optimierungen hinsichtlich Produktion und Kosten mit eingebracht werden.

Des Weiteren muss für eine problemlose Interaktion der einzelnen Komponenten der gesamten Kaffeemaschine Systemparameter abgestimmt werden. Außerdem muss die Funktion der Brühgruppe im eingebauten Zustand in der Kaffeemaschine überprüft werden, da dort Einflüsse auftreten können, die bei der Modulkonstruktion nicht bedacht wurden.

Zur Individualisierung der Brühgruppe können dem Kunden mehrere optische Extras angeboten werden. Dies kann erreicht werden durch eine individuelle Lackierung des Brühkopfes oder einen anderen Griff am Siebträger. Außerdem wurde der Wunsch geäußert, am Gehäuse eine Höhenverstellung für den Brühkopf anzubringen. Durch die Flexiblen Schläuche im Inneren könnte dieser Wunsch problemlos umgesetzt werden.

Abkürzungsverzeichnis

AC	alternating current
allg.	allgemein
AWG	American Wire Gauge
Pb	Blei
ca.	circa
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DC	direct current
1K / 2K	ein / zwei Komponenten
ELSA	Einfach Lösbarer Steck-Anschluss
EFC	Electronic Flow-Control Valve
ETFE	Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer
EN	Europäische Norm
Fa.	Firma
™	Handelsmarke
i.d.R.	in der Regel
ISO	International Organization for Standardization
V2A	korrosionsbeständigen Stahlsorten
Cu	Kupfer
max.	maximal
MOPD	Maximum Opening Pressure Difference
MMA	Methacrylsäuremethylester
M	metrisches Gewinde
min.	minimal
NTC	Negative Temperature Coefficient Thermistor
NC	normally closed
NO	normally opened
PT	Platin
PA	Polyamid
PET	Polyethylenterephthalat
PPSU	Polyphenylensulfon
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVDF	Polyvinylidenfluorid
Pos.	Position
PTC	Positive Temperature Coefficient Thermistor
PZ	Pozidriv
PID	proportional–integral–derivative controller
®	Registered Trade Mark
SW	Slüsselweite
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Zn	Zink
z.B.	zum Beispiel

Formelzeichen

D	[mm]	Bohrungsdurchmesser
A	[mm2]	Fläche
∑		Summe
F	[N]	Kraft
KV	[l/min]	Durchflussfaktor
L	[mm]	Länge
M	[Nm]	Drehmoment
p	[bar]	Relativdruck
Q = $\dot{V}$	[(kg*m2)/s3]	Volumenstrom
Rth	[K/W]	Wärmewiderstand
t	[s]	Zeit
T	[K]	absolute Temperatur
U	[V]	Spannung
V	[mm3]	Volumen
Δ		Differenz
ρ	[kg/m3]	Dichte
σ	[N/mm2]	Spannung
σS	[mJ/m–2]	Oberflächenenergie
ϑ	[°C]	Temperatur

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Brühkopf für Espresso-Kaffeemaschine (Longo, 1984) 7
Abbildung 2: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI-Richtlinie-2221, 1993) 8
Abbildung 3: Schaltplan 1 (Anhang 4) 10
Abbildung 4: Schaltplan 2 (Anhang 5) 11
Abbildung 5: Wendelmischer (Koflo-Corporation, 2018) 16
Abbildung 6: X-Element-Mischer (karajet, 2017) 16
Abbildung 7: Wichtige Rührtypen (Christen, 2005) 16
Abbildung 8: Schematische Darstellung 17
Abbildung 9: Einschraubfühler der Fa. Noris 17
Abbildung 10: Klemmverschraubung der Fa. MDW Temperatursensorik GmbH 17
Abbildung 11: Temperaturfühler der Fa. TE Connectivity 18
Abbildung 12: NTC Sensor der Fa. TE Connectivity 18
Abbildung 13: PT100 Sensor der Fa. Thermodirekt.de 18
Abbildung 14: Konzeptbewertung (Anhang 16) 21
Abbildung 15: Entwurf 22
Abbildung 16: Entwurf Brühkopf 22
Abbildung 17: Strategie der Aufgliederung in Teilprobleme und des Wechsels vom Detail zum Ganzen (Ehrlenspiel, 2009) 22
Abbildung 18: Gehäuse komplett, Variante 1 23
Abbildung 19: Verschraubung Gehäuse 24
Abbildung 20: Befestigung am Maschinengehäuse 24
Abbildung 21: Buchse 25
Abbildung 22: Siebträger 25
Abbildung 23: Mischvorrichtung von Kenics (Constantine Armeniadesa, 1966) 27
Abbildung 24: Mischung nach jedem Element bei zwei gleichen Anfangsvolumenströmen (jls-europe.de, 2018) 27
Abbildung 25: Dusche im Konzept 3 28
Abbildung 26: 3D-Modell der Dusche 28
Abbildung 27: Führung des Abwassers 28
Abbildung 28: Führung des Brühwassers 28
Abbildung 29: Auswahl Werkstoff Dusche 29
Abbildung 30: Keramischer Drucksensor der Fa. B+B 30
Abbildung 31: Montageprinzip Gewindeeinsätze (Kerb-Konus, 2018) 31

Abbildung 32: Montageprinzip Gewindeeinsätze (SECAM, 2018) 31
Abbildung 33: Auswahl Gewindeeinsatz 31
Abbildung 34: Belastung eines Gewindeeinsatzes (Böllhoff, 2017) 32
Abbildung 35: Aufnahmekontur (Kerb-Konus, 2018) 32
Abbildung 36: Temperatursensormodul 34
Abbildung 37: PTC-Sensor 34
Abbildung 38: NTC-Sensor 34
Abbildung 39: Siebträger mit 3 Flügeln 39
Abbildung 40: 2/2 Wegeventil NC (Parker-Hannifin, 2017) 40
Abbildung 41: 2/2 Wegeventil NO (Parker-Hannifin, 2017) 40
Abbildung 42: Saugstoß und Druckstoß (Fa.Bürkert, 2018) 42
Abbildung 43: Ventilauswahl Zulauf Brühgruppe 42
Abbildung 44: Befestigung am Gehäuse (Römer, 2018) 43
Abbildung 45: Ventilauswahl Ablauf Mischwasser 43
Abbildung 46: Befestigung am Gehäuse (m&m, 2015) 43
Abbildung 47: Ventilauswahl Ablauf Brühgruppe 44
Abbildung 48: Durchflussregelung (Bürkert, 2017) 45
Abbildung 49: Duschsieb 56,5 mm (Gastroeder, 2018) 47
Abbildung 50: Duschsieb 51,5 mm (Gastroeder, 2018) 47
Abbildung 51: Differenzierende Zuschlagskalkulation (VDMA, 2002) 50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: 3D-Druck Gehäuse 23
Tabelle 2: Klebeeigenschaften Fügepartner Temperatursensormodul 36
Tabelle 3: Lebensmittelfreigaben 48
Tabelle 4: Herstellkosten Brühgruppe 50
Tabelle 5: Zeichnungen im Anhang 51

Literaturverzeichnis

3M. 2018. klebeprofi.net. *Edelstahl kleben.* [Online] 3M, 11. 05 2018. [Zitat vom: 15. 12 2018.] https://www.klebeprofi.net/klebe-anleitungen/edelstahl-kleben/.
ASCO. 2012. *Proportionaltechnik.* [Produktkatalog] Ölbronn-Dürrn : ASCO NUMATICS GmbH, 2012. DP 14074, 12/12, 1.500, TK.
Böllhoff. 2017. *AMTEC.* [Produktkatalog] Bielefeld : Böllhoff, 2017. 0200/17.01.
Bürkert. 2017. Solenoid Valve Questions. [Online] 2017. [Zitat vom: 17. 12 2018.] www.burkert.co.uk.
Christen, Daniel S. 2005. *Praxiswissen.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2005. 3-540-40322-1.
Constantine Armeniadesa, Willian Johnson, Raphael Thomas. 1966. *Mixing device.* USA, 22. 11 1966. ICM.
Decent. 2016. Decent DE1+. *decentespresso.com.* [Online] 2016. [Zitat vom: 11. 11 2018.] https://decentespresso.com/de1plus.
DETAKTA. 2015. *Schrumpfschlauch.* [Datenblatt] Norderstedt : s.n., 2015. 07/12/15.
Deutsche-Edelstahlwerke. 2009. *Lebensmittelindustrie.* Witten : Deutsche-Edelstahlwerke, 2009.
Deutsches-Kupferinstitut. 2018. *Werkstoffdatenblatt CuZn39Pb3.* [PDF] s.l. : Kupferinstitut, Deutsches, 2018.
Dichtomatik. 2018. *Allgemeine Hinweise zur Montage.* [Hinweise] Hamburg : Dichtomatik, 2018.
DIN24311. 1992-09. *Hydraulische Stetigventile.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e.V., 1992-09.
Ehrlenspiel, Klaus. 2009. *Integrierte Produktentwicklung.* München : Carl Hanser Verlag, 2009. 978-3-446-42013-7.
Elringklinger-Kunststoff. 2018. elringklinger-kunststoff.de. [Online] ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH, 22. 10 2018. [Zitat vom: 11. 12 2018.] elringklinger-kunststoff.de.
Fa.Bürkert. 2018. *Produktübersicht Magnetventile.* [PDF] Ingelfingen : Bürkert Fluid Control Systems, 2018. 894492.
Felder. 2017. *Produktinformation FELDER-ISO-Core "EL" - BLEIFREI .* [Katalog] Oberhausen : FELDER GMBH Löttechnik, 2017. Stand 11/7.
Gastroeder. 2018. gastroeder.de. *Kaffeemaschinen Ersatzteile.* [Online] 2018. [Zitat vom: 17. 12 2018.] www.gastroeder.de.
Habenicht, Gerd. 2009. *Kleben.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2009. 978-3-540-85264-3.
Hauck, Michael. 2014. *Brühkopf für eine Espressokaffeemaschine. DE 10 2013 000 701 B4* Deutschland, 17. 07 2014. A47J 31/24.
Henkel. 2016. *Spalt füllend kleben in Sekunden.* [Presseinformation] s.l. : Henkel AG & Co. KGaA, Corporate Communications, Henkel, 2016.
Hessel V, Löwe H, Schönfeld F. 2005. Micromixers – a review on passive and active mixing. *Chem Eng Sci.* 2005, Bd. 60, 2479–2501.
Induux. 2018. induux.de. *Magnetventile.* [Online] 04. 12 2018. [Zitat vom: 12. 12 2018.] https://wiki.induux.de/Magnetventile.
jls-europe.de. 2018. jls International. *Wendelmischer.* [Online] jls-europe.de, 2018. [Zitat vom: 12. 12 2018.] http://www.jls-europe.de/de/products/static-mixer/helical-mixer.html.
kaffee.org. 2018. *kaffee.org.* [Online] 11. 11 2018. https://kaffee.org/siebtraegermaschine-vs-kaffeevollautomat/.
kaffeefaktur.com. 2018. *kaffeefaktur.com.* [Online] 11. 11 2018. https://kaffeefaktur.com/kaffeewissen/kaffeegeschmack/.

karajet. 2017. Static Mixer. [Online] 2017. [Zitat vom: 25. 09 2018.] http://karajet.com/products/static-mixer/.
Kerb-Konus. 2018. *Gewindeeinsätze für Kunststoff und Holz.* [Katalog] Amberg : Kerb-Konus, 2018. Druck-Nr. 30.0518.
Kern-GmbH. 2018. Kunststoff-Lexikon. *www.kern.de.* [Online] 08. 10 2018. [Zitat vom: 11. 12 2018.] www.kern.de.
Koflo-Corporation. 2018. Custom Stainless Steel Static Mixers. [Online] Koflo Corporation, 2018. [Zitat vom: 25. 09 2018.] www.koflo.com.
Kraume, Matthias. 2012. *Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2012. 978-3-642-25148-1.
Lamarzocco. 2018. Strada EP. *lamarzocco.com.* [Online] Needmore, 2018. [Zitat vom: 11. 11 2018.] http://international.lamarzocco.com/de/machine/strada-ep/.
Lindemann, Klaus EhrlenspielAlfons KiewertUdo. 2007. *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2007. 978-3-540-74222-7.
Loctite. 2017. *Produktkatalog.* [Katalog] Garching : Henkel AG & Co. KGaA, 2017. Auflage 3.2.
Loctite.de. 2018. Loctite. [Online] 2018. [Zitat vom: 11. 12 2018.] www.loctite.de.
Longo, Giuseppe Walter, Desio. 1984. *Brühkopf für Espresso-Kaffeemaschinen. A47J31/40* Mailand, 18. 10 1984. Konstruktion.
m&m. 2015. *Solenoid Valves.* [Katalog] Orio al Serio : m&m International, 2015. 170053UF0.
Milani, Gino. 2013. *kaffeewiki.de.* [Online] 10. 12 2013. [Zitat vom: 11. 11 1018.] https://www.kaffeewiki.de/index.php?title=Faema_E61.
National-Oilwell-Varcon. 2016. *Kenics.* [Katalog] Houston : nov.com, 2016.
Palme, Frank. 2014. Skript Messtechnik. *Praktikum Messen nichtelektrischer Größen.* München : s.n., 2014.
Parker-Hannifin. 2017. ph.parker.com. *2 way valves.* [Online] 2017. [Zitat vom: 02. 11 2018.] www.parker.com/Online/Product%20Images/Fluid-Control-Division-Europe.
Parker-Lucifer-SA. 2008. *Magnetventile für Fluid Control Anwendungen.* [Prospekt] Carouge / Genève : Fluid Control Division Europe, 2008. 1032/DE.
Peter Eyerer, Peter Elsner, Thomas Hirth. 2005. *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2005. 3-540-21410-0.
Rasche, Manfred. 2012. *Handbuch Klebetechnik.* München Wien : Carl Hanser Verlag, 2012. 978-3-446-42402-9.
—. 1990. Klebemöglichkeiten von PTFE. adhäsion KLEBEN & DICHTEN, 1990, Bd. Heft 3, S. 17-18.
Römer. 2018. *Produkt Katalog.* [Katalog] Grafenau : s.n., 2018. Version 2018/01.
Saechtling, Hansjürgen, et al. 2013. *Saechtling Kunststoff Taschenbuch.* München : Carl Hanser Verlag, 2013. 978-3-446-43729-6.
Schumacher-Verfahrenstechnik. 2018. Statische Mischer. *Schumacher Verfahrenstechnik.* [Online] 12. 07 2018. [Zitat vom: 06. 12 2018.] https://schumacher-verfahrenstechnik.de/.
SECAM. 2018. *Gewindeeinsätze.* [Produktkatalog] Oberderdingen : SECAM, 2018. A18M02.
solenoid-valves.com. 2016. Solenoid Valve Terminology . [Online] 2016. [Zitat vom: 17. 12 2018.] solenoid-valves.com.
SPIROL. 2017. *Gewindeeinsätze für Kunststoffe.* [Katalog] s.l. : SPIROL Deutschland, 2017.
Statista-Umfrage. 2017. *Besitz von Kaffeemaschinen im Haushalt in Deutschland.* s.l. : Statista, 2017.
Stiny, Leonhard. 2015. *Passive elektronische Bauelemente.* Wiesbaden : Springer-Verlag, 2015. 978-3-658-08651-0.

tsi. 2018. *www.misch-und-dosiertechnik.de.* [Online] 03. 09 2018. www.misch-und-dosiertechnik.de/de/misch-und-dosiertechnik-gmbh/verfahrenstechniken/statische-und-dynamische-vermischung.html.
Umweltbundesamt. 2018. www.umweltbundesamt.de. [Online] 26. 03 2018. [Zitat vom: 17. 11 2018.] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/bewertungsgrundlage_fuer_metallene_werkstoffe_im_kontakt_mit_trinkwasser.pdf.
VDI-Richtlinie-2221. 1993. *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.* [Richtlinie] Berlin : VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 1993. 1993-05.
VDMA. 2002. *Kennzahlenkompass.* München : VDMA Verlag, 2002.
Wolfgang Weißbach, Michael Dahms, Christoph Jaroschek. 2018. *Werkstoffe und ihre Anwendungen.* Wiesbaden : Springer Vieweg, 2018. 978-3-658-19891-6.
www.esska.de. 2018. ESSKA. *Statisches Mischelement.* [Online] 2018. [Zitat vom: 18. 11 2018.] www.esska.de.

Anhang

Anhang 1. Anforderungsliste ... 63
Anhang 2. Funktionsstruktur ... 66
Anhang 3. Schaltplan 1 ... 68
Anhang 4. Schaltplan 2 ... 70
Anhang 5. Varianten zur Lösung 2 von „Sensor aufnehmen“ ... 72
Anhang 6. Varianten zur Lösung 3 von „Sensor aufnehmen“ ... 74
Anhang 7. Skizze zur Lösung 4 von „Sensor aufnehmen“ ... 76
Anhang 8. Skizze zur Lösung 5 von „Sensor aufnehmen“ ... 78
Anhang 9. Alternative zu Lösung 5 von „Sensor aufnehmen“ ... 80
Anhang 10. Morphologischer Kasten ... 82
Anhang 11. Konzept 1 ... 84
Anhang 12. Mischmodul Konzept 1 ... 86
Anhang 13. Konzept 2 ... 88
Anhang 14. Konzept 3 ... 90
Anhang 15. Mischmodul Konzept 3 ... 92
Anhang 16. Konzeptbewertung ... 94
Anhang 17. Strukturstückliste ... 96
Anhang 18. Flächenpressung Siebträger ... 98
Anhang 19. Angebot GehäuseV1, Fa. Speed Part GmbH, Edelstahl ... 100
Anhang 20. Angebot GehäuseV2, Protiq, Messing ... 102
Anhang 21. Angebot GehäuseV2, Protiq, Werkzeugstahl ... 104
Anhang 22. Gesprächsprotokoll mit Meister der HM ... 106
Anhang 23. Berechnung Pressverbindung Gehäuse-Buchse ... 108
Anhang 24. Sicherung der Buchse ... 113
Anhang 25. Berechnung Zylinderstifte ... 115
Anhang 26. Werkstoffauswahl Dusche ... 120
Anhang 27. Drucksensor-Klebung ... 122
Anhang 28. Auswahl Gewindeeinsatz ... 125
Anhang 29. Berechnung Dichtung ... 127
Anhang 30. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC (Zulauf Brühgruppe) ... 130
Anhang 31. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NO (Ablauf Mischwasser) ... 132
Anhang 32. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC (Ablauf Brühgruppe) ... 134
Anhang 33. Vorauslegung Schraube Gehäuse ... 136
Anhang 34. Trinkwasserhygienisch geeignete Kupfer-Zink-Blei-Legierungen ... 139
Anhang 35. Lebensmittelkompatibilität PVDF ... 142
Anhang 36. Lebensmittelkompatibilität PTFE ... 144
Anhang 37. Berechnung der Temperaturverluste in der Schlauchströmung ... 146
Anhang 38. Wartungsintervall Ventile ... 153
Anhang 39. Kostenabschätzung ... 155
Anhang 40. 01.000 Brühgruppe ... 158
Anhang 41. 01.100 Gehäuse komplett ... 160
Anhang 42. 01.101 Gehäuse ... 162
Anhang 43. 01.102 Buchse ... 164
Anhang 44. 01.200 Mischmodul ... 166
Anhang 45. 01.201 Mischelementgehäuse ... 168
Anhang 46. 01.300 Dusche komplett ... 170
Anhang 47. 01.301 Dusche ... 172
Anhang 48. 01.400 Temperatursensormodul ... 174

Anhang 49. 01.001 Dichtung 176
Anhang 50. Erklärung gemäß § 35 Abs. 7 RaPO 178
Anhang 51. Teilnahmebescheinigung Bachelorseminar Teil 1 180

Anhang 1. Anforderungsliste

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Anforderungsliste

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

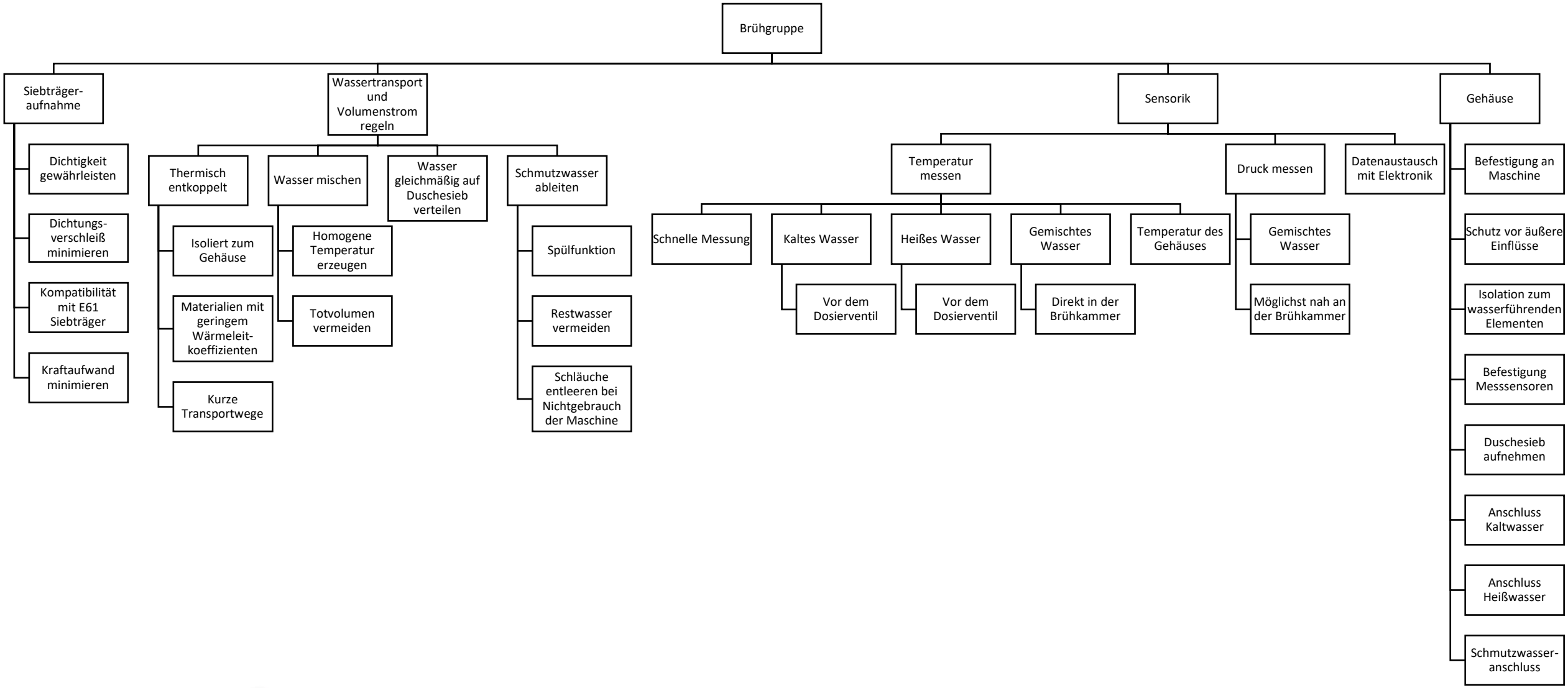
Projektname: Brühgruppe					Stand:	17.12.18
Pos.	**W/F***	**Anforderung für Aufgabe / Teilaufgabe:**	**Wert**	**Einheit**	**Änderung**	**Datum**
1 - Gehäuse						
1.1	F	Aufnahme für E61 Siebträger				
1.2	F	Befestigung am Gehäuse	4	Schrauben		
1.3	W	Wärmen des Siebträgers				
1.4	F	Aufnahme für Duschesieb				
2. Innenaufbau						
2.1	F	Vermischen von warmen und kaltem Wasser bis zur Temperaturmessstelle	min. 90	%	geändert	26.11.18
2.2	F	Isolierung zwischen Brühgruppengehäuse und Mischeinheit				
2.3	F	Anschlüsse				
2.3.1		Kaltwasser				
2.3.2		Heißwasser				
2.3.3		Abfluss				
2.4	F	Messstellen				
2.4.1		Temperatur Kaltwasser	0 bis 150	°C		
2.4.2		Temperatur Heißwasser	0 bis 150	°C		
~~2.4.3~~	~~/~~	~~Temperatur der Brühgruppengehäuse~~	~~0 bis 150~~	~~°C~~	~~entfernt~~	~~04.11.18~~
2.4.4		Temperatur des gemischten Wassers (Mischer)	0 bis 150	°C		
2.4.5		Temperatur des gemischten Wassers (Brühkammer)	0 bis 150	°C	ergänzt	05.09.18
2.4.6		Druck des gemischten Wassers	0 bis 16	bar	ergänzt	24.07.18
2.5	F	Verteilung Brühwasser				
2.5.1		Verteilung auf Kaffee	200	Bohrungen		
2.5.2		Aufteilung nach dem Vermischen	5	Bohrungen		
2.5.3		geringes Totvolumen				
2.6	F	Abflussmöglichkeit bis Temperatur eingeschwungen ist				
2.7	F	Vorgegebener Temperatursensor	PT100	thermodirekt.de 216025	ergänzt	26.11.18
2.8	F	Vorgegebener Drucksensor	0391 0001-08	Fa. B+B		
3. Ventile						
3.1	F	Medium Temperatur	105	°C	ergänzt	11.10.11
3.2	F	Umgebungstemperatur	60	°C	ergänzt	11.10.11
3.3	F	Betriebsspannung	24	V	ergänzt	11.10.11
3.4	F	Schaltzyklus für einen Brühvorgang	20	s		
3.5	F	max. Schaltdauer	30	ms		
3.6	F	min. Bohrungsdurchmesser V2 und V1	0,5	mm	ergänzt	26.11.18
3.7	F	min Bohrungsdurchmesser V3	2	mm	ergänzt	26.11.18
3.8	W	Ansteuerspannung	24	V	ergänzt	15.11.18
4. Allgemein						
4.1	F	Volumenstrom für einen normalen Espresso	1	ml/s		

Anforderungsliste

Projektname: Brühgruppe					Stand:	17.12.18
Pos.	**W/F***	**Anforderung für Aufgabe / Teilaufgabe:**	**Wert**	**Einheit**	**Änderung**	**Datum**
4.2	F	Volumenstrom für einen doppelten Espresso	2	ml/s	ergänzt	04.11.18
4.3	F	max. Druck	16	bar		
4.4	F	Lebensmittelechte Materialien verwenden				
4.5	W	Wartungsfreundlich, Demontierbar				
4.6	F	Schlauchanschlüsse	M5x0,8	Römer	ergänzt	05.09.18
4.7	F	Verkaufspreis gesamte Maschine	7000	€		
4.8	W	Lebensdauer	5	a		
4.9	W	Temperatur für die Wärmeverlust-Rechnung	20	°C		
4.10	W	Brühtemperatur min.	98	°C		
4.11	F	Brühtemperatur min.	95	°C		
4.12		Gehäusedesign				
4.12.1	F	Höchster Punkt am Brühkopf ist die Oberkante der Siebträgeraufnahme			ergänzt	24.11.18
4.12.2	W	Bei Fräsbearbeitung: Fräsrillen auf Oberfläche	100	Rz	ergänzt	25.11.18
4.12.3	F	Korrosionsschutz	10	µm	ergänzt	26.11.18
4.13	F	Restwasser in den Schläuchen bei Nichtgebrauch der Maschine in den Abfluss leiten				
4.14	F	Einheitliche Schlauchanschlüsse	ELSA	Römer		
4.15	F	Durchmesser der Verbindungsschläuche	6	mm	ergänzt	17.12.18

*Wunsch oder Forderung

Anhang 2. Funktionsstruktur

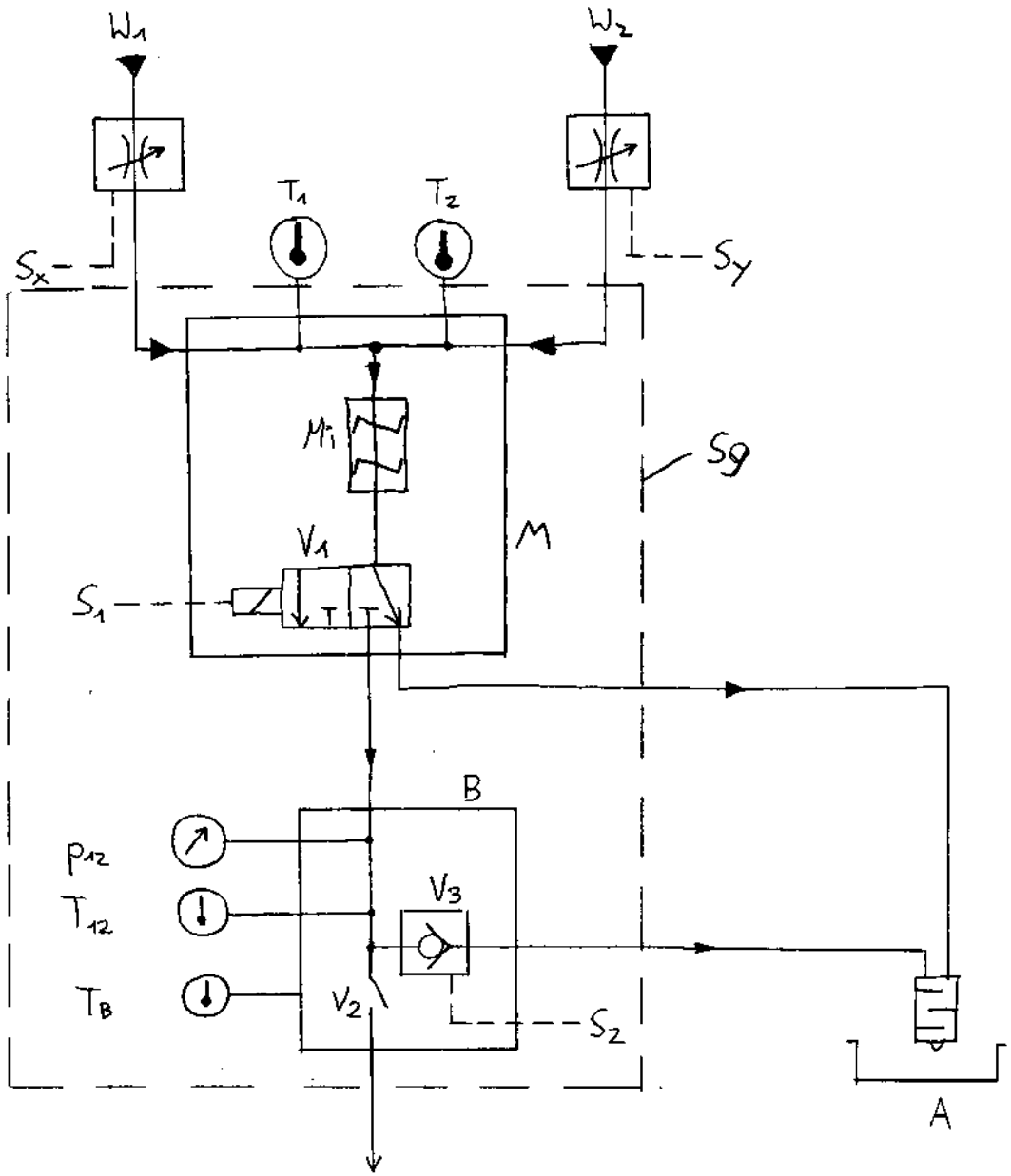


Funktionsstruktur Brühgruppe
Bachelorarbeit MBB
Marc Arendt
Letzte Änderung: 04.12.18

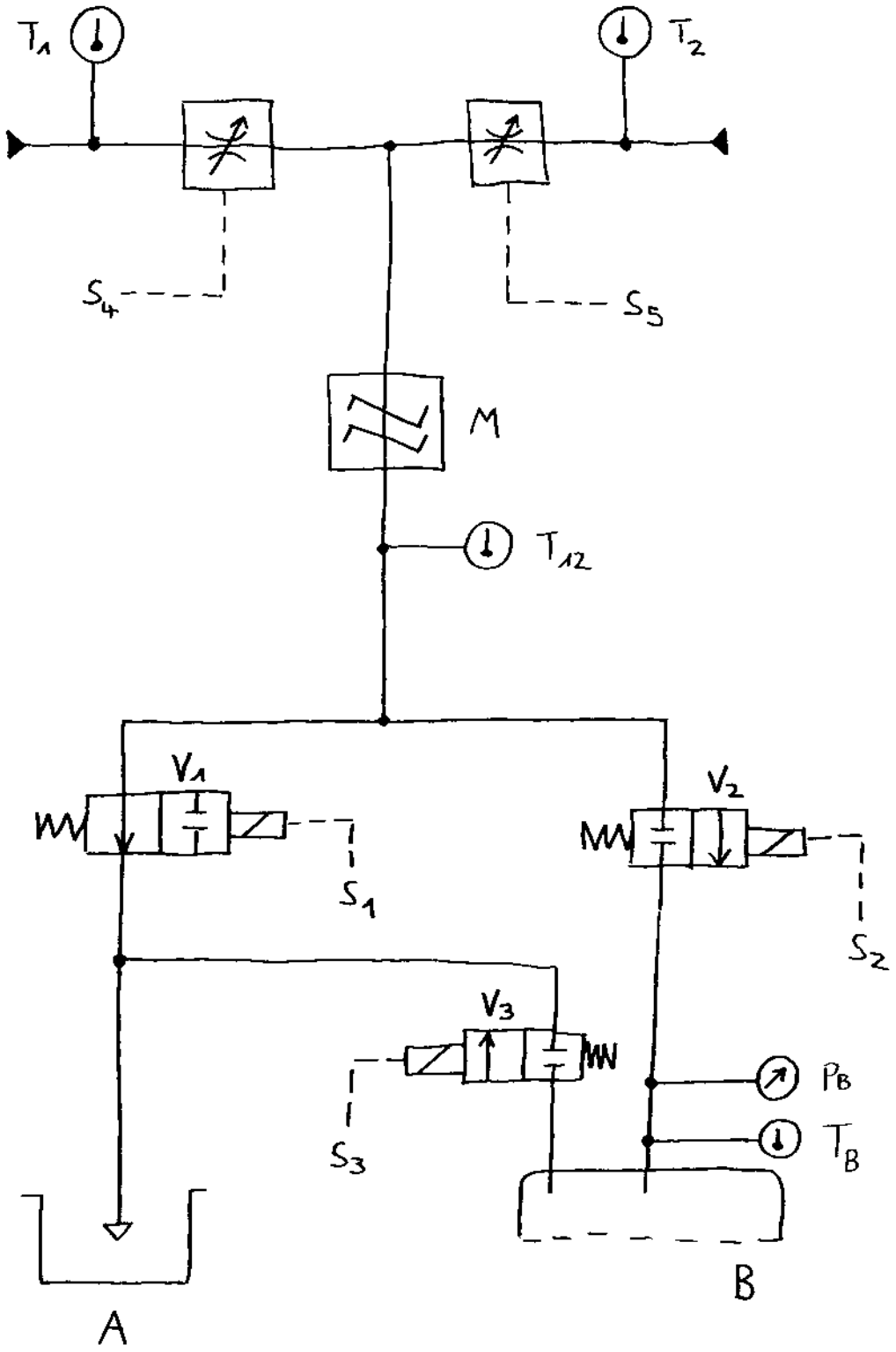
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Anhang 3. Schaltplan 1

B: Brühkopf
M: Mischeinheit
W_1: Warmwasser
W_2: Kaltwasser
T_1: Temp. W_1
T_2: Temp. W_2
T_{12}: Temp. gemischtes Wasser
T_B: Temp. Brühkopf
V_2: Blindsieb
M_i: Mischer
Sg: Systemgrenze
A: Auffangbehälter
$S_{1,2}$: Signal
p_{12}: Druck gemischtes Wasser
V_1: 3/2 Wegeventil
V_3: entsperrbares Rückschlag-ventil



Anhang 4. Schaltplan 2



S_i : Signal
T_i : Temperatursensor
p_i : Drucksensor
M : Mischeinheit
W_i : Wasseranschluss
A : Auffangbehälter
B : Brühkopf

V_1 : 2/2 Wegeventil NO
V_2 : 2/2 Wegeventil NC
V_3 : 2/2 Wegeventil NO

Schaltplan
16.10.18
Arendt

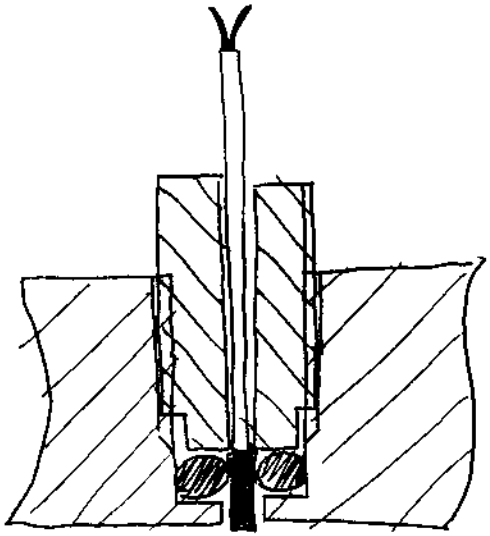
Anhang 5. Varianten zur Lösung 2 von „Sensor aufnehmen“

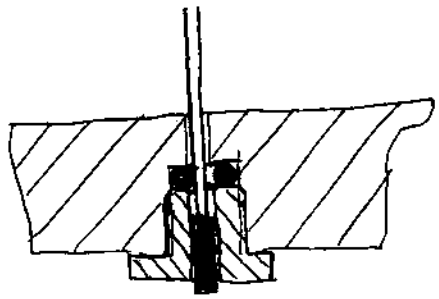
Buchse eingepresst

Sensor

Schraube „quetscht" O-Ring

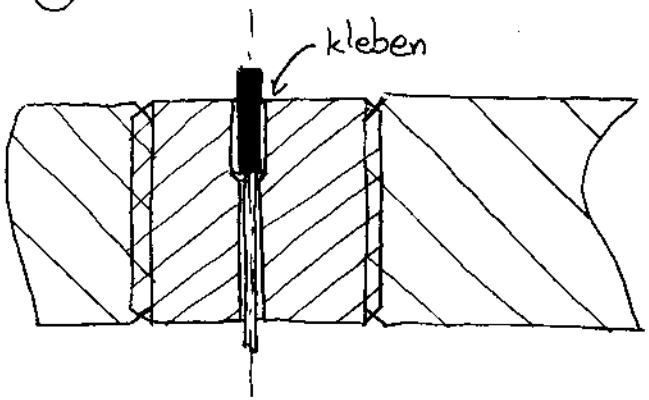
O-Ring dichtet und fixiert Sensor



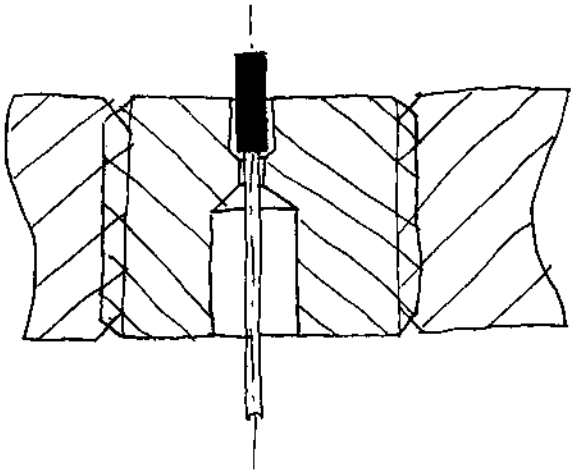


Anhang 6. Varianten zur Lösung 3 von „Sensor aufnehmen“

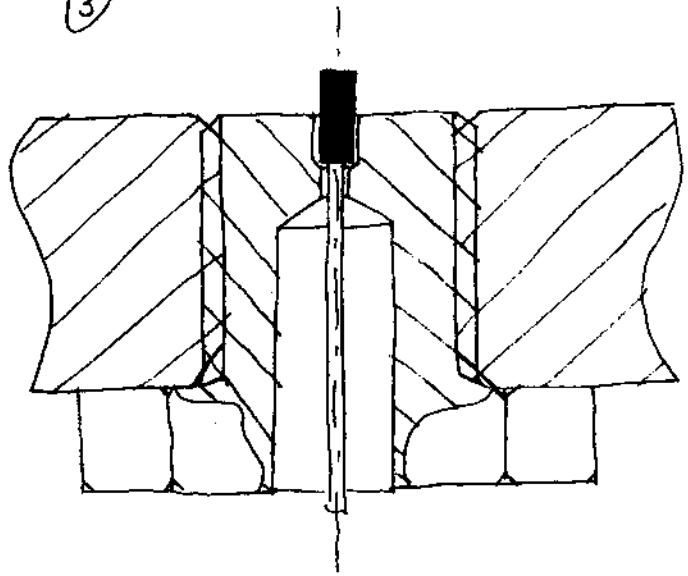
1



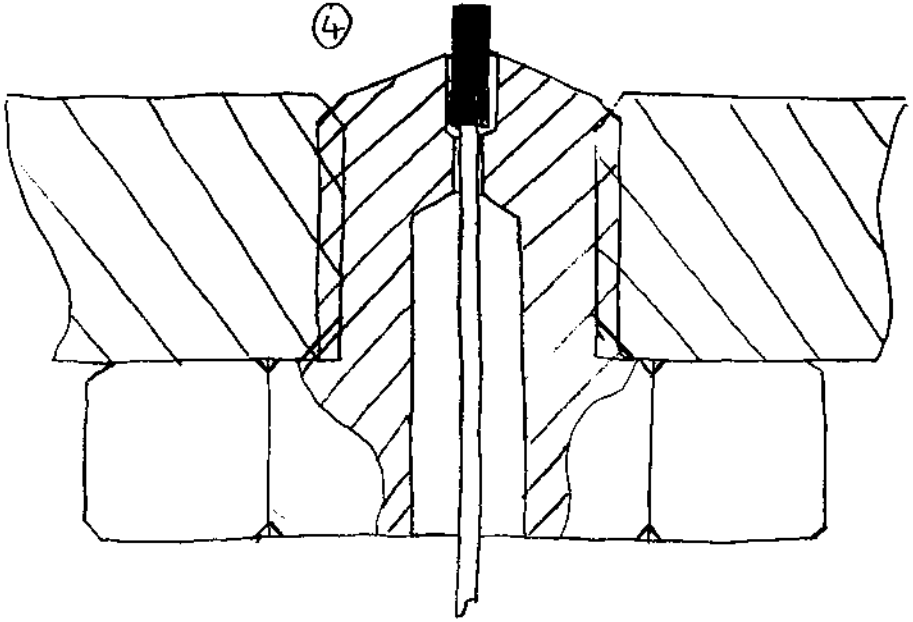
2



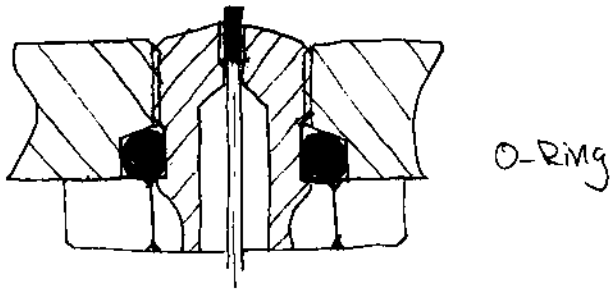
3



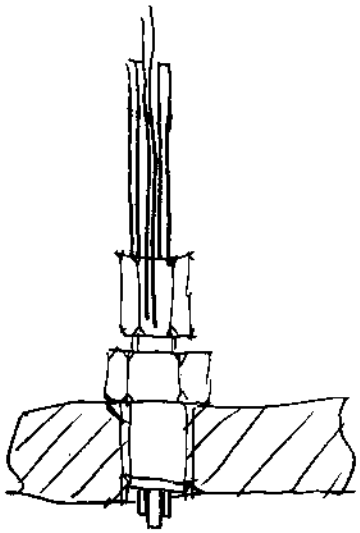
4

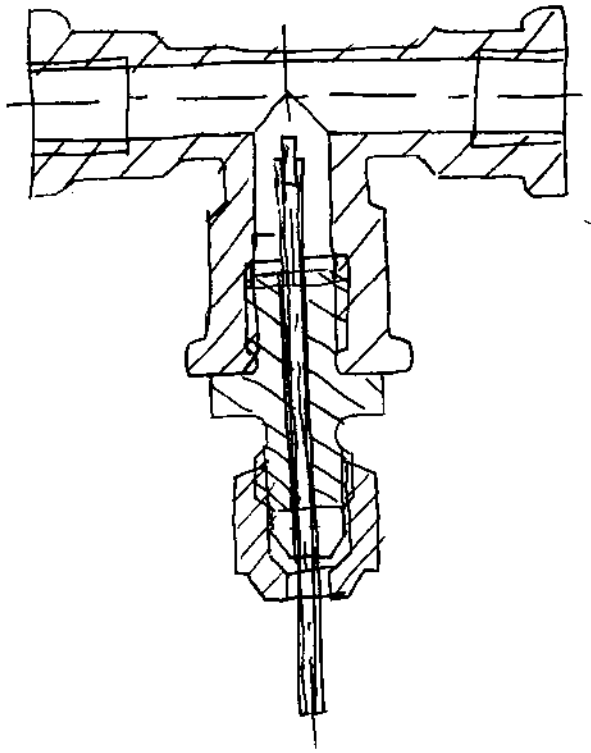


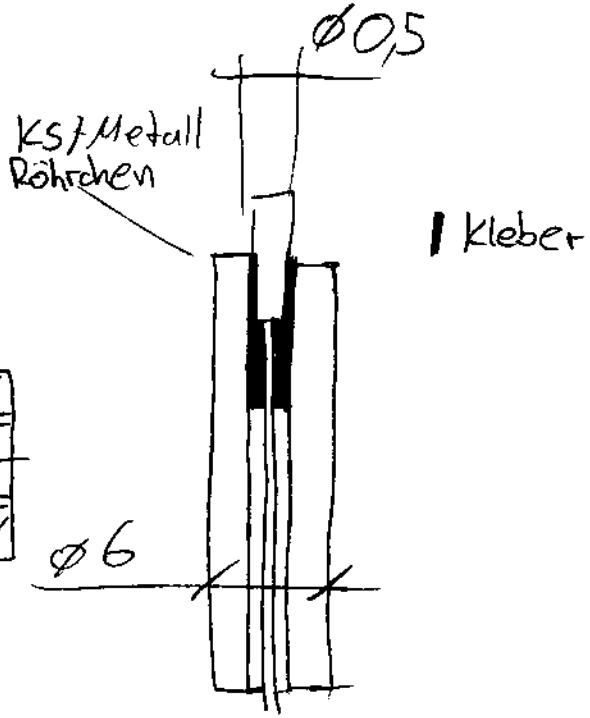
5

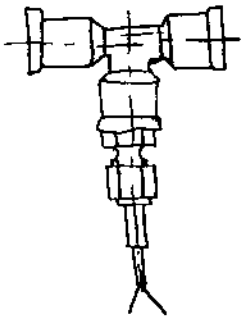


Anhang 7. Skizze zur Lösung 4 von „Sensor aufnehmen“

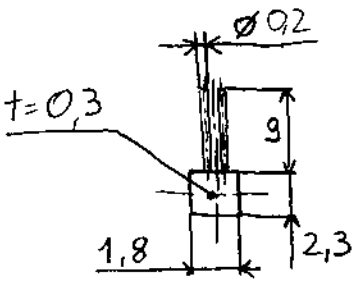


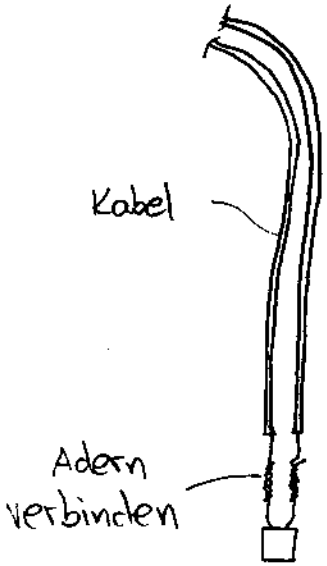



Ø0,5
KS/Metall
Röhrchen
Kleber
Ø6

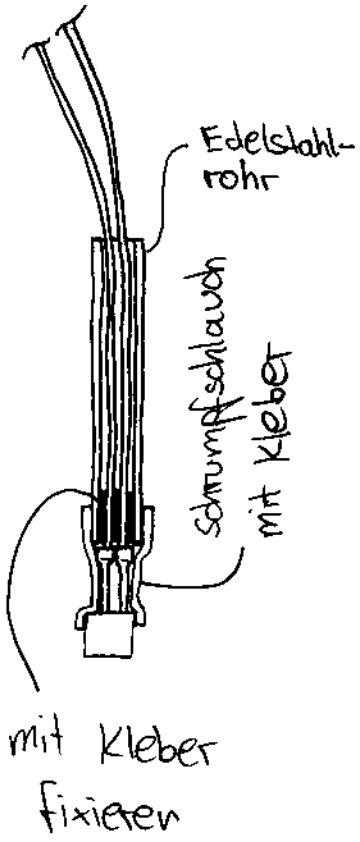


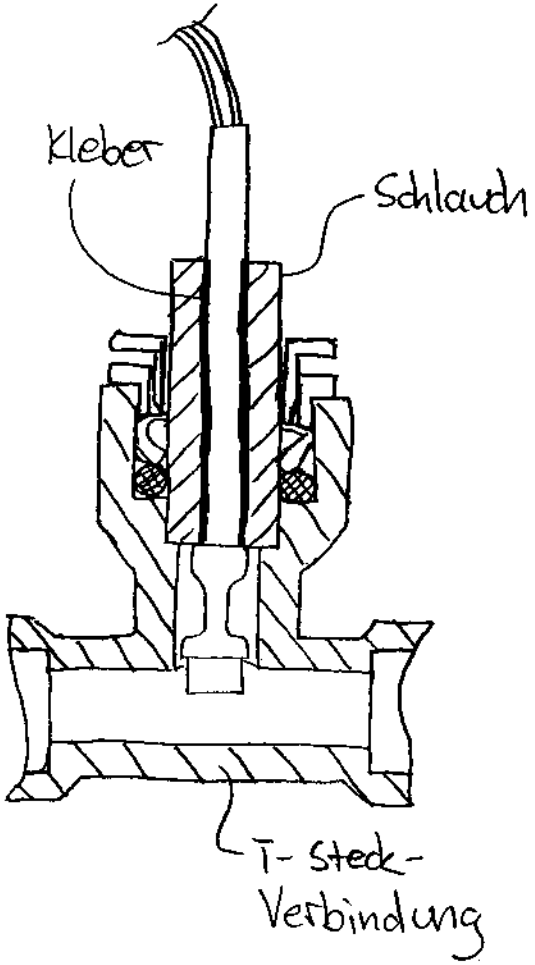
Anhang 8. Skizze zur Lösung 5 von „Sensor aufnehmen“


Ø 0,2
t=0,3
9
1,8
2,3

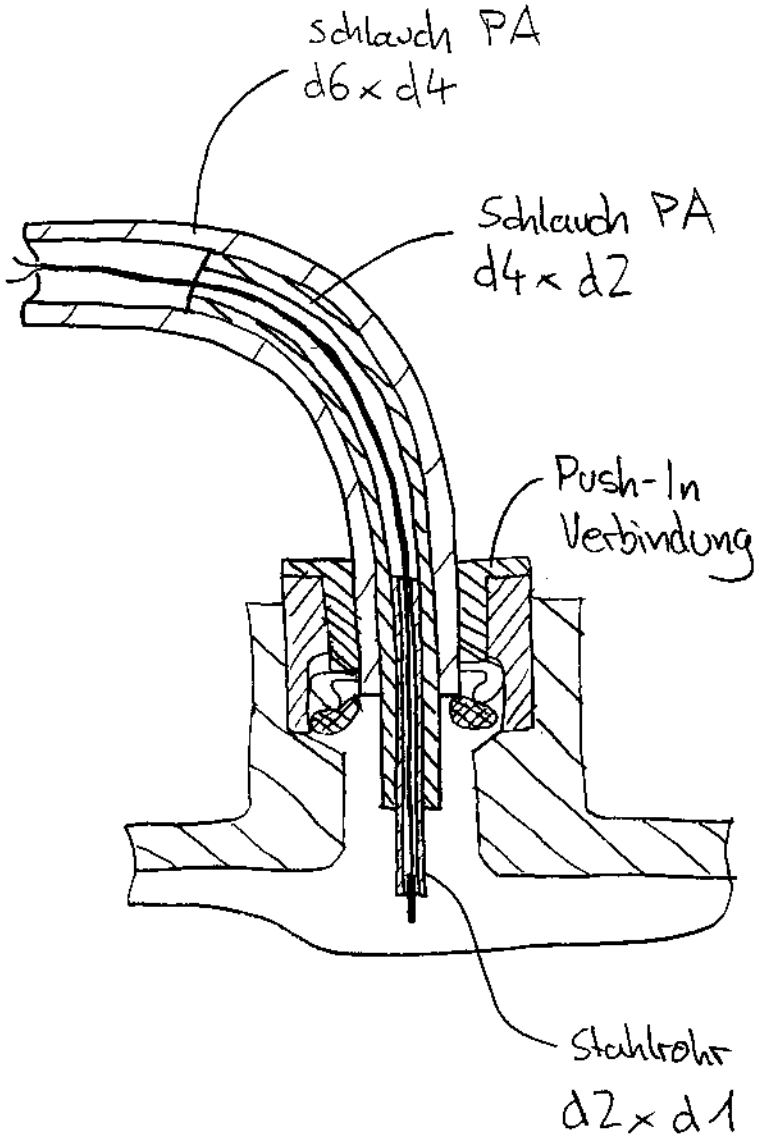

Kabel
Adern verbinden

Schrumpfschläuche


Edelstahl-rohr
Schrumpfschlauch mit Kleber
mit Kleber fixieren


Kleber
Schlauch
T-Steck-Verbindung

Anhang 9. Alternative zu Lösung 5 von „Sensor aufnehmen“



Kleber zwischen den PA-Schläuchen und zwischen PA-Schlauch und Stahlrohr

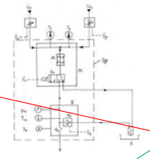
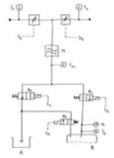
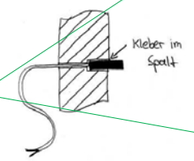
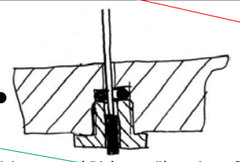
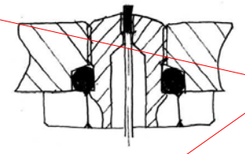
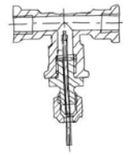
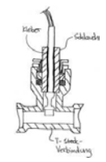
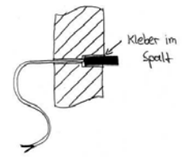
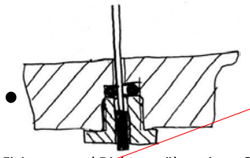
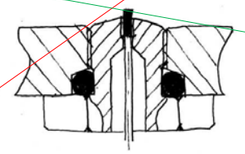
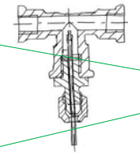
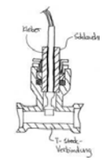
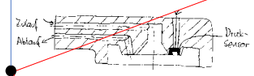
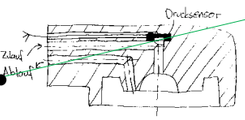
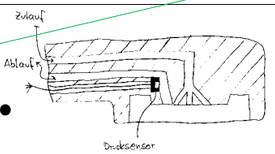
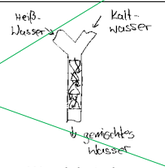
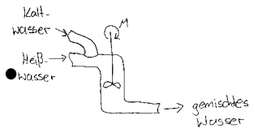
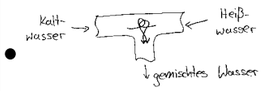
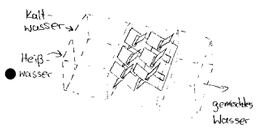
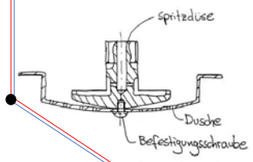
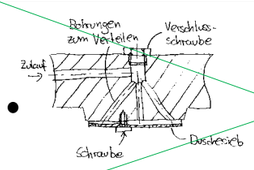
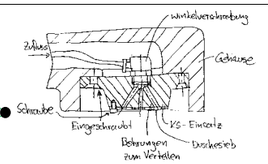
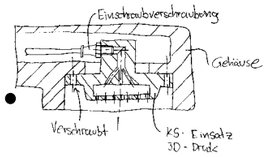
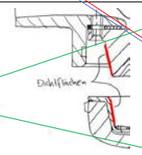
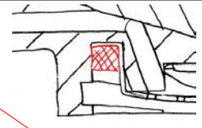
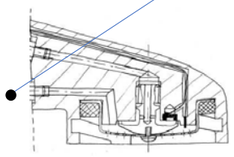
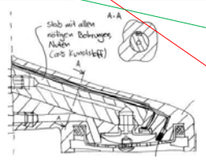
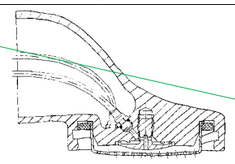
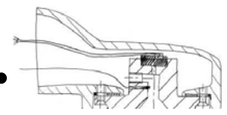
Stahlrohr innen mit Kleber aufgefüllt

Stahlrohr wegen Stabilität gegen die Strömung

Anhang 10. Morphologischer Kasten

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Morphologischer Kasten

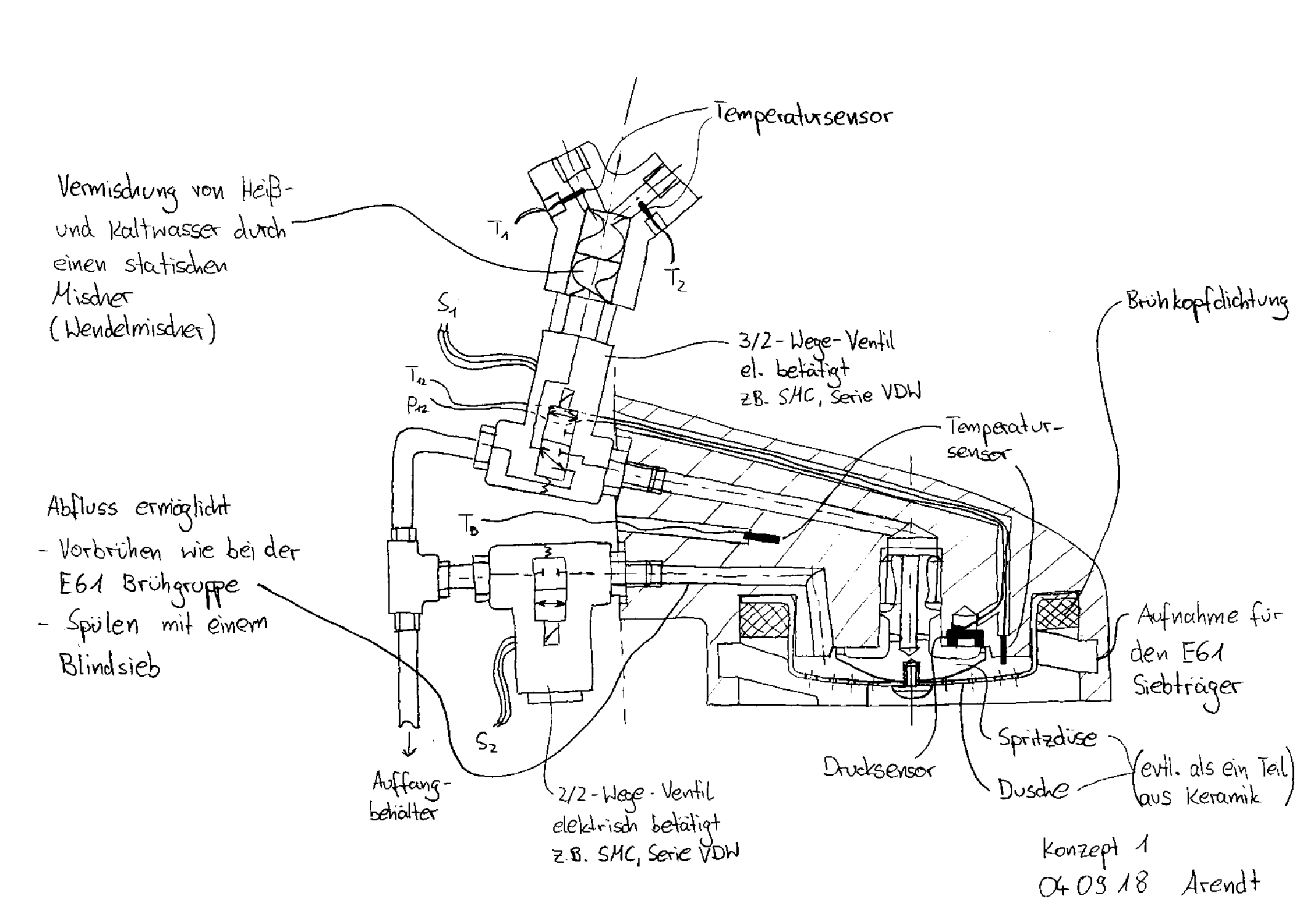
Einzellösungen für	Lösung 1	Lösung 2	Lösung3	Lösung 4	Lösung 5
Schaltplan	 Schaltplan 1	 Schaltplan 2			
Temperatursensor aufnehmen (Messstellen vor und nach Mischer)	 Senosr in Bohrung kleben	 Fixierung und Dichtung über einen O-Ring	 Verkleben in einer Sechskantschraube	 Klemmverschraubung	 Einbau in eine T-Steck-Verbindung
Temperatursensor aufnehmen (Messstelle im Brühkopf)	 Senosr in Bohrung kleben	 Fixierung und Dichtung über einen O-Ring	 Verkleben in einer Sechskantschraube	 Klemmverschraubung	 Einbau in eine T-Steck-Verbindung
Drucksensor aufnehmen	 Druckmessung direkt am Wasseraustritt	 Druckmessung in Zulaufbohrung	 Druckmessung an Ablaufbohrung (Entlastungsbohrung)		
Wasser mischen	 Wendelmischer	 dynamischer Mischer	 Gegenstrommischer	 X-Element-Mischer	
Wasser auf Kaffee gleichmäßig verteilen	 Spritzdüse und Duschesieb	 Bohrungen im Gehäuse	 Separate Dusche mit Bohrungen und Aufnahme des Duschesiebes	 Dusche mit integriertem Duschesieb	
Siebträger abdichten	 Konische Dichtfläche	 Plane Dichtfläche (Dichtring)	Negatives Gegenstück aus Gummi		
Wasser im Brühkopf führen	 Bohrungen im Vollmaterial	 Leitungen mit Rohr in eine Bohrung einführen	 Gehäuse wo weit wie möglich hohl gestalten	 Leitungsanschluss an isoliertem Innenleben	

Konzept 1

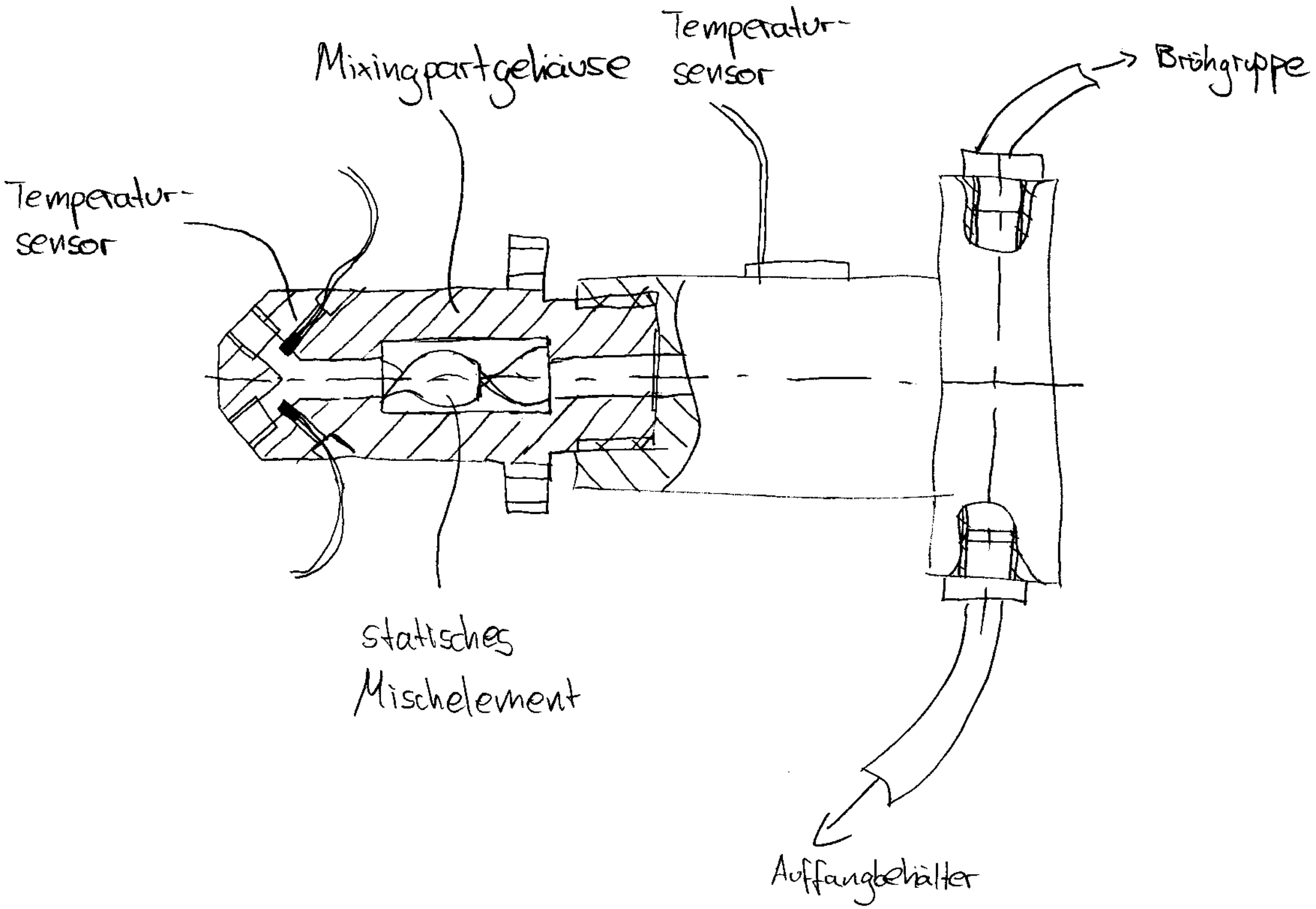
Konzept 2

Konzept 3

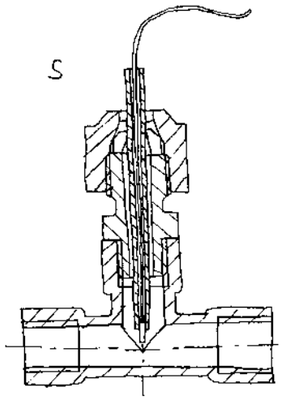
Anhang 11. Konzept 1

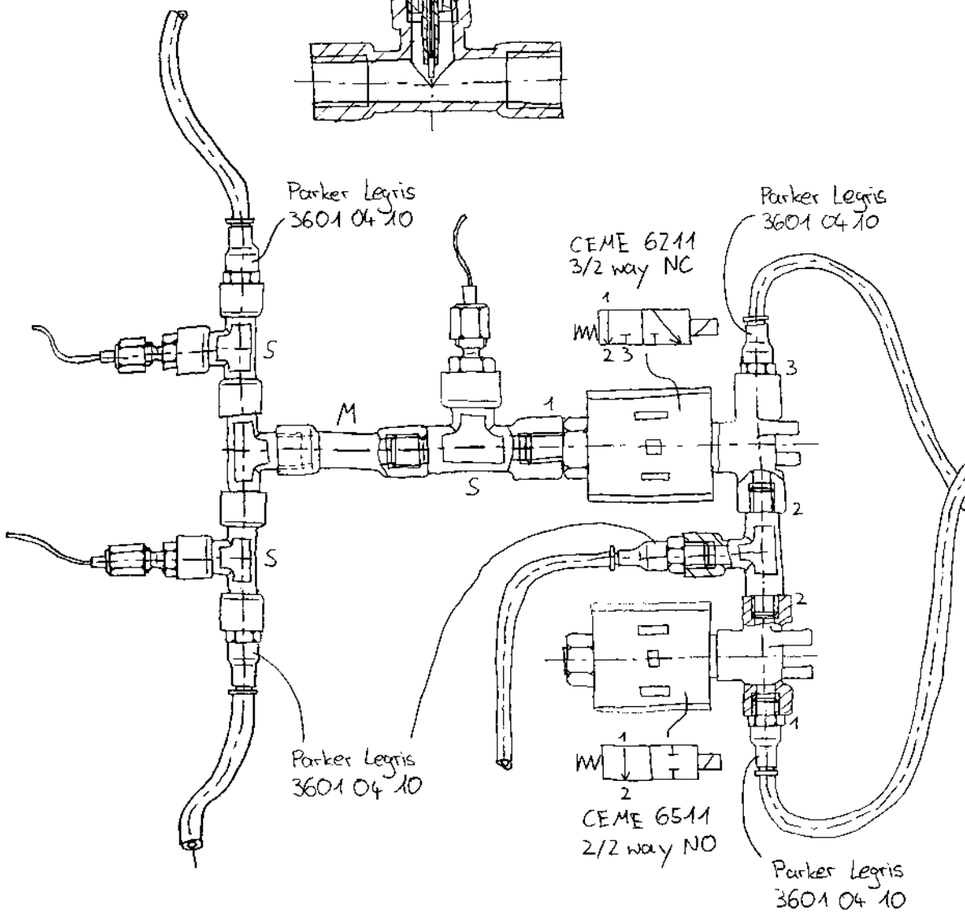

Temperatursensor
Vermischung von Heiß- und Kaltwasser durch einen statischen Mischer (Wendelmischer)
T_1
T_2
S_1
3/2 - Wege - Ventil el. betätigt z.B. SMC, Serie VDW
T_{12}
P_{12}
Brühkopfdichtung
Temperatur-sensor
Abfluss ermöglicht
- Vorbrühen wie bei der E61 Brühgruppe
- Spülen mit einem Blindsieb
T_B
Aufnahme für den E61 Siebträger
S_2
Spritzdüse
Drucksensor
(evtl. als ein Teil aus Keramik)
Dusche
Auffang-behälter
2/2 - Wege - Ventil elektrisch betätigt z.B. SMC, Serie VDW
konzept 1
04 09 18 Arendt

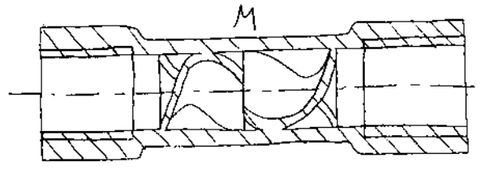
Anhang 12. Mischmodul Konzept 1


Mixingpartgehäuse
Temperatur-
sensor
Brühgruppe
Temperatur-
sensor
statisches
Mischelement
Auffangbehälter

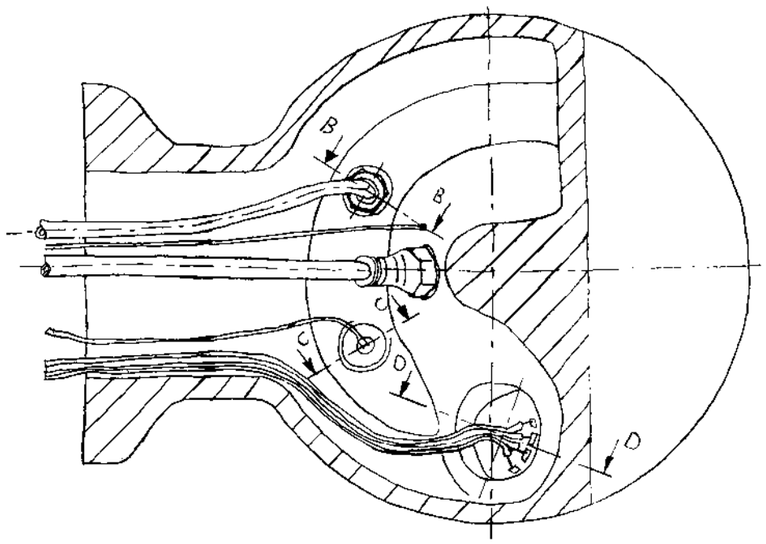
Anhang 13. Konzept 2

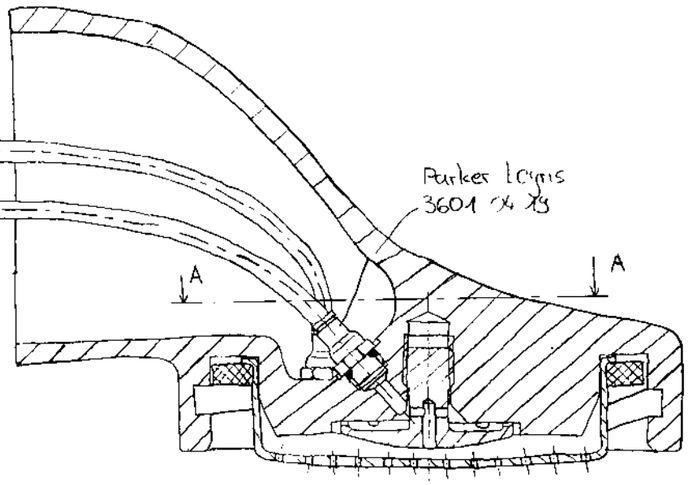


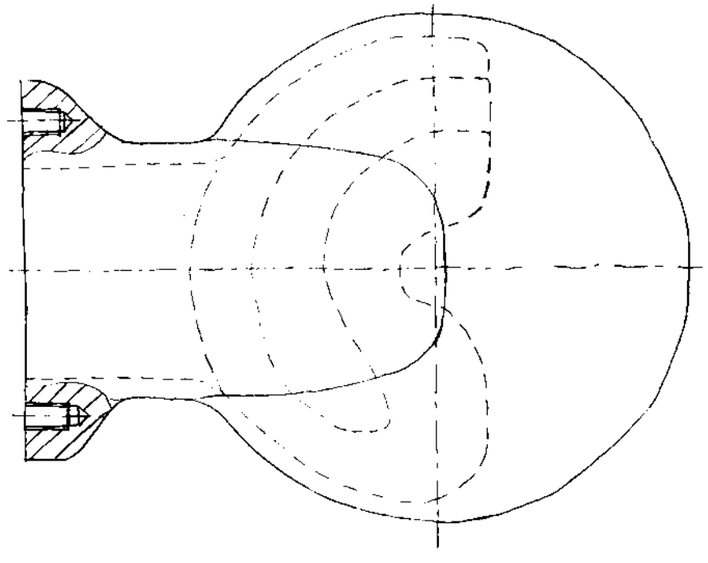


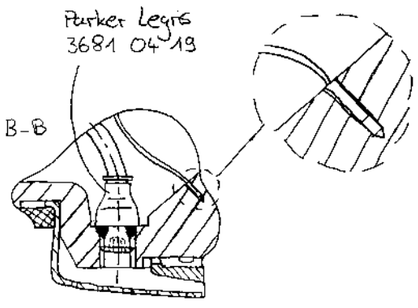


A-A

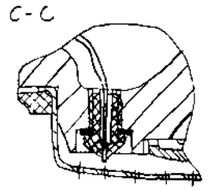




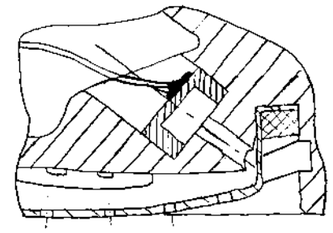




C-C



D-D

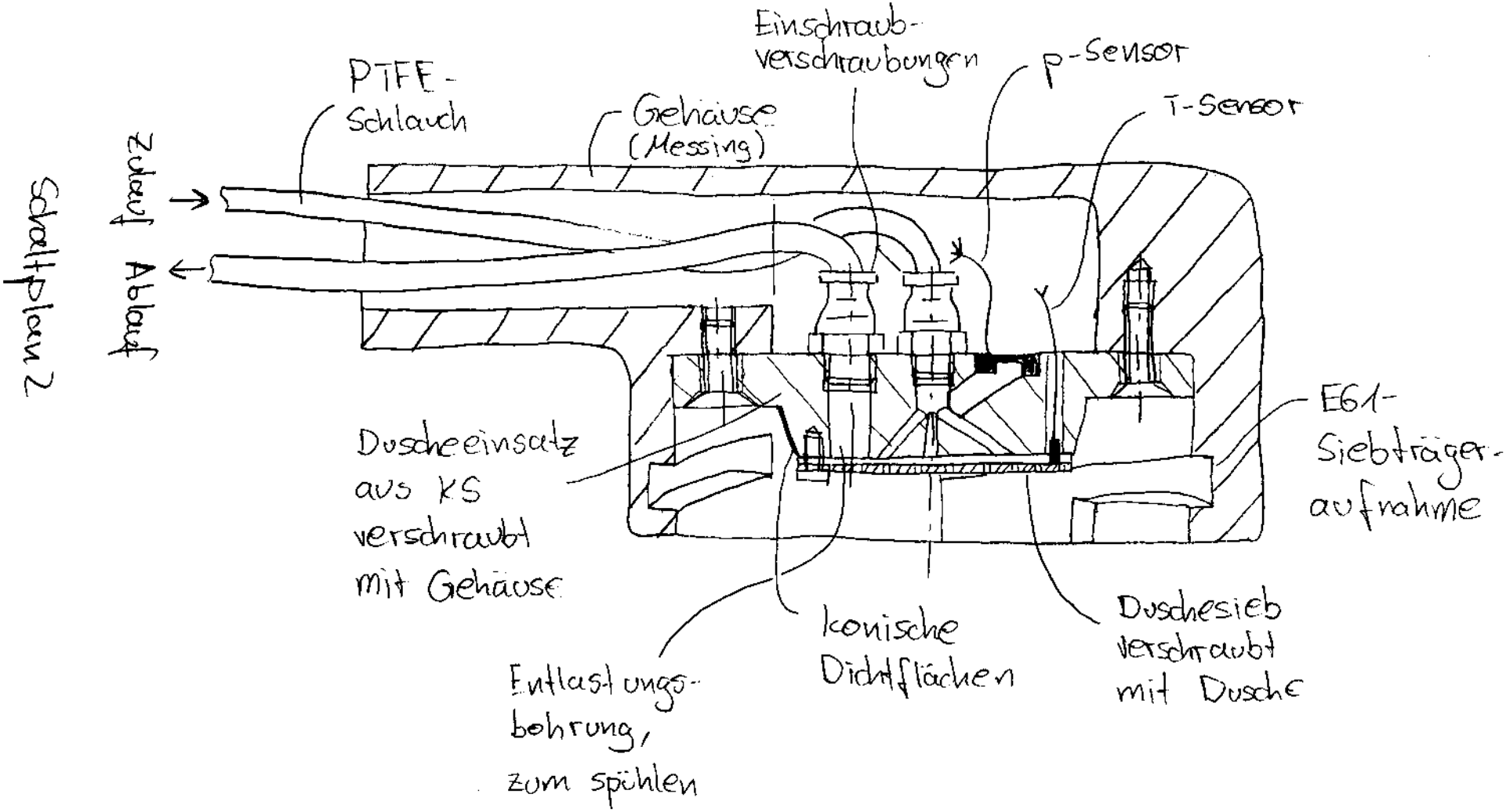


Konzept 2

11 09 18 Arendt

Anhang 14. Konzept 3

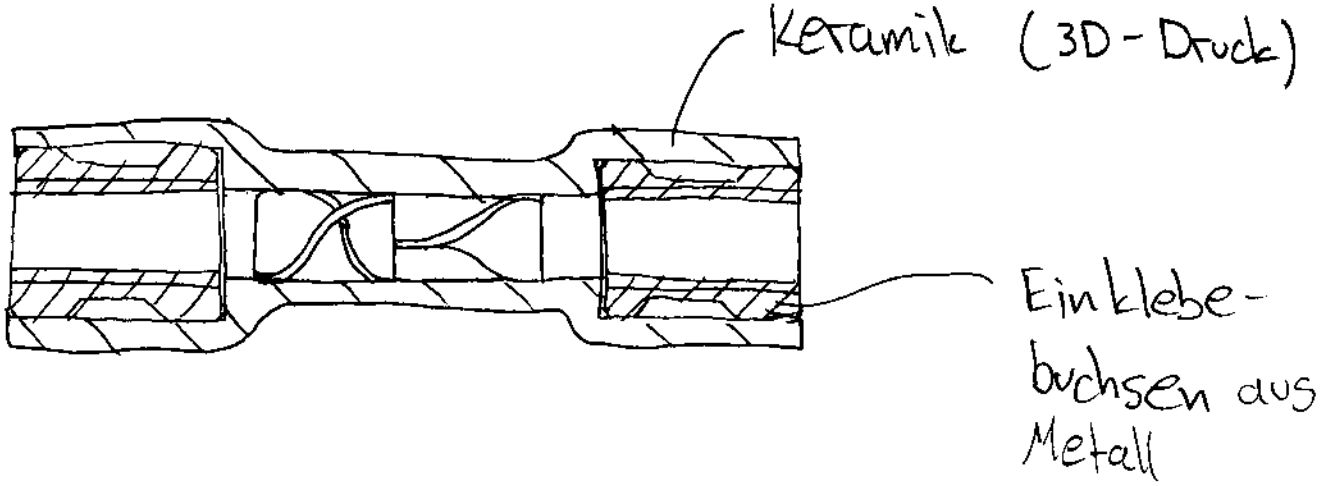
Schaltplan 2



Konzept 3
15.09.18

Anhang 15. Mischmodul Konzept 3

Mix- Element



Anhang 16. Konzeptbewertung

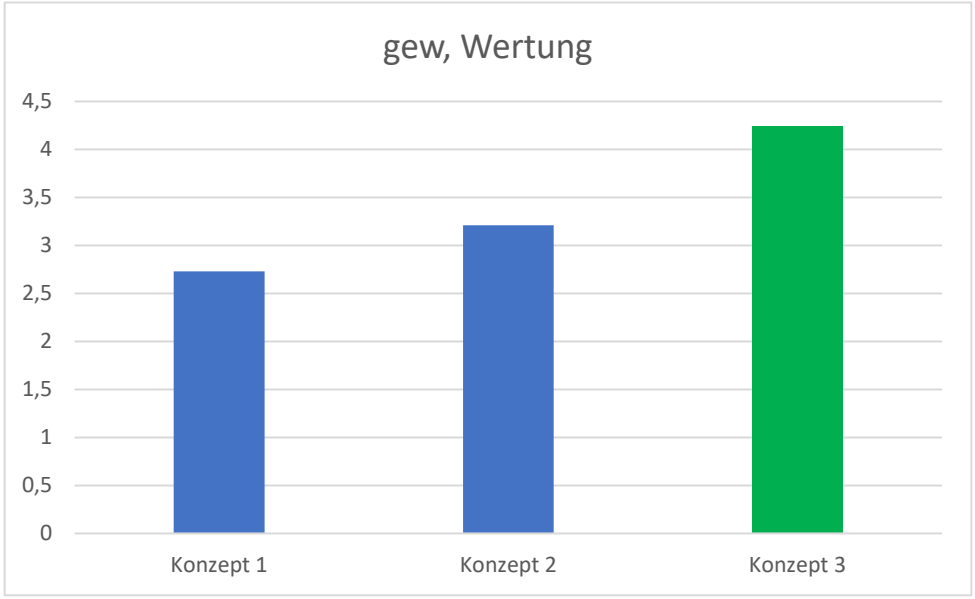
MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Konzeptbewertung

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

		Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3	
Bewertungskriterium	Gewichtung	Wertung	gew. Wertung	Wertung	gew. Wertung	Wertung	gew. Wertung
Herstellkosten	5,0%	1	0,05	3	0,15	1	0,05
Einfache Bedienung	8,0%	5	0,4	5	0,4	5	0,4
Geringe Bauteil-/Baugruppenanzahl	2,5%	4	0,1	2	0,05	2	0,05
wenige Fertigungsschritte	2,5%	1	0,025	2	0,05	1	0,025
wenige Montageschritte	2,5%	2	0,05	1	0,025	2	0,05
Sichere Funktion	20,0%	5	1	5	1	5	1
wenig Temperaturverluste	25,0%	1	0,25	2	0,5	5	1,25
homogene Temperaturverteilung	10,0%	3	0,3	3	0,3	5	0,5
Verfügbarkeit der Komponenten	15,0%	2	0,3	3	0,45	4	0,6
Schnelle Sensoren	6,5%	3	0,195	3	0,195	3	0,195
Zugänglichkeit der Komponenten	3,0%	2	0,06	3	0,09	4	0,12
	∑ 100%		2,73		3,21		4,24

Wertung: 1 bis 5



MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Konzeptbewertung

HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN
MÜNCHEN

Anhang 17. Strukturstückliste

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Strukturstückliste

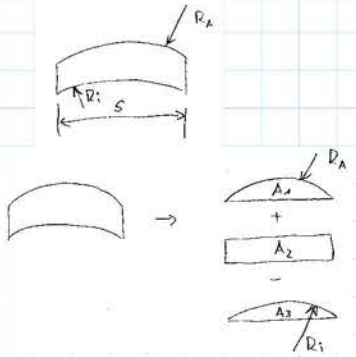
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Brühgruppe	Ersteller: Marc Arendt	Erstelldatum: 12.11.2018
01.000		**Letzte Aktualisierung: 20.12.2018, Marc Arendt**

Nr.	Menge	Zng. Nr.	Benennung	Pos. Nr.	Abmessungen	Norm / Material
1		**01.000**	**Brühgruppe**			
2	1	**01.100**	**Gehäuse komplett**	1		
3	1	01.101	Gehäuse	1.1	95x70x145,5	CuZn39Pb3
4	1	01.102	Buchse	1.2	d83x22	CuZn39Pb3
5	10	1101	Zylinderstift	1.3	d3m6 x 10	ISO 8734 - C1
6	1	**01.200**	**Mischmodul**	2		
7	1	01.201	Mischelementgehäuse	2.1	d12x85	PVDF
8	2	1007	gerade Einschraub-Verschraubung	2.2	M5 x d6	Römer ELSA 830060
9	2	1201	Gewindeeinsatz	2.3	M5x10, 1.4305	Kerb Konus 348 000 050 500
10	1	1202	Statisches Mischelement	2.4	d4,8 x 65	PTFE, ESSKA PMS 4,8-16-65W
11	1	**01.300**	**Dusche komplett**	3		
12	1	01.301	Dusche	3.1	d75x38	PVDF
13	1	1301	Temperatursensor	3.2	3,9x1,5x1,0	PT100 - 216025 thermodirekt.de
14	2	1302	Kabel	3.3	120mm	AWG30, Isolation: ETFE
15	2	1303	Schrumpfschlauch	3.4	12mm	AWG34, PTFE 200
16	1	1304	Drucksensor	3.5	d18x6.35	B+B 0391 0001-08
17	3	1305	Gewindeeinsatz zum einschrauben	3.6	M5x10, 1.4305	Kerb Konus 348 000 050 500
18	1	1306	Epoxidharzkleber	3.7	0,1 ml	LOCTITE® EA 9480™
19	1	1307	Cyanacrylatkleber	3.8		LOCTITE® 454™
20	1	1308	Primer	3.9		LOCTITE® SF 770™
21	1	1309	Weichlot	4.9	d0,75	DIN EN 29453 S-Sn96Ag4
22	3	**01.400**	**Temperatursensormodul**	4		
23	1	1301	Temperatursensor	4.1	3,9x1,5x1,0	PT100 - 216025 thermodirekt.de
24	1	1401	Schlauch Ø4	4.2	d4xd2,5x30	PTFE
25	1	1402	T Steck Verbindung	4.3	d6 d6 d4	Römer ELSA 367094
26	1	1403	Metallröhrchen	4.4	d2,5x0,25x40	DIN 17457 X5CrNi18-10
27	2	1302	Kabel	4.5	50mm	AWG30, Isolation: ETFE
28	2	1303	Schrumpfschlauch	4.6	12mm	AWG34, PTFE 200
29	1	1306	Epoxidharzkleber	4.7	0,1 ml	LOCTITE® EA 9480™
30	1	1307	Cyanacrylatkleber	4.8		LOCTITE® 454™
31	1	1308	Primer	4.9		LOCTITE® SF 770™
32	1	1309	Weichlot	4.10	d0,75	DIN EN 29453 S-Sn96Ag4
33	1	**01.500**	**Siebträger komplett**	5		
34	1	1501	Siebträger	5.1		Messing, verchromt
35	1	1502	Griff	5.2		Kunststoff
36	1	1503	Auslauf	5.3		St.
37	1	1504	Siebeinsatz	5.4		St.
38	1	1505	Feder	5.5	d1,0	Federst.
39	1	01.001	Dichtung	6	d56,5xd62,9x6	PTFE, natur, weiß
40	1	1001	2/2 Wegeventil NC	7	d6 d6	Römer AVS-MAGMA 627008
41	1	1002	2/2 Wegeventil NO	8	G1/8"	m&m RD262DVG 7251
42	1	1003	2/2 Wegeventil NC	9	G1/8"	m&m D262DVG 7250
43	2	1004	Dosierventil	10	d6 d6	Römer EFC 690525
44	5	1005	T-Steck-Verbindung	11	d6 d6 d6	Römer ELSA 367095
45	4	1006	gerade Einschraub-Verschaubung	12	G1/8 x d6	Römer ELSA 367053
46	2	1007	gerade Einschraub-Verschaubung	13	M5 x d6	Römer ELSA 380060
47	4	1008	Sechskantschraube	14	M5x16	ISO 4017 - 8.8 verz.
48	4	1009	Senkschraube	15	M3x14	ISO 7046 - 4.8 verz. - Z
49	1	1010	Senkschraube	16	M5x8	ISO 7046 - 8.8 verz. - Z
50	1	1011	Duschesieb	17	d51,5	
51	1	1012	Schlauch Ø6 (240 mm)	18	d6xd4x240	Römer PFA 296007
52	1	1013	Schlauch Ø6 (155 mm)	19	d6xd4x155	Römer PFA 296007
53	11	1014	Schlauch Ø6 (40 mm)	20	d6xd4x40	Römer PFA 296007
54	3	1015	Schlauch Ø6 (400 mm)	21	d6xd4x400	Römer PFA 296007

Anhang 18. Flächenpressung Siebträger

Flächenpressung auf Gehäusematerial



Außenradius Siebträgerflügel $R_A := 41\ mm$

Flügelbreite $s := 22\ mm$

Innenradius Gehäuse (Buchse) $R_I := 37.5\ mm$

$A_{Auflage} = A_1 + A_2 - A_3$

$h_A := R_A - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot {R_A}^2 - s^2}$ $h_A = 1.503\ mm$

$A_1 := {R_A}^2 \cdot \operatorname{asin}\left(\frac{s}{2\ R_A}\right) - \frac{s \cdot (R_A - h_A)}{2}$ $A_1 = 22.129\ mm^2$

$A_2 := s \cdot (R_A - R_I)$ $A_2 = 77\ mm^2$

$h_I := R_I - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot {R_I}^2 - s^2}$ $h_I = 1.65\ mm$

$A_3 := {R_I}^2 \cdot \operatorname{asin}\left(\frac{s}{2\ R_I}\right) - \frac{s \cdot (R_I - h_I)}{2}$ $A_3 = 24.303\ mm^2$

$A_{Auflage} := A_1 + A_2 - A_3$ $A_{Auflage} = 74.826\ mm^2$

Flächenpressung p_F

Druckkraft

max. Druck $p := 16\ bar$

Angriffsfläche $d := 59\ mm$ $r := \frac{d}{2}$ $r = 29.5\ mm$

$A_{Angriff} := r^2 \cdot \pi$ $A_{Angriff} = 2734\ mm^2$

Anwendungsfaktor $K_A := 1$

Auftretende Kräfte $F := p \cdot A_{Angriff}$ $F = 4374\ N$

Anzahl Flügel $n := 2$

Flächenpressung $p_F := \frac{F \cdot K_A}{n \cdot A_{Auflage}}$ $p_F = 29.23\ \frac{N}{mm^2}$

Formeln für Kreisabschnitt: Lothar Papula - Mathematische Formelsammlung, Springer Verlag, Wiesbaden, 2014

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 19. Angebot GehäuseV1, Fa. Speed Part GmbH, Edelstahl

Metall Laser Sintern (DMLS)

Bitte richten Sie zunächst Ihre Bauteile aus und speichern sie in dieser Position. Das Bauteil sollte flach liegen, längste Bauteilseite in x-Richtung. Starten Sie nun den Upload Ihrer **stl-Dateien!** Dauer des Upload abhängig von Dateigröße und Internetverbindung. Sollte der Upload nicht erfolgen setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.

Datenmenge maximal 15 MB je Datei

Schritt : **Verfahren**

Metall Laser Sintern (DMLS)

Schritt 1: **STL-Datei-Upload**

Schritt 2: **Material**

Edelstahl 1.4542 ▼

Schritt 3: **Berechnen**

Anzahl		Bauteil	Einzelpreis
1 x		gehause.stl (ca. 147,50 x 95,00 x 70,00 mm) Lieferzeit: innerhalb 12 Arbeitstage.	**3.750,82 €**

Gesamt: **3.750,82 €**

Die angezeigten Preise gelten unter Vorbehalt.

Anhang 20. Angebot GehäuseV2, Protiq, Messing

Materialien und Finishing konfigurieren

Markierte Bauteile: Konfigurieren Löschen Kopieren Weitere Bauteile hochladen

Alle Bauteile markieren

0-GehauseV2.stl
145.50 x 91.00 x 70.00 mm
Größe anpassen

PROTIQ A Phoenix Contact Company

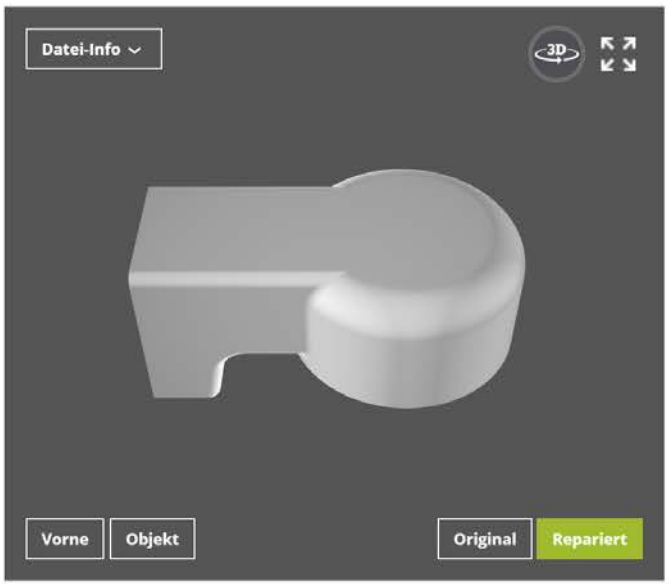
Messing
Strahlen

Anzahl
- 1 +

Dieses Bauteil konfigurieren
Stück: 3970,39€
Gesamt: 3970,39€
inkl. 19 % MwSt zzgl. Versandkosten

Alle Bauteile markieren

Markierte Bauteile: Konfigurieren Löschen Kopieren Weitere Bauteile hochladen



Preis Ihrer Konfiguration

3970,39€

inkl. 19 % MwSt zzgl. Versandkosten

Anhang 21. Angebot GehäuseV2, Protiq, Werkzeugstahl

Materialien und Finishing konfigurieren

Markierte Bauteile: Konfigurieren Löschen Kopieren Weitere Bauteile hochladen

Alle Bauteile markieren

0-GehauseV2.stl

145.50 x 91.00 x 70.00 mm

Größe anpassen

PROTIQ A Phoenix Contact Company

Werkzeugstahl (1.2709)
Strahlen

Anzahl

\- 1 +

Dieses Bauteil konfigurieren

Stück: 1843,91€
Gesamt: 1843,91€
inkl. 19 % MwSt zzgl. Versandkosten

Alle Bauteile markieren

Markierte Bauteile: Konfigurieren Löschen Kopieren Weitere Bauteile hochladen

Preis Ihrer Konfiguration

1843,91€

inkl. 19 % MwSt zzgl. Versandkosten

Anhang 22. Gesprächsprotokoll mit Meister der HM

Gesprächsprotokoll: Fertigungsgerechte Konstruktion

Datum:	14.11.2018
Uhrzeit:	11:00 – 11:30 Uhr
Anwesenheit:	Marc Arendt, Dominik Bichler
Verfasser:	Marc Arendt
Erstellt am:	14.11.2018

1. Besprochene Änderungswünsche

a. Gehäuse

- Verrundungen R3 in Schlauchfreiraum ist zu klein
  → hier wird mit einem d10 oder d12 Fräser gearbeitet
  → auf R5 oder R6 ändern
- Schrägen (10° und 45°) innen und außen entfernen bzw. senkrecht zu den anderen Flächen setzen
  → leichtere Fertigung
- Nut für die Aufnahme des Siebträgers kann nicht gefertigt werden
  → zwei Möglichkeiten
    - Vorderer Teil und hinterer Teil separat fertigen, anschließend zusammenfügen. Dadurch kann der Teil mit der Nut gedreht werden. Hier ist es möglich mit einer Gewindebohrung die Nut zu fertigen. Allerdings wird die obere Fläche dann nicht gerade, sondern auch schräg.
    - Nut in eine Buchse fräsen, welche später eingepresst wird.

b. Dusche

- Zeitaufwendige Fertigung der konusförmigen Bohrungen für die Gewindeeinsätze.
- Prüfen der alternativen Gewindeeinsatze „Helicoils“, diese benötigen in der Regel nur eine gerade Bohrung.

2. Weiterführende Aufgaben

- Materiallieferanten für PVDF heraussuchen. Die Lieferanten sollten eine Zahlung auf Rechnung akzeptieren, damit die Hochschule die Zahlung übernehmen kann.
- Aktualisierte Zeichnungen verschicken
- STEP-Dateien bei Zeichnungsversendung mitschicken

Anhang 23. Berechnung Pressverbindung Gehäuse-Buchse

Berechnung Pressverbindung Gehäuse-Buchse nach [1]

1. Belasung

$p := 16\ bar$ $d := 59\ mm$ $r := \frac{d}{2}$ $r = 29.5\ mm$

$A := r^2 \cdot \pi$ $A = 2734\ mm^2$

$K_A := 1$ $S_H := 1.5$

$F_l := p \cdot A$ $F_l = 4374\ N$

2. geometrische Daten

$D_F := 83\ mm$ $D_{Aa} := 95\ mm$ $D_{Ii} := 75\ mm$

$l_F := (23 - 13.5)\ mm$ $Rz_{Ai} := 6.3\ \mu m$ $Rz_{Ia} := 6.3\ \mu m$

3. Werkstoffdaten (Buchse und Gehäuse gleich)

Gehäuse: Stange EN12164 - CuZn39Pb3 - R360 - SQR100A

Bezeichnungen			Durchmesser			Schlüsselweite			Zugfestigkeit	0,2 %-Dehngrenze		Bruchdehnung[3]			Härte	
Werkstoff		Zustand	mm			mm			R_m N/mm² (MPa)	$R_{p\,0,2}$ N/mm² (MPa)		$A_{100\,mm}$ %	$A_{11,3}$ %	A %	HBW	
Kurzzeichen	Nummer		von	über	bis	von	über	bis	min.	min.	max.	min.	min.	min.	min.	max.
		M	Alle			Alle			Wie gefertigt							
CuZn39Pb3 CuZn40Pb2	CW614N CW617N	R360	6	—	80	5	—	60	360	—	350	—	15	20	—	—
		H090	6	—	80	5	—	60	—	—	—	—	—	—	90	125
		R430	2	—	60	2	—	40	430	220	—	6	8	10	—	—
		H110	2	—	60	2	—	40	—	—	—	—	—	—	110	160
		R500	2	—	14	2	—	10	500	350	—	—	3	5	—	—
		H135	2	—	14	2	—	10	—	—	—	—	—	—	135	—

[2]

Buchse: Hohlstange EN 2168 - CuZn39Pb3 - R500 - RND85A x WT6

Bezeichnungen			Wanddicke			Zugfestigkeit	0,2 %-Dehngrenze		Bruchdehnung	Härte			
Werkstoff		Zustand	mm			R_m N/mm² (MPa)	$R_{p\,0,2}$ N/mm² (MPa)		A %	HBW		HV	
Kurzzeichen	Nummer		von	über	bis	min.	min.	max.	min.	min.	max.	min.	max.
		M	alle			wie gefertigt							
CuZn39Pb3 CuZn40Pb2	CW614N CW617N	R360	2		40	360	—	320	20	—	—	—	—
		H090	2		40	—	—	—	—	90	125	100	135
		R430	2		15	430	220	—	10	—	—	—	—
		H110	2		15	—	—	—	—	110	160	120	170
		R500	2		7	500	350	—	8	—	—	—	—
		H135	2		7	—	—	—	—	135	—	145	—

[3]

$Re_A := 150\ \frac{N}{mm^2}$ $Re_I := 200\ \frac{N}{mm^2}$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$E := 97000 \frac{N}{mm^2}$ $\nu := 0.32$ $\mu := 0.2$ [4]

$E_A := E$ $E_I := E$ $\nu_A := \nu$ $\nu_I := \nu$

4. Hilfsgrößen

$Q_A := \frac{D_F}{D_{Aa}}$ $Q_I := \frac{D_{Ii}}{D_F}$ $K := \frac{E_A}{E_I}\left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I\right) + \frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A$ $K = 17.4$

$G := 0.8 \cdot \left(Rz_{Ai} + Rz_{Ia}\right)$ $G = 10.08\ \mu m$

5. Berechnung der Übermaße

$F_t := 0\ N$ $S_F := 1.1$ $S_{FA} := S_F$ $S_{FI} := S_F$

$p_{Fk} := \frac{K_A \cdot S_H \cdot F_l}{D_F \cdot \pi \cdot l_F \cdot \mu}$ $p_{Fk} = 13.244 \frac{N}{mm^2}$

$p_{Fg} := \frac{Re_A}{S_{FA}} \cdot \frac{1-Q_A^2}{\sqrt{3}}$ $p_{Fg} = 18.633 \frac{N}{mm^2}$

$p_{FgI} := \frac{Re_I}{S_{FI}} \cdot \frac{1-Q_I^2}{\sqrt{3}}$ $p_{FgI} = 19.261 \frac{N}{mm^2}$

$Überprüfung1 := p_{Fg} < p_{FgI}$ $Überprüfung1 = 1$ (1=wahr, 0=falsch)

$Überprüfung2 := p_{Fg} > p_{Fk}$ $Überprüfung2 = 1$

Überprüfungen müssen beide wahr bzw. "1" ergeben

$Z_k := p_{Fk} \cdot D_F \cdot \frac{K}{E_A}$ $Z_k = 197\ \mu m$

$Z_g := p_{Fg} \cdot D_F \cdot \frac{K}{E_A}$ $Z_g = 277\ \mu m$

$\ddot{U}_u := Z_k + G$ $\ddot{U}_u = 207\ \mu m$

$\ddot{U}_o := Z_g + G$ $\ddot{U}_o = 287\ \mu m$

$P_T := \ddot{U}_o - \ddot{U}_u$ $P_T = 80\ \mu m$

$N := d$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

6. Passung auswählen [5]
System: Einheitbohrung

1. Gehäuse Ø83H8

$EI := 0 \qquad ES := 54\ \mu m$

$ei_{min} := ES + \ddot{U}_u \qquad ei_{min} = 261\ \mu m$

--> Grundabmaß: za

$ei := 335\ \mu m$

$es_{max} := EI + \ddot{U}_o \qquad es_{max} = 287\ \mu m$

$T_{w_max} := es_{max} - ei \qquad T_{w_max} = -48\ \mu m$

--> nicht möglich

2. Gehäuse Ø83H7

$EI := 0 \qquad ES := 35\ \mu m$

$ei_{min} := ES + \ddot{U}_u \qquad ei_{min} = 242\ \mu m$

--> Grundabmaß: z

$ei := 258\ \mu m$

$es_{max} := EI + \ddot{U}_o \qquad es_{max} = 287\ \mu m$

$T_{w_max} := es_{max} - ei \qquad T_{w_max} = 29\ \mu m$

--> max. Grundtoleranz: IT10

3. Gehäuse Ø83H6

$EI := 0 \qquad ES := 22\ \mu m$

$ei_{min} := ES + \ddot{U}_u \qquad ei_{min} = 229\ \mu m$

--> Grundabmaß: z

$ei := 258\ \mu m$

$es_{max} := EI + \ddot{U}_o \qquad es_{max} = 287\ \mu m$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$T_{w_max} := es_{max} - ei$ $T_{w_max} = 29\ \mu m$

--> max. Grundtoleranz: IT10

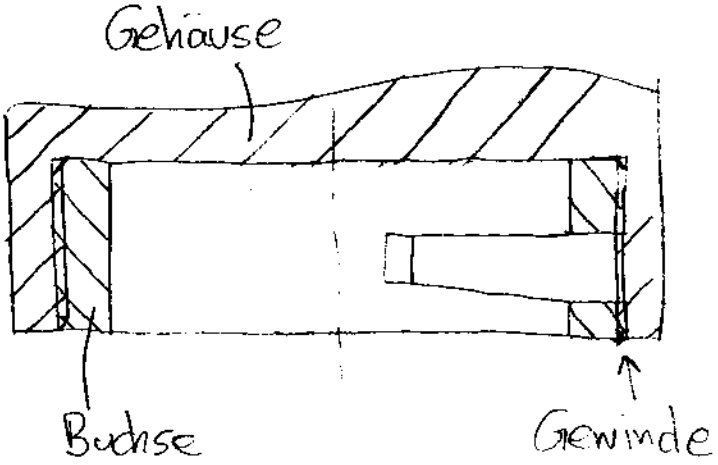
--> gewählte Kombination:
Gehäuse Ø83H7 (größtmögliche Ungenauigkeit bei der Bohrung)
Buchse Ø83z6 (Genauigkeit wird standardmäßig bei der Welle 1 kleiner gewählt als bei der Bohrung)

Quellenangaben:
[1] Roloff/Matek: Maschinenelemente
[2] DIN EN 12164 (2016-11)
[3] DIN EN 12168 (2016-11)
[4] Maissen Aluis: Festkörperreibung - Reibungszahlen verschiedener Werkstoffe
[5] ISO 286-1 (1990-11)

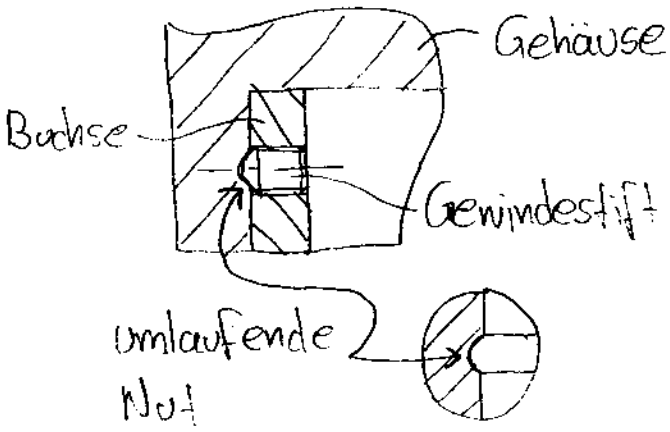
Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 24. Sicherung der Buchse

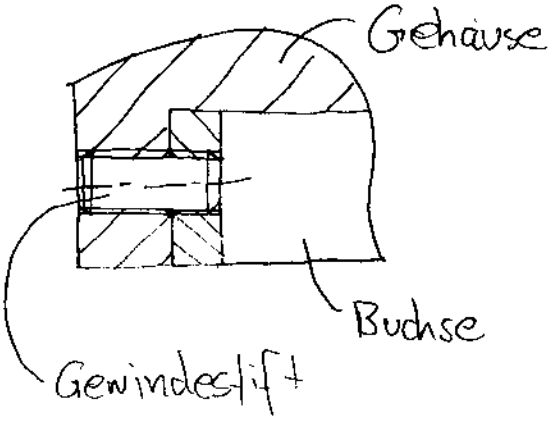
(1)


Gehäuse
Buchse
Gewinde

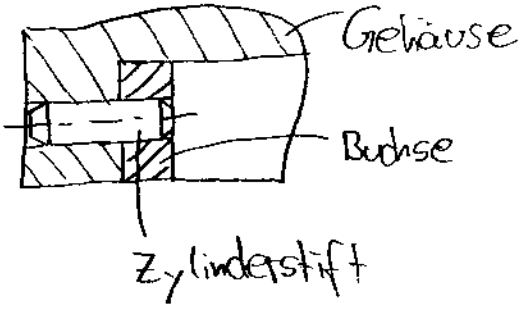
(2)


Gehäuse
Buchse
Gewindestift
umlaufende
Nut

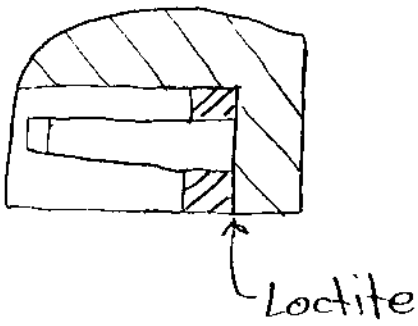
(3)


Gehäuse
Buchse
Gewindestift

(4)


Gehäuse
Buchse
Zylinderstift

(5)


Loctite

Anhang 25. Berechnung Zylinderstifte

Zylinderstift Verbindung

Wandstärke Buchse $s := 4\ mm$
Wandstärke Gehäuse $h := 6\ mm$
Durchmesser Stift $d := 3\ mm$

$K_A := 1.0$ $i := 5$ $F := \frac{4374}{2}\ N$

gewählter Zylinderstift:
Zylinderstift ISO 8734 - 3×10 - C1

https://www.dm-muehl.de/cgi-local/produkt/produkt_02.pl?wort=6325_c1&link=stifte01.shtml,8734

Material: 1.4034
Materialdatenblatt:
https://www.hsm-stahl.de/fileadmin/user_upload/datenblatt/HSM_Datenblatt_1.4034.pdf

$R_{m_Stift} := 850\ \frac{N}{mm^2}$

Belastung	ruhend	schwellend	wechselnd
$\tau_{a\,zul}$	$0{,}2R_m$	$0{,}15R_m$	$0{,}1R_m$

[1]

$\tau_{a_zul} := 0.2 \cdot R_{m_Stift}$ $\tau_{a_zul} = 170\ \frac{N}{mm^2}$

$R_{m_Buchse} := 500\ \frac{N}{mm^2}$ $R_{m_Gehäuse} := 360\ \frac{N}{mm^2}$

Belastung	ruhend	schwellend	gleitend
p_{zul}	$0{,}35R_m$	$0{,}25R_m$	nach TB 9-1

[1]

$p_{zul_Buchse} := 0.35 \cdot R_{m_Buchse}$ $p_{zul_Buchse} = 175\ \frac{N}{mm^2}$

$p_{zul_Gehäuse} := 0.35 \cdot R_{m_Gehäuse}$ $p_{zul_Gehäuse} = 126\ \frac{N}{mm^2}$

$F_i := \frac{F}{i}$ $F_i = 437\ N$

$\tau_a := \frac{4}{3} \cdot \frac{4 \cdot K_A \cdot F_i}{d^2 \cdot \pi}$ $\tau_a = 82.5\ \frac{N}{mm^2}$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$$S_{Stift} := \frac{\tau_{a_zul}}{\tau_a} \qquad S_{Stift} = 2.1$$

Druck im Gehäuse

$$p_{Gehäuse} := \frac{K_A \cdot F_i \cdot (3 \cdot s + 5 \cdot h)}{2 \cdot d \cdot h^2} \qquad p_{Gehäuse} = 85 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{Gehäuse} := \frac{p_{zul_Gehäuse}}{p_{Gehäuse}} \qquad S_{Gehäuse} = 1.5$$

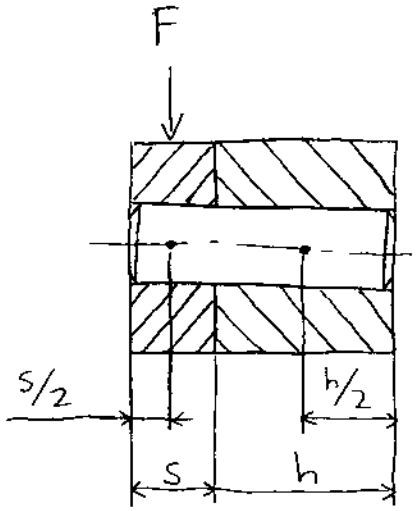
Druck im Buchse

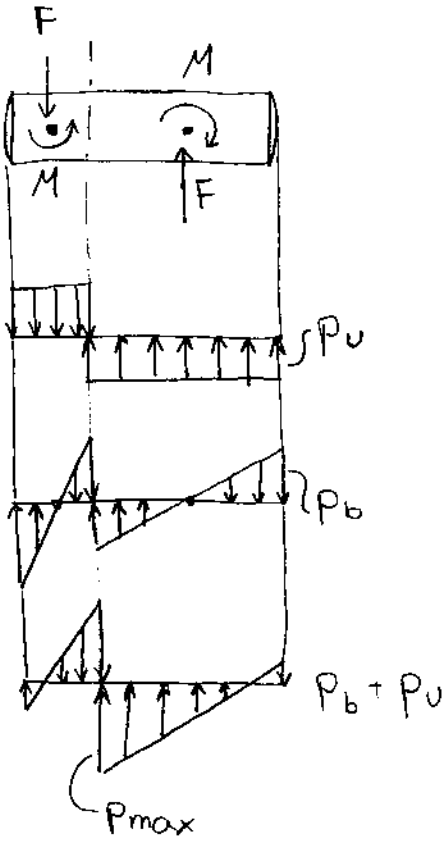
$$p_{Buchse} := \frac{K_A \cdot F_i \cdot (3 \cdot h + 5 \cdot s)}{2 \cdot d \cdot s^2} \qquad p_{Buchse} = 173 \ \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{Buchse} := \frac{p_{zul_Buchse}}{p_{Buchse}} \qquad S_{Buchse} = 1$$

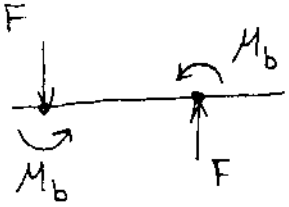
[1] Roloff/Matek Fromelsammlung, Kapitel 9

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.





GGW:



$$2 M_b = F \cdot s/2 + F \cdot h/2$$

$$M_b = F/4 \, (s + h)$$

für h:

$$p_u = \frac{F}{d \cdot h}$$

$$p_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F/4 \, (s+h)}{\frac{d \cdot h^2}{6}} = \frac{\frac{3}{2} F \, (s+h)}{d h^2}$$

$$p_{max} = p_b + p_u = \frac{3/2 \, F (s+h)}{d h^2} + \frac{F}{dh} = \frac{3/2 \, F (s+h) + Fh}{d h^2}$$

$$= \frac{3Fs + 3Fh + 2Fh}{2 d h^2} = \frac{3Fs + 5Fh}{2 d h^2}$$

$$= \frac{F \, (3s + 5h)}{2 d h^2}$$

für s:

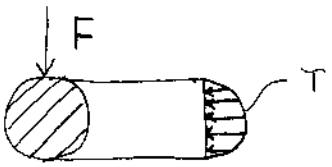
$$p_u = \frac{F}{d \cdot s}$$

$$p_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F/4\,(s+h)}{\frac{d \cdot s^2}{6}} = \frac{\frac{3}{2} F\,(s+h)}{d s^2}$$

$$p_{max} = p_b + p_u = \frac{3/2\,F\,(s+h)}{d s^2} + \frac{F}{d s} = \frac{3/2\,F(s+h) + Fs}{d s^2}$$

$$= \frac{3Fs + 3Fh + 2Fs}{2 d s^2} = \frac{5Fs + 3Fh}{2 d s^2}$$

$$= \frac{F(5s + 3h)}{2 d s^2}$$



$$\tau_a = \frac{F}{x \cdot A}$$

x: Korrekturfaktor für Kreisprofil

$$x = \frac{3}{4}$$

$$\tau_a = \frac{4F}{3\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{4F}{d^2 \pi}$$

Anhang 26. Werkstoffauswahl Dusche

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Werkstoffauswahl Dusche

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Werkstoffbezeichnung			1. Polyvinylidenfluorid (PVDF)			2. Polytetrafluorethylen (PTFE)			3. Polyphenylsulfon (PPSU)		
Eigenschaften	**Einheit**	**Gewichtung**		**Wertung**	**gew. Wertung**		**Wertung**	**gew. Wertung**		**Wertung**	**gew. Wertung**
Beständigkeit gehen heißes Wasser*	-	-	+			+			+		
Lebensmittelecht*	-	-	+			+			+		
Dichte	[g/cm³]	0,05	1,78	1	0,05	2,16	0	0	1,29	2	0,1
Zugfestigkeit / Bruchspannung	[Mpa]	0,1	50	1	0,1	20	0	0	83	3	0,3
Reißdehnung	%	0,05	20	1	0,05	350	3	0,15	60	2	0,1
Biegefestigkeit	[Mpa]	0,2	78	2	0,4	14	0	0	91	2	0,4
Wärmeleitfähigkeit	W/K m	0,2	0,19	3	0,6	0,24	2	0,1	0,35	1	0,2
Max. Temperatur dauernd	[°C]	0,1	150	2	0,2	260	3	0,15	170	2	0,2
Wasseraufnahme bei Wasserlagerung	%	0,2	0,04	3	0,6	<0,1	2	0,1	1,1	0	0
Kosten[1]	€/kg	0,1	54,20	2	0,2	16,40	3	0,15	184,80	0	0
		∑ 1			2,2			0,65			1,3

Werkstoffbezeichnung			4. Polysulfon (PSU)			5. Polyetheretherketon (PEEK)		
Eigenschaften	**Einheit**	**Gewichtung**		**Wertung**	**gew. Wertung**		**Wertung**	**gew. Wertung**
Beständigkeit gehen heißes Wasser*	-	-	+			+		
Lebensmittelecht*	-	-	+			+		
Dichte	[g/cm³]	0,05	1,24	3	0,15	1,32	2	0,1
Zugfestigkeit / Buchspannung	[Mpa]	0,1	88	3	0,15	115	3	0,3
Reißdehnung	%	0,05	50	2	0,1	50	2	0,1
Biegefestigkeit	[Mpa]	0,2	106	2	0,1	170	3	0,6
Wärmeleitfähigkeit	W/K m	0,2	0,24	2	0,1	0,25	2	0,4
Max. Temperatur dauernd	[°C]	0,1	160	2	0,1	240	3	0,3
Wasseraufnahme bei Wasserlagerung	%	0,2	0,62	1	0,05	0,5	1	0,2
Kosten[1]	€/kg	0,1	53,90	2	0,1	226,00	0	0
		∑ 1			0,85			2

Wertung: 0 bis 3

* Eigenschaften wurden vorausgesetzt und von allen Kunststoffen erfüllt, somit können diese Eigenschaften von der Wertung ausgeschlossen werden.

Alle Webseiten aufgerufen am: 06.11.18	
Quellen	
PVDF	https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polyvinylidenfluorid-pvdf?n=1651_1
PTFE	https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polytetrafluorethylen-ptfe?n=1601_1
PPSU	https://shop.amsler-frey.ch/downloads/datenblaetter/td_ppsu.pdf und https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polyphenylsulfon-ppsu?n=2461_1
PSU	https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polysulfon-psu?n=2401_1
PEEK	https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polyetheretherketon-peek?n=1701_1
[1] Kunststoffkosten	https://www.thyssenkrupp-plastics.at/fileadmin/media/Technische_Kunststoffe/techn.Kunststoffe%20Preisliste_gesamt.pdf

Anhang 27. Drucksensor-Klebung

Drucksensor-Klebung

Klebefläche zylindrisch
--> Kleber wird auf Scherung beansprucht

Durchmesser	$d := 18\ mm$	
Höhe	$h := 5\ mm$	
Klebefläche	$A := d \cdot \pi \cdot h$	$A = 282.7\ mm^2$

Kraft

Druck	$p := 16\ bar$	
Angriffsfläche	$d_{Sensor} := 9.68\ mm$	[1]
	$r_{Sensor} := d_{Sensor} \cdot 0.5$	
	$A_{Sensor} := r_{Sensor}^{\ 2} \cdot \pi$	$A_{Sensor} = 73.6\ mm^2$
Druckkraft	$F_{Druck} := p \cdot A_{Sensor}$	$F_{Druck} = 117.75\ N$

Auftretende maximale Scherspannungen τ_{max}

$$\tau_{mittel} := \frac{F_{Druck}}{A} \qquad \tau_{mittel} = 0.416\ \frac{N}{mm^2}$$

Dicke des Klebers	$h_{Kleber} := 0.1\ mm$	
Dicke der Klebepartner	$t_1 := 5\ mm$	
	$t_2 := \frac{d - d_{Sensor}}{2}$	$t_2 = 4.16\ mm$
E-Modul PVDF (Dusche)	$E_{Dusche} := 2400\ MPa$	[2]
G-Modul Cyanacrylatkleber	$G_{Kleber} := 500\ MPa$	[3]
Vergleichskennzahl	$k := \frac{G_{Kleber} \cdot h^2}{E_{Dusche} \cdot t_1 \cdot h_{Kleber}}$	$k = 10.417$
E-Modul Keramik (Sensor)	$E_{Sensor} := 300\ GPa$	[4]
Steifigkeitsverhältnis	$\omega := 1 + \frac{E_{Dusche} \cdot t_1}{E_{Sensor} \cdot t_2}$	$\omega = 1$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

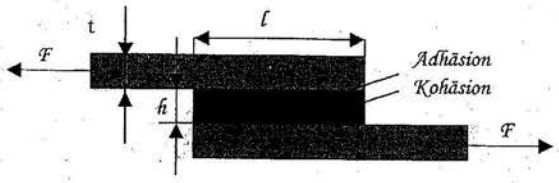
Spannungsspitzenfaktor $f_r := \sqrt{\frac{k}{\omega}} \cdot \frac{\omega - 1 + \cosh\left(\sqrt{\omega \cdot k}\right)}{\sinh\left(\sqrt{\omega \cdot k}\right)}$ $f_r = 3.224$

$\tau_{max} := f_r \cdot \tau_{mittel}$ $\tau_{max} = 1.3\ MPa$

Kunststofftechnik, Prof. Dr.-Ing. A. Horoschenkoff

Klebstoffe übertragen Schubspannungen (Vermeidung von Schäl- und Normalspannungen):

Einschnittige Überlappung:



l : Überlappungslänge
h : Dicke des Klebspalts
t : Dicke der Fügepartner
b : Breite der Fügepartner

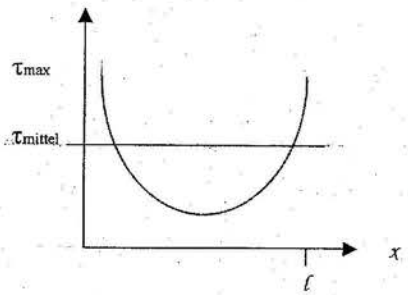
Berechnung der Schubspannungsverteilung bei gleichen Fügepartnern und t=1mm, l=20mm, h=0,1 mm, b=100mm.

Berechnung der mittleren Schubspannung:

$$\tau_{mittel} = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \cdot b}$$

Spannungsspitzenfaktor f_r zur Berechnung der Spannungsüberhöhung an den Rändern der Zugscherprobe:

$$f_r = \frac{\tau_{max}}{\tau_{mittel}} \qquad f_r = \sqrt{\frac{k}{\omega}} \frac{\omega - 1 + \cosh\sqrt{\omega k}}{\sinh\sqrt{\omega k}}$$



Vergleichskennzahl k:

$$k = \frac{G_{Kleber} \cdot l^2}{E_{Fügepartner} \cdot t \cdot h},$$

mit: G = G-Modul und E = E-Modul

Steifigkeitsverhältnis ω:

$\omega = 1 + \frac{E_2 t_2}{E_1 t_1}$ (bei gleichen Fügepartnern ω = 2)

Quellen:

[1] https://shop.bb-sensors.com/out/media/Datenblatt_Keramischer_Drucksensor_relativ_0391_0001_neu.pdf (Aufgerufen am 01.12.18)
[2] https://www.polytron-gmbh.de/datenblatt-polytron-pvdf.pdfx (Aufgerufen am 01.12.18)
[3] Gerd Habenicht - Kleben - 2009 - 978-3-540-85264-3
[4] www.keramverband.de (Aufgerufen am 01.12.18)

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 28. Auswahl Gewindeeinsatz

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Auswahl Gewindeeinsätze M5

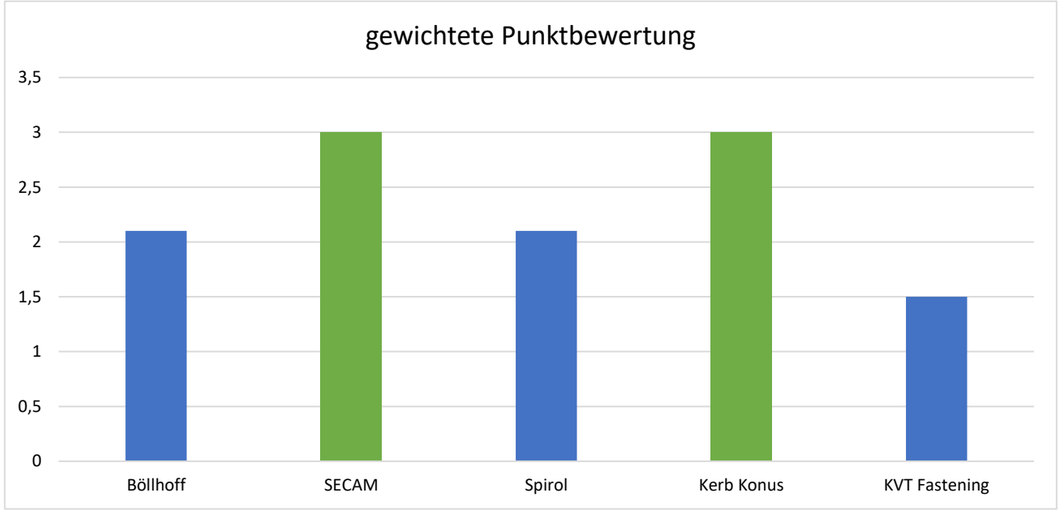
		Hersteller	Böllhoff			SECAM			Spirol		
		Benennung	1434 505 0010			IV8 050 100 M065 A0			INS 10/M5/9,53/E		
Eigenschaften	Einheit	Gewichtung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung
Länge Gewindeeinsatz		10%	10	3	0,3	10	3	0,3	9,53	2	0,2
Einbaubohrung-Ø	mm	30%	1	2	0,6	6	3	0,9	6,35	2	0,6
Länge Einbaubohrung	mm	10%	11	3	0,3	11	3	0,3	11,44	4	0,4
Konische Aufnahme erforderlich		20%	nein	3	0,6	nein	3	0,6	nein	3	0,6
Material		30%	Messing	1	0,3	Edelstahl	3	0,9	Messing	1	0,3
		∑ 100%			2,1			3			2,1

		Hersteller	Kerb Konus			KVT Fastening		
		Benennung	348 000 050 500			137M5		
Eigenschaften	Einheit	Gewichtung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung
Länge Gewindeeinsatz		10%	10	3	0,3	10	3	0,3
Einbaubohrung-Ø	mm	30%	6	3	0,9	6,9	0	0
Länge Einbaubohrung	mm	10%	11	3	0,3	11	3	0,3
Konische Aufnahme erforderlich		20%	nein	3	0,6	nein	3	0,6
Material		30%	Edelstahl	3	0,9	Messing	1	0,3
		∑ 100%			3			1,5

Wertung: 0 bis 3

Material	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)
Edelstahl	21
Messing	81...105

aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit von Edelstahl wird dieses Material höher Bewertet



	Informationsquellen:
Böllhoff	Böllhoff - AMTEC - Katalog (Version 0200/17.01)
SECAM	SECAM - Verbindungstechnik Gewindeeinsätze - Katalog (Version A18M02)
Spirol	Spirol - Gewindeeinsätze für Kunststoffe - Katalog 2017
Kerb Konus	Kerb Konus - Technische Druckschrift Nr. 30 - Gewindeeinsätze für Kunststoffe und Holz (Druck-Nr. 30.0518)
KVT Fastening	KVT - Tappex® Gewindeeinsätze - DE (08-2017)

Anhang 29. Berechnung Dichtung

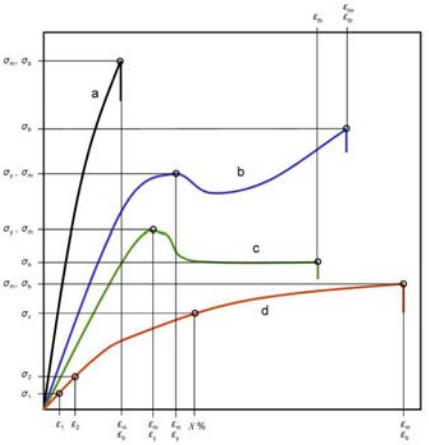
Berechnung Abmaße PTFE Dichtung

Eigenschaften PTFE

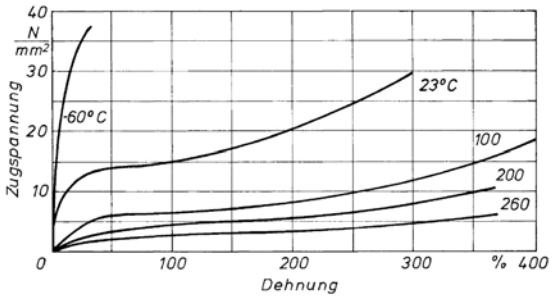
E-Modul $E := 420 \frac{N}{mm^2}$

Zugfestigkeit $\sigma_y := 10 \frac{N}{mm^2}$

Quelle: https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polytetrafluorethylen-ptfe?n=1601_1



Quelle: DIN EN ISO 527-1 Bild 1



Quelle: Peter Elsner, Peter Eyerer, Thomas Hirth: Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungen, 8. Auflage, Bild 2-329

PTFE weist die Materialeigenschaft b (bei 23°) aus DIN EN ISO 527-1 auf. Damit kann der Kunststoff bis σ_y angenähert als elastisch angesehen werden.

Zugdehnung

$E = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y}$ $\varepsilon_y := \frac{\sigma_y}{E}$ $\varepsilon_y = 2.4\%$

--> Die Dehung darf max. ε_y betragen

Berechnung des kleinstmöglichen Nutdurchmessers bzw. Innendurchmesser bei reinem elastischem Verhalten

Die größte prozentuale Dehung tritt am Innendurchmesser auf.

$d_{Dusche} := 58.5\ mm$ $d_{i_gespannt} := d_{Dusche}$

Berechnung über prozentuale erweiterung des Umfangs

$U = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$$U_{i_min} \cdot \left(1 + \varepsilon_y\right) = U_{i_gespannt}$$

$$d_{i_min} \cdot \pi \cdot \left(1 + \varepsilon_y\right) = d_{i_gespannt} \cdot \pi$$

$$d_{i_min} \cdot \left(1 + \varepsilon_y\right) = d_{i_gespannt}$$

$$d_{i_min} := \frac{d_{i_gespannt}}{1 + \varepsilon_y} \qquad d_{i_min} = 57\ mm$$

Aufgrund von Relaxation kann ein geringfügig kleinerer Durchmesser gewählt werden, als bei der rein elastischen Vermormung zulässig wäre.
Es wurde ein Nutdurchmesser von 56,5mm gewählt.

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 30. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC (Zulauf Brühgruppe)

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

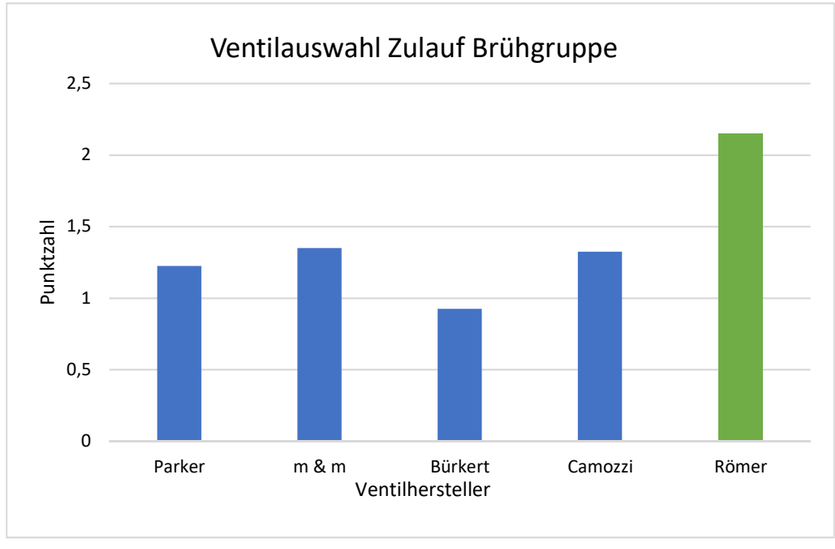
Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC
(Zulauf Brühgruppe)

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

		Firma	Parker			m & m			Bürkert			Camozzi		
		Artikel Nr.	E121K23-4270-486265C2			D262DVG*			209275			CFB-D21B-WX-B83		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	10,0%	22	2	0,2	16	1	0,1	16	1	0,1	22	2	0,2
max. Medientemperatur	°C	2,5%	130	2	0,05	130	2	0,05	120	1	0,025	140	3	0,075
min. Medientemperatur	°C	2,5%	-30	3	0,075	-10	2	0,05	-10	2	0,05	-10	2	0,05
max. Umgebungstemperatur	°C	2,5%	50	1	0,025	50	1	0,025	55	1	0,025	140	3	0,075
min. Umgebungstemperatur	°C	2,5%	-20	3	0,075	-10	2	0,05	-10	2	0,05	-10	2	0,05
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10,0%	Rubin	2	0,2	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	5,0%	2,5	2	0,1	2,5	2	0,1	2	1	0,05	2	1	0,05
Durchflussfaktor Kvs	l/min	7,5%	3,5	3	0,225	3,4	2	0,15	2	1	0,075	0,167	0	0
Leistung	W	2,5%	14	1	0,025	14	1	0,025	7	3	0,075	19	0	0
Spulenschutzmodus	IP	2,5%	IP44	2	0,05	IP65	3	0,075	IP65	3	0,075	IP65	3	0,075
Anschluss		5,0%	G1/8	1	0,05	G1/8	1	0,05	G1/8	1	0,05	G1/8	1	0,05
Schaltzeit	ms	5,0%		0	0	5 bis 25	3	0,15	20 bis30	1	0,05	15-25	2	0,1
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5,0%	800	3	0,15		0	0		0	0		0	0
Preis	€	7,5%		0	0	41,68	3	0,225	71,6	0	0		0	0
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	30,0%	105	0	0	105	0	0	105	0	0	46	1	0,3
		∑ 1			1,225			1,35			0,925			1,325

		Römer		
		627008		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung	Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	10,0%	16	1	0,1
max. Medientemperatur	°C	2,5%	130	2	0,05
min. Medientemperatur	°C	2,5%	0	1	0,025
max. Umgebungstemperatur	°C	2,5%	60	2	0,05
min. Umgebungstemperatur	°C	2,5%	0	1	0,025
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10,0%	FKM	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	5,0%	3	3	0,15
Durchflussfaktor Kvs	l/min	7,5%	3,4	2	0,15
Leistung	W	2,5%	8	3	0,075
Spulenschutzmodus	IP	2,5%	IP00	0	0
Anschluss		5,0%	d6	3	0,15
Schaltzeit	ms	5,0%	10 bis 25	2	0,1
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5,0%		0	0
Preis	€	7,5%	50,43	1	0,075
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	30,0%	0,3	3	0,9
		∑ 1			2,15

*alternative: B297DVC



Alle Ventile erfüllen die Anforderungen
Wertung: 0 bis 3
Fehlende Angaben werden mit 0 bewertet, 0 bei Preis ist gleichbedeutend mit schlechter Verfügbarkeit
Um eine gute Vergleichbarkeit zu erlangen, wurden alle Ventile mit einer Speisespannung von 24 V ausgesucht

Informationsquellen: (Websitenaufrufe alle am 12.11.18)	1	Parker Hannifin Corporation Hauptkatalog FCDE/0110/DE/V2.0 - 02/2015
	2	https://www.ventile24.de/2-wege-direktgesteuertes-magnetventil-g-1-8-messing-stromlos-geschlossen-31.html
	3	https://www.buerkert.de/de/produkte/magnetventile/2-2-wege-magnetventile/209275
	4	Camozzi Produktkatalog 93-1005-00D051 11/2017
	5	Römer Produktkatalog Version 2018/01

Anhang 31. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NO (Ablauf Mischwasser)

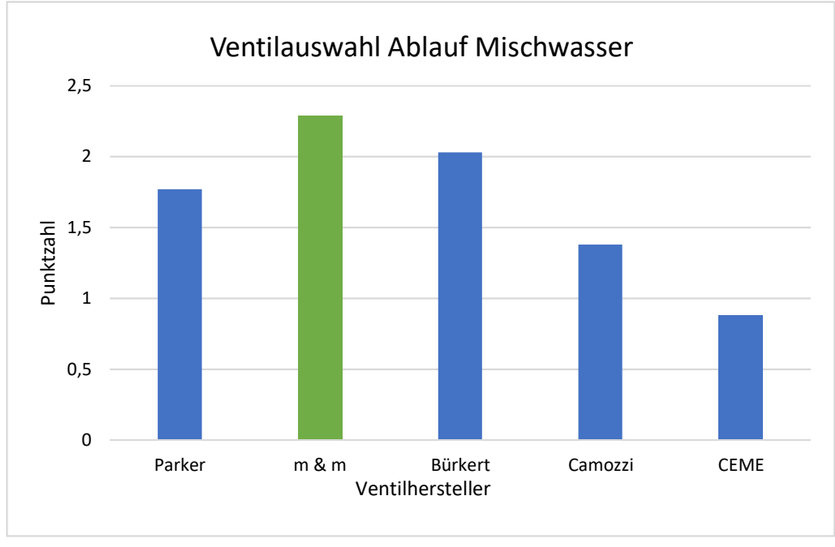
MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

Auswahl 2/2-Wege-Ventil NO
(Ablauf Mischwasser)

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

		Firma	Parker			m & m			Bürkert			Camozzi		
		Artikel Nr.	122K9363-4270-486265C2			RD262DVG			213543			CFB-D11A-W1-B83K		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	5%	30	3	0,15	16	1	0,05	16	1	0,05	22	2	0,1
max. Medientemperatur	°C	5%	140	2	0,1	130	2	0,1	120	1	0,05	140	2	0,1
min. Medientemperatur	°C	3%	-30	3	0,09	-10	2	0,06	-10	2	0,06	-10	2	0,06
max. Umgebungstemperatur	°C	3%	50	1	0,03	50	1	0,03	55	1	0,03	90	3	0,09
min. Umgebungstemperatur	°C	3%	-10	3	0,09	-10	3	0,09	-10	3	0,09	-10	3	0,09
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10%	Rubin	2	0,2	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	10%	2,5	3	0,3	2,5	3	0,3	2	2	0,2	1,4	1	0,1
Durchflussfaktor Kvs	l/min	10%	3,5	3	0,3	3,4	3	0,3	2	2	0,2	0,167	1	0,1
Leistung	W	12%	14	1	0,12	14	1	0,12	8	3	0,36	19	0	0
Spulenschutzmodus	IP	10%	IP44	2	0,2	IP65	3	0,3	IP65	3	0,3	IP65	3	0,3
Anschluss		1%	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01
Schaltzeit	ms	5%		0	0	5 bis 25	3	0,15	20 bis30	1	0,05	15-25	2	0,1
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5%	800	3	0,15		0	0		0	0		0	0
Preis	€	15%		0	0	72,24	3	0,45	83,9	2	0,3		0	0
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	3%	105	1	0,03	105	1	0,03	105	1	0,03	105	1	0,03
		∑ 100%			1,77			2,29			2,03			1,38

		CEME		
		6511		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung	Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	5%	1	0,05
max. Medientemperatur	°C	5%	3	0,15
min. Medientemperatur	°C	3%	1	0,03
max. Umgebungstemperatur	°C	3%	2	0,06
min. Umgebungstemperatur	°C	3%	1	0,03
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10%	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	10%	0	0
Durchflussfaktor Kvs	l/min	10%	1	0,1
Leistung	W	12%	1	0,12
Spulenschutzmodus	IP	10%	0	0
Anschluss		1%	1	0,01
Schaltzeit	ms	5%	0	0
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5%	0	0
Preis	€	15%	0	0
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	3%	1	0,03
		∑ 100%		0,88



Alle Ventile erfüllen die Anforderungen
Wertung: 0 bis 3
Fehlende Angaben werden mit 0 bewertet, 0 bei Preis ist gleichbedeutend mit schlechter Verfügbarkeit
Um eine einheitliche Versorgungsspannung zu gewährleisten, wurden alle Ventile mit einer Speisespannung von 24 V ausgesucht

Informationsquellen: (Websitenaufrufe alle am 12.11.18)	1	Parker Hannifin Corporation Hauptkatalog FCDE/0110/DE/V2.0 - 02/2015
	2	https://www.ventile24.de/2-wege-direktgesteuertes-magnetventil-g-1-8-messing-stromlos-geoffnet-1716.html?___SID=U
	3	https://www.buerkert.de/de/produkte/magnetventile/2-2-wege-magnetventile/213543
	4	Camozzi Produktkatalog 93-1005-00D051 11/2017
	5	CEME Catalog 3.0

Anhang 32. Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC (Ablauf Brühgruppe)

MBB7, Wintersemester 2018/19
Marc Arendt
Bachelorarbeit

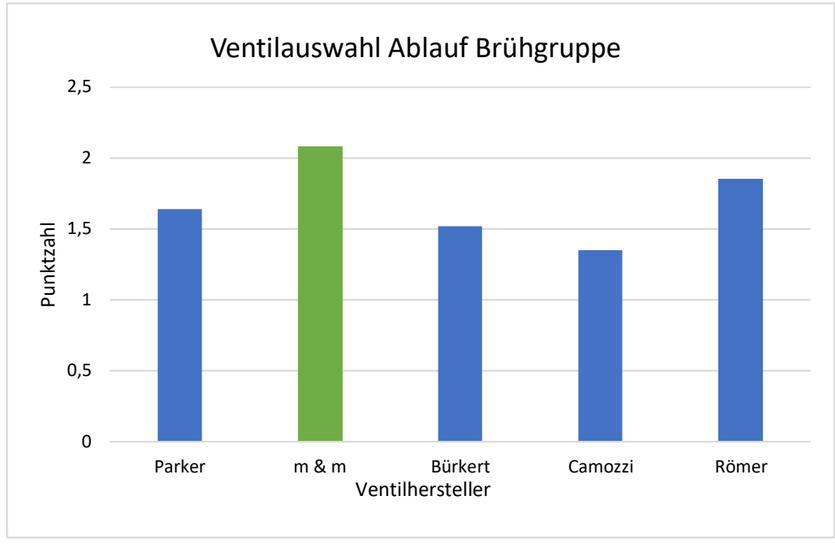
Auswahl 2/2-Wege-Ventil NC
(Ablauf Brühgruppe)

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

		Firma	Parker			m & m			Bürkert			Camozzi		
		Artikel Nr.	E121K23-4270-486265C2			D262DVG*			209275			CFB-D21B-WX-B83		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung		Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	5%	22	3	0,15	16	2	0,1	16	2	0,1	22	3	0,15
max. Medientemperatur	°C	5%	130	2	0,1	130	2	0,1	120	1	0,05	140	3	0,15
min. Medientemperatur	°C	3%	-30	3	0,09	-10	2	0,06	-10	2	0,06	-10	2	0,06
max. Umgebungstemperatur	°C	3%	50	1	0,03	50	1	0,03	55	1	0,03	140	3	0,09
min. Umgebungstemperatur	°C	3%	-20	3	0,09	-10	2	0,06	-10	2	0,06	-10	2	0,06
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10%	Rubin	2	0,2	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3	FKM	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	10%	2,5	2	0,2	2,5	2	0,2	2	1	0,1	2	1	0,1
Durchflussfaktor Kvs	l/min	10%	3,5	3	0,3	3,4	2	0,2	2	1	0,1	0,167	0	0
Leistung	W	12%	14	1	0,12	14	1	0,12	7	3	0,36	19	0	0
Spulenschutzmodus	IP	10%	IP44	2	0,2	IP65	3	0,3	IP65	3	0,3	IP65	3	0,3
Anschluss		1%	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01	G1/8	1	0,01
Schaltzeit	ms	5%		0	0	5 bis 25	3	0,15	20 bis30	1	0,05	15-25	2	0,1
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5%	800	3	0,15		0	0		0	0		0	0
Preis	€	15%		0	0	41,68	3	0,45	71,6	0	0		0	0
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	3%	105	0	0	105	0	0	105	0	0	46	1	0,03
		∑ 100%			1,64			2,08			1,52			1,35

		Römer		
		627008		
Eigenschaft	Einheit	Gewichtung	Wertung	gew. Wertung
max. Differenzdruck	bar	5%	16	2	0,1
max. Medientemperatur	°C	5%	130	2	0,1
min. Medientemperatur	°C	3%	0	1	0,03
max. Umgebungstemperatur	°C	3%	60	2	0,06
min. Umgebungstemperatur	°C	3%	0	1	0,03
Dichtungswerkstoff (Lebensmittelverträglichkeit)		10%	FKM	3	0,3
Bohrungsdurchmesser	mm	10%	3	3	0,3
Durchflussfaktor Kvs	l/min	10%	3,4	2	0,2
Leistung	W	12%	8	3	0,36
Spulenschutzmodus	IP	10%	IP00	0	0
Anschluss		1%	d6	3	0,03
Schaltzeit	ms	5%	10 bis 25	2	0,1
Lebensdauer (Schaltzyklen)	10^6	5%		0	0
Preis	€	15%	50,43	1	0,15
Wärmeleitzahl Gehäuse	W/(m*K)	3%	0,3	3	0,09
		∑ 100%			1,85

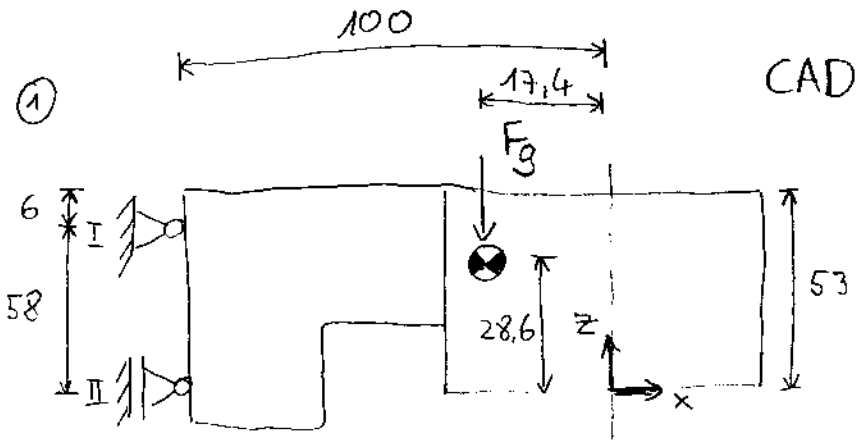
*alternative: B297DVC



Alle Ventile erfüllen die Anforderungen
Wertung: 0 bis 3
Fehlende Angaben werden mit 0 bewertet, 0 bei Preis ist gleichbedeutend mit schlechter Verfügbarkeit
Um eine gute Vergleichbarkeit zu erlangen, wurden alle Ventile mit einer Speisespannung von 24 V ausgesucht

Informationsquellen: (Websitenaufrufe alle am 12.11.18)	1	Parker Hannifin Corporation Hauptkatalog FCDE/0110/DE/V2.0 - 02/2015
	2	https://www.ventile24.de/2-wege-direktgesteuertes-magnetventil-g-1-8-messing-stromlos-geschlossen-31.html
	3	https://www.buerkert.de/de/produkte/magnetventile/2-2-wege-magnetventile/209275
	4	Camozzi Produktkatalog 93-1005-00D051 11/2017
	5	Römer Produktkatalog Version 2018/01

Anhang 33. Vorauslegung Schraube Gehäuse

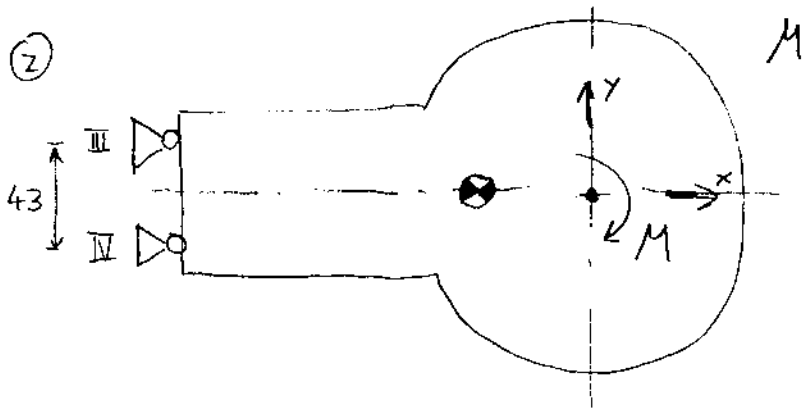
① 

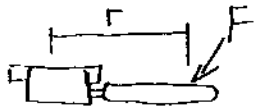
CAD: $m = 1{,}5\,kg$ $g = 9{,}81\,\frac{N}{kg}$

$F_g = m \cdot g$

$= 1{,}5\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{N}{kg}$

$= 14{,}7\,N$

② 

M: 

Siebträger

$r = 130\,mm$

DIN 33411-5

1999-11 S.21

Tabelle 17

+C, $a = 40\%$, $\alpha = -15°$

Perzentile 95.

$\Rightarrow F = 367\,N$

$M = 367\,N \cdot 130\,mm$

$= 48\,Nm$

Belastung aus F_g:

① $\rightarrow: R_{Ix} + R_{IIx} = 0$ $\uparrow: R_{Iz} = F_g = 14{,}7\,N$

$R_{Ix} = -R_{IIx}$

Näherung

$\circlearrowright_I: F_g \cdot 82{,}6\,mm - R_{IIx} \cdot 58\,mm = 0$

$R_{IIx} = \frac{F_g \cdot 82{,}6\,mm}{58\,mm} = \frac{14{,}7\,N \cdot 82{,}6}{58} = 21\,N$

$R_{Ix} = -21\,N$

$R_I = \sqrt{R_{Ix}^2 + R_{Iz}^2} = \sqrt{(14{,}7\,N)^2 + (-21\,N)^2} = 26\,N$

② $\rightarrow: R_{III\,x} = - R_{IV\,x}$

$\circlearrowright_{III}: R_{IV\,x} \cdot 43\,mm = M$

$$R_{IV\,x} = \frac{M}{43\,mm} = \frac{48\,Nm}{43\,mm} = 1{,}1\,kN$$

$$R_{III\,x} = - R_{IV\,x} = - 1{,}1\,kN$$

Höchstbelastetste Schraube:

$$R = \left[\left(\frac{1}{2} R_I\right)^2 + \left(\frac{1}{2} R_{III\,x}\right)^2\right]^{0{,}5} = \sqrt{(0{,}5 \cdot 26)^2 + (0{,}5 \cdot 1100)^2}$$

$$= 550\,N$$

Schraubenauswahl mit TB 8-13 (Roloff / Matek, Tabellenbuch)

ausreichend währe eine M6 4.6 (stat. Axial 1.6 kN),
kleinere Nenn-ø werden nicht genannt

→ gewählt: M5 8.8

Anhang 34. Trinkwasserhygienisch geeignete Kupfer-Zink-Blei-Legierungen

2.7 Kupfer-Zink-Blei-Legierungen

2.7.1 Kategoriegrenzen

Legierungsbestandteile (% (m/m)):

Cu	Zn	Pb
≥ 57,0 %	Rest	0,2 % - 3,5 %

Unvermeidbare Begleitelemente (% (m/m)):

Al	Fe	Ni	Si	Sn
≤ 0,3 %	≤ 0,5 %	≤ 0,2 %	≤ 0,2 %	≤ 0,5 %

2.7.2 Referenzwerkstoff

Legierungsbestandteile (% (m/m)):

Cu	Zn	Pb
57,0 % - 59,0 %	Rest	1,9 % - 2,2 %

Unvermeidbare Begleitelemente (% (m/m)):

Al	Fe	Ni	Si	Sn
≤ 0,2 %	≤ 0,3 %	0,05 % - 0,15 %	≤ 0,03 %	≤ 0,3 %

Bei Vergleichsuntersuchungen nach DIN EN 15664-1 im Kontaktwasser zu bestimmende Elemente: Blei, Kupfer, Nickel, Zink

2.7.3 Trinkwasserhygienisch geeignete Werkstoffe

2.7.3.1 CW617N (CuZn40Pb2)/CW612N (CuZn39Pb2)

Bezeichnung	Produkt-gruppe
CW617N* (CuZn40Pb2) **CW612N* (CuZn39Pb2)**	B und C

* weitere Einschränkungen der Zusammensetzung (siehe unten) gegenüber der europäisch genormten Zusammensetzung von CW617N und CW612N

Legierungsbestandteile (% (m/m)):

Cu	Zn	Pb*
57,0 % - 60,0 %	Rest	1,6 % - 2,2 %

Unvermeidbare Begleitelemente (% (m/m)):

Al	Fe	Ni*	Si	Sn
≤ 0,05 %	≤ 0,3 %	≤ 0,1 %	≤ 0,03 %	≤ 0,3 %

2.7.3.2 CW614N (CuZn39Pb3)/CW603N (CuZn36Pb3)

Bezeichnung	Produkt-gruppe
CW614N* (CuZn39Pb3) **CW603N* (CuZn36Pb3)**	C

* weitere Einschränkungen der Zusammensetzung (siehe unten) gegenüber der europäisch genormten Zusammensetzung von CW614N und CW603N

Legierungsbestandteile (% (m/m)):

Cu	Zn	Pb
57,0 % - 62,0 %	Rest	2,5 % - 3,5 %

Unvermeidbare Begleitelemente (% (m/m)):

Al	Fe	Ni*	Si	Sn
≤ 0,05 %	≤ 0,3 %	≤ 0,2 %	≤ 0,03 %	≤ 0,3 %

Anhang 35. Lebensmittelkompatibilität PVDF

POLYTRON
KUNSTSTOFFTECHNIK

DATUM: 05.10.11

UNBEDENKLICHKEITSBESCHEINIGUNG FÜR DEN KONTAKT MIT LEBENSMITTELN

Den Regelungen der US-amerikanischen Behörden folgend, bestätigen wir hiermit für die von uns eingesetzten Kunststoff-Halbzeuge und die daraus gefertigten Bauteile, dass die für die Herstellung der Halbzeuge aus

Polytron PVDF 1000 (PVDF)

verwendeten Rohstoffe den nachfolgend aufgeführten Anforderungen für den Kontakt mit Lebensmitteln entsprechen.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Bescheinigung besteht eine Übereinstimmung mit den Anforderungen der

- US-amerikanischen FOOD and DRUG ADMINISTRATION (FDA).

  21 CFR 177.2510 "PolyvinylideneFluoride Resins"

Wir bestätigen Ihnen in diesem Zusammenhang außerdem, dass nach unserem Wissen weder bei der Rohstoffherstellung noch bei der Herstellung der Halbzeuge sowie deren Bearbeitung Substanzen, wie Pentabromodiphenylether Derivate, Octabromodiphenylether Derivate, Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom-IV, Quecksilber), Fluor oder Chlor verwendet oder absichtlich hinzugefügt werden.

Da die genannten Stoffe in der Produktionskette keine Verwendung finden, werden jedoch etwaige Grenzwerte auch nicht überwacht. Insofern können Spuren der genannten Substanzen nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden!

Diese Information wurde automatisch erstellt und ist daher ohne Unterschrift gültig.

Anmerkung:

Alle von der oder im Namen der POLYTRON Kunststofftechnik abgegebenen Empfehlungen, Informationen und Daten können als zuverlässig betrachtet werden. Für die Anwendung, Verwendung, Verarbeitung oder den sonstigen Gebrauch der Produkte und der damit verbundenen Empfehlungen, Informationen sowie für die sich daraus ergebenden Folgen übernimmt die POLYTRON Kunststofftechnik keinerlei Haftung.

Der Anwender und Käufer ist verpflichtet Qualität und Eigenschaften der Empfehlungen, Informationen und Daten sowie der Produkte selbstständig zu kontrollieren. Er übernimmt die volle Verantwortung für die Anwendung, Verwendung und Verarbeitung oder den sonstigen Gebrauch der Produkte sowie der sich daraus ergebenden Folgen.

Die POLYTRON Kunststofftechnik übernimmt keinerlei Haftung für irgendwelche Verletzungen von im Besitz oder unter Verwaltung Dritter befindlicher Patent-, Urheber- oder sonstiger Rechte durch Anwendung, Verwendung, Verarbeitung oder sonstigen Gebrauch ihrer Empfehlungen, Informationen, Daten oder Produkte.

POLYTRON KUNSTSTOFFTECHNIK GMBH & CO KG

An der Zinkhütte 17
51469 Bergisch Gladbach
Fon: +49 2202 1009 0
Fax: +49 2202 1009 33
Mail: info@polytron-gmbh.de
www.polytron-gmbh.de

Deutsche Bank Wuppertal (Blz 330 700 90) Kto. 844 20 55
SWIFT: DEUTDEDW IBAN: DE96 3307 0090 0844 2055 00
Comerzbank Bergisch Gladbach (Blz 370 400 44) Kto. 270 30 07
SWIFT: COBADEFFXXX IBAN: DE51 3704 0044 0270 3007 00

Persönlich haftender Gesellschafter: POLYTRON Kunststofftechnik Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Köln, HR B 47113 - Geschäftsführer: Bernd Henderkott, Fred Arnulf Busen
Steuer-Nr.: 204/5873/0890 - VAT-Nr. DE812686910

Anhang 36. Lebensmittelkompatibilität PTFE

POLYTRON
KUNSTSTOFFTECHNIK

DATUM: 05.10.11

UNBEDENKLICHKEITSBESCHEINIGUNG FÜR DEN KONTAKT MIT LEBENSMITTELN

Den Regelungen der US-amerikanischen Behörden folgend, bestätigen wir hiermit für die von uns eingesetzten Kunststoff-Halbzeuge und die daraus gefertigten Bauteile, dass die für die Herstellung der Halbzeuge aus

Polytron PTFE 1000 (PTFE)

verwendeten Rohstoffe den nachfolgend aufgeführten Anforderungen für den Kontakt mit Lebensmitteln entsprechen.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Bescheinigung besteht eine Übereinstimmung mit den Anforderungen der

- US-amerikanischen FOOD and DRUG ADMINISTRATION (FDA).

  21 CFR 177.1550 "Perfluorocarbon Resins"

Wir bestätigen Ihnen in diesem Zusammenhang außerdem, dass nach unserem Wissen weder bei der Rohstoffherstellung noch bei der Herstellung der Halbzeuge sowie deren Bearbeitung Substanzen, wie Pentabromodiphenylether Derivate, Octabromodiphenylether Derivate, Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom-IV, Quecksilber), Fluor oder Chlor verwendet oder absichtlich hinzugefügt werden.

Da die genannten Stoffe in der Produktionskette keine Verwendung finden, werden jedoch etwaige Grenzwerte auch nicht überwacht. Insofern können Spuren der genannten Substanzen nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden!

Diese Information wurde automatisch erstellt und ist daher ohne Unterschrift gültig.

Anmerkung:

Alle von der oder im Namen der POLYTRON Kunststofftechnik abgegebenen Empfehlungen, Informationen und Daten können als zuverlässig betrachtet werden. Für die Anwendung, Verwendung, Verarbeitung oder den sonstigen Gebrauch der Produkte und der damit verbundenen Empfehlungen, Informationen sowie für die sich daraus ergebenden Folgen übernimmt die POLYTRON Kunststofftechnik keinerlei Haftung.

Der Anwender und Käufer ist verpflichtet Qualität und Eigenschaften der Empfehlungen, Informationen und Daten sowie der Produkte selbstständig zu kontrollieren. Er übernimmt die volle Verantwortung für die Anwendung, Verwendung und Verarbeitung oder den sonstigen Gebrauch der Produkte sowie der sich daraus ergebenden Folgen.

Die POLYTRON Kunststofftechnik übernimmt keinerlei Haftung für irgendwelche Verletzungen von im Besitz oder unter Verwaltung Dritter befindlicher Patent-, Urheber- oder sonstiger Rechte durch Anwendung, Verwendung, Verarbeitung oder sonstigen Gebrauch ihrer Empfehlungen, Informationen, Daten oder Produkte.

Reg.-Nr. 071021 QM/UM

POLYTRON KUNSTSTOFFTECHNIK GMBH & CO KG

An der Zinkhütte 17
51469 Bergisch Gladbach
Fon: +49 2202 1009 0
Fax: +49 2202 1009 33
Mail: info@polytron-gmbh.de
www.polytron-gmbh.de

Deutsche Bank Wuppertal (Blz 330 700 90) Kto. 844 20 55
SWIFT: DEUTDEDW IBAN: DE96 3307 0090 0844 2055 00
Comerzbank Bergisch Gladbach (Blz 370 400 44) Kto. 270 30 07
SWIFT: COBADEFFXXX IBAN: DE51 3704 0044 0270 3007 00

Persönlich haftender Gesellschafter: POLYTRON Kunststofftechnik Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Köln, HR B 47113 - Geschäftsführer: Bernd Henderkott, Fred Arnulf Busen
Steuer-Nr.: 204/5873/0890 - VAT-Nr. DE812686910

Anhang 37. Berechnung der Temperaturverluste in der Schlauchströmung

Berechnung der Temperaturverluste in der Schlauchströmung

Wasser (alle Stoffwerte bei 100°)

Druck $p := 16\ bar$

Wassertemperatur $T_{Wasser} := (103 + 273.15)\ K$

Druckerhöhung je 1 bar $\rho_{erhöhung} := 0.046\ \frac{kg}{m^3 \cdot bar}$ [1]

Dichte $\rho_{Wasser} := 958.35\ \frac{kg}{m^3} + \rho_{erhöhung} \cdot p$

$\rho_{Wasser} = 959.086\ \frac{kg}{m^3}$

kinematische Viskosität $\nu_{Wasser} := 0.2943 \cdot 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$ [2]

dynamische Viskosität $\eta_{Wasser} := 0.000282\ \frac{N \cdot s}{m^2}$ [1]

Wärmeleitzahl Wasser $\lambda_{Wasser} := 0.681\ \frac{W}{m \cdot K}$ [1]

spezif. Wärmekapazität $c_{pWasser} := 4220\ \frac{J}{kg \cdot K}$ [1]

Prandtl Zahl $Pr := \frac{\eta_{Wasser} \cdot c_{pWasser}}{\lambda_{Wasser}}$ $Pr = 1.747$

Wasservolumen $V1_{Wasser} := 25\ mL$ $V2_{Wasser} := 50\ mL$

V1 bei normalem Espresso, V2 bei doppeltem Espresso

Brühdauer $t := 20\ s$

Schlauch

Länge $L_{Rohr} := 1\ m$

Innendurchmesser $d_{innen} := 4\ mm$

Wandstärke $s_{Rohr} := 1\ mm$

Außendurchmesser $d_{außen} := d_{innen} + 2 \cdot s_{Rohr}$ $d_{außen} = 6\ mm$

Wärmeleitzahl Schlauch $\lambda_{Schlauch} := 0.25\ \frac{W}{m \cdot K}$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Luft (Werte bei 20°C)

Temperatur $T_{Luft} := (20 + 273.15)\ K$

Wärmeübergangszahl außen $\alpha_a := 5\ \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Tabelle 13: Anhaltswerte des Wärmeübergangskoeffizienten α in W/(m² K).

Gase bei freier Konvektion	1	-	60
bei erzwungener Konvektion	10	-	250
Wasser bei erzwungener Konvektion	500	-	2 500
bei Blasensieden	2 000	-	50 000
Wasserdampf bei Überhitzung	25	-	100
bei Filmkondensation	4 000	-	10 000

[4]

Es wurde ein unterer Wert innehhalb der gegebenen 1 ... 60 W/m2K gewählt. Der Aufgrund der Annahme, dass die Luft im Inneren der Kaffeemaschine so gut wie still steht und der Wärmeübertrag zwischen Luft und Kunststoff sehr gering ist, wurde ein Wert von 5 W/m2K gewählt.

1. Bei Wasservolumen V1

Massenstrom und Geschwindigkeit Wasser bei V1

$m_{Punkt} := \frac{V1_{Wasser} \cdot \rho_{Wasser}}{t}$ $m_{Punkt} = 4.316\ \frac{kg}{hr}$

$A_{Schlauch} := \frac{d_{innen}^{\ 2} \cdot \pi}{4}$ $c_{Wasser} := \frac{m_{Punkt}}{\rho_{Wasser} \cdot A_{Schlauch}}$ $c_{Wasser} = 0.099\ \frac{m}{s}$

Berechnung der Radien des Rohres

$r_i := d_{innen} \cdot 0.5$ $r_a := r_i + s_{Rohr}$ $r_i = 2\ mm$ $r_a = 3\ mm$

Wärmeübergangszahl innen (abhängig von Reynolds- und Nusseltzahl)

Reynoldszahl $Re := \frac{c_{Wasser} \cdot d_{innen}}{\nu_{Wasser}}$ $Re = 1352$

--> laminare Strömung, da Re<2300

Nusseltzahl für turbulente Strömungen

Rohrreibungszahl nach Schlünder [3], B2 (25)

$Nu_{laminar} := \sqrt[3]{3.66^3 + 1.61^3 \cdot Re \cdot Pr \cdot \frac{d_{innen}}{L_{Rohr}}}$ [5], Bild 4.13

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$Nu_{laminar} = 4.456$

Wärmeübergangszahl innen

$\alpha_i := Nu_{laminar} \cdot \frac{\lambda_{Wasser}}{d_{innen}}$ [5], (4.26) $\alpha_i = 758.601 \ \frac{kg}{s^3 \cdot K}$

Wärmedurchgangszahl gesamt

$k_{Rohr} := \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot r_i} + \frac{1}{\lambda_{Schlauch}} \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot r_a}}$ $k_{Rohr} = 0.09113 \ \frac{W}{m \cdot K}$

Berechnung der Austrittstemperatur

$m_{Punkt} \cdot \frac{c_{pWasser}}{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}} = 55.516$

Vorgabe

$$m_{Punkt} \cdot c_{pWasser} \cdot \left(T_{Wasser} - T_{Austritt}\right) = k_{Rohr} \cdot L_{Rohr} \cdot \frac{T_{Wasser} - T_{Austritt}}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)}$$

$$m_{Punkt} \cdot c_{pWasser} \cdot \square = k_{Rohr} \cdot L_{Rohr} \cdot \frac{T_{Wasser} - T_{Austritt}}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right) \cdot \left(T_{Wasser} - T_{Austritt}\right)}$$

$$m_{Punkt} \cdot \frac{c_{pWasser}}{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}} = \frac{1}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)}$$

$$\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}} = ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)$$

$$e^{\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}}} = \frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}$$

$C := e^{\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}}}$ $C = 1.0182$

$$\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{C} = T_{Austritt} - T_{Luft}$$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$$T_{Austritt} := \frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{C} + T_{Luft}$$

$T_{Austritt} = 374.7\ K$

$T_{Austritt} = 101.5\ °C$

$\Delta T := T_{Wasser} - T_{Austritt}$

$\Delta T = 1.482\ K$

2. Bei Wasservolumen V2

Massenstrom und Geschwindigkeit Wasser bei V2

$$m_{Punkt} := \frac{V2_{Wasser} \cdot \rho_{Wasser}}{t} \qquad m_{Punkt} = 8.632\ \frac{kg}{hr}$$

$$A_{Schlauch} := \frac{d_{innen}^{\ 2} \cdot \pi}{4} \qquad c_{Wasser} := \frac{m_{Punkt}}{\rho_{Wasser} \cdot A_{Schlauch}} \qquad c_{Wasser} = 0.199\ \frac{m}{s}$$

Berechnung der Radien des Rohres

$r_i := d_{innen} \cdot 0.5 \qquad r_a := r_i + s_{Rohr} \qquad r_i = 2\ mm \qquad r_a = 3\ mm$

Wärmeübergangszahl innen (abhängig von Reynolds- und Nusseltzahl)

Reynoldszahl $\qquad Re := \frac{c_{Wasser} \cdot d_{innen}}{\nu_{Wasser}} \qquad Re = 2704$

--> turbulente oder laminare Strömung, da 2300<Re<10^4

Nusseltzahl für turbulente Strömungen

Rohrreibungszahl nach Prandtl-Colebrook [3], B2 (25)

$\xi := \left(1.8 \cdot \log\left(Re\right) - 1.5\right)^{-2} \qquad \xi = 0.045704$

$$Nu_{turbulent} := \frac{\frac{\xi}{8} \cdot \left(Re - 1000\right) \cdot Pr}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{\xi}{8}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \cdot \left(1 + \left(\frac{d_{innen}}{L_{Rohr}}\right)^{\frac{2}{3}}\right) \qquad Nu_{turbulent} = 12.172$$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Wärmeübergangszahl innen

$$\alpha_i := Nu_{turbulent} \cdot \frac{\lambda_{Wasser}}{d_{innen}} \qquad \text{[5], (4.26)} \qquad \alpha_i = \left(2.072 \cdot 10^3\right) \frac{kg}{s^3 \cdot K}$$

Wärmedurchgangszahl

$$k_{Rohr} := \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot r_i} + \frac{1}{\lambda_{Schlauch}} \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot r_a}} \qquad k_{Rohr} = 0.091685 \frac{W}{m \cdot K}$$

Berechnung der Austrittstemperatur

$$m_{Punkt} \cdot \frac{c_{pWasser}}{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}} = 110.359$$

$$m_{Punkt} \cdot c_{pWasser} \cdot \left(T_{Wasser} - T_{Austritt}\right) = k_{Rohr} \cdot L_{Rohr} \cdot \frac{T_{Wasser} - T_{Austritt}}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)}$$

$$m_{Punkt} \cdot c_{pWasser} \cdot \blacksquare = k_{Rohr} \cdot L_{Rohr} \cdot \frac{T_{Wasser} - T_{Austritt}}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right) \cdot \left(T_{Wasser} - T_{Austritt}\right)}$$

$$m_{Punkt} \cdot \frac{c_{pWasser}}{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}} = \frac{1}{ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)}$$

$$\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}} = ln\left(\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}\right)$$

$$e^{\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}}} = \frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{T_{Austritt} - T_{Luft}}$$

$$C := e^{\frac{k_{Rohr} \cdot L_{Rohr}}{m_{Punkt} \cdot c_{pWasser}}} \qquad C = 1.0091$$

$$\frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{C} = T_{Austritt} - T_{Luft}$$

$$T_{Austritt} := \frac{T_{Wasser} - T_{Luft}}{C} + T_{Luft}$$

$$T_{Austritt} = 375.4\ K$$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

$T_{Austritt} = 102.3\ °C$

$\Delta T := T_{Wasser} - T_{Austritt}$

$\Delta T = 0.749\ K$

Die Verlustwärme aufgrund von Wärmestrahlung an der Außenfläche des Kunststoffschlauches kann vernachlässtigt werden.

[1] http://www.wissenschaft-technik-ethik.de/downloads/wasser.txt
[2] http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Arbeitsheft/IV.pdf
[3] VDI e.V - VDI Wärmeatlas (2013)
[4] Friedrich Hell - Heiztechnik und Wärmeübertragung (1999)
[5] Thermodynamik I und Wärmeübertragung I, Skript, Prof. Dr. -Ing. Erwin Zauner (2017)

Alle Websiten Aufgerufen am 04.12.18

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 38. Wartungsintervall Ventile

Wartungsintervall Ventile

Dauer eines Brühvorgangs (Zeit für einen Zyklus) $t := 20\ s$

Betriebsstunden pro Arbeitstag $Tagesstunden := 8\ \frac{hr}{day}$

Betriebstage pro Jahr $Wochentage := 365\ \frac{day}{yr}$

Lebensdauer $L := 2 \cdot 10^6$

Wartungsintervall $T_{Wartung}$

$$T_{Wartung} := \frac{L}{\frac{3600\ \frac{s}{hr}}{t} \cdot Tagesstunden \cdot Wochentage} \qquad T_{Wartung} = 3.8\ yr$$

Mit PTC Mathcad Express erstellt. Weitere Informationen finden Sie unter www.mathcad.com.

Anhang 39. Kostenabschätzung

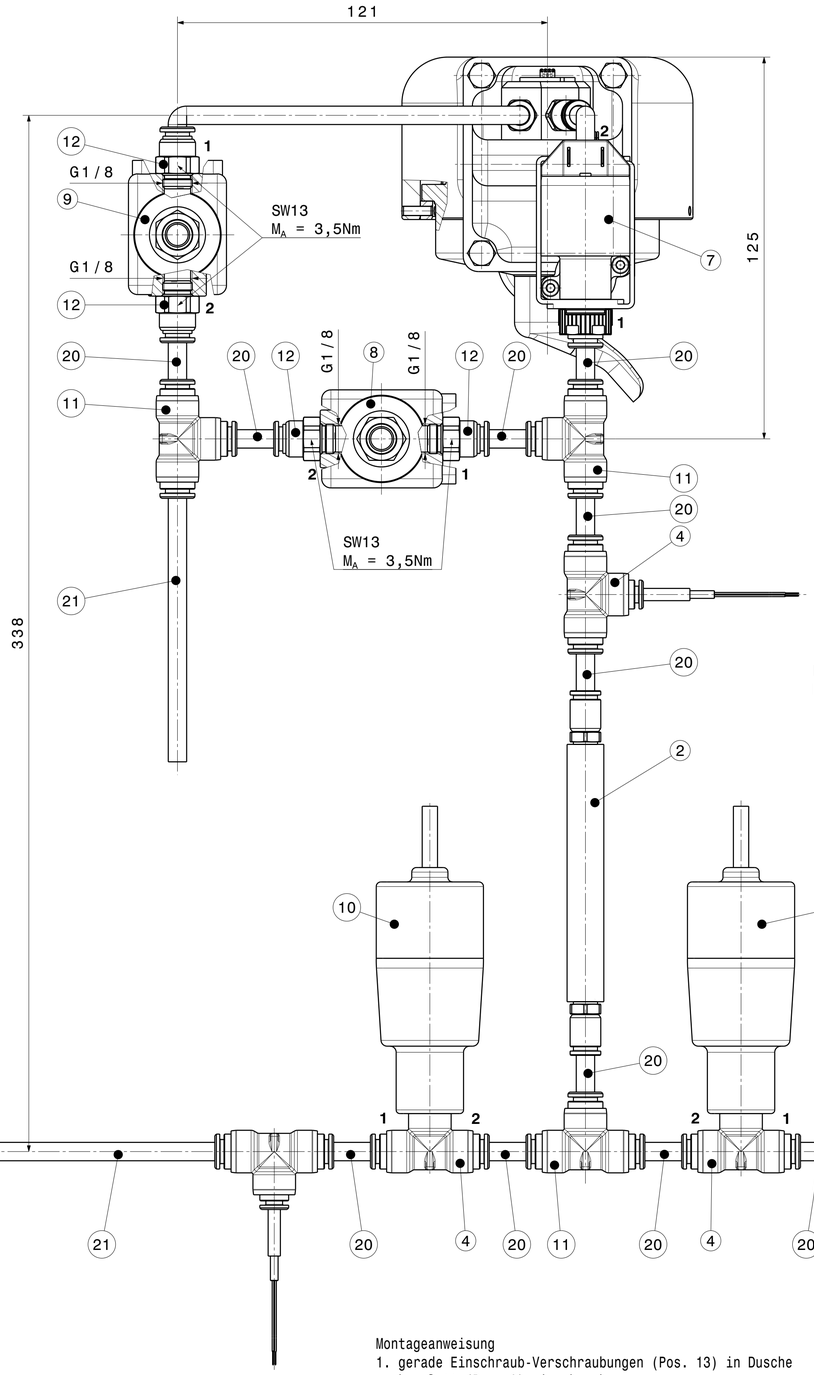
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

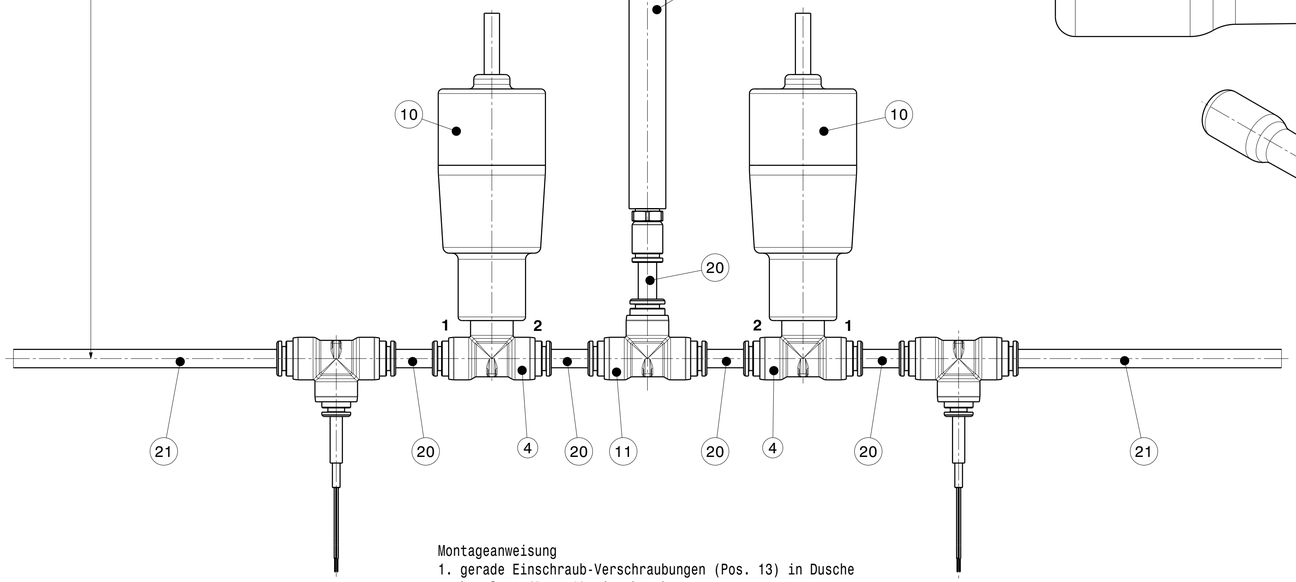
Kostenabschätzung

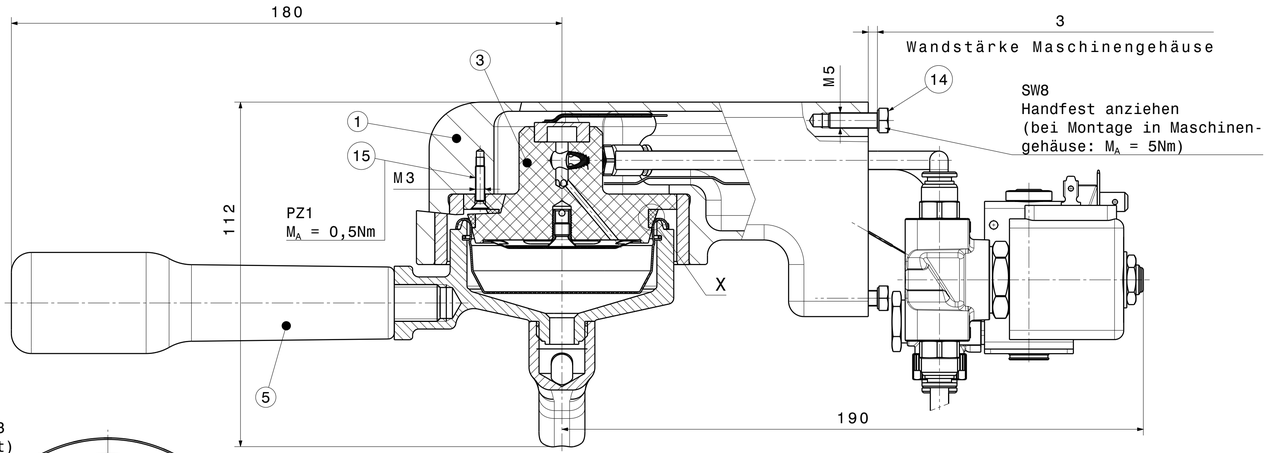
				Herstellkosten bei Stückzahl			
Pos. Nr.	Menge	Zng. Nr.	Benennung	1	10	100	Quelle
		01.000	**Brühgruppe**	**2.328,59 €**	**1.160,43 €**	**942,63 €**	
1	1	**01.100**	**Gehäuse komplett**	**317,89 €**	**311,04 €**	**187,04 €**	
1.1	1	01.101	Gehäuse	223,39 €	256,54 €	167,54 €	[1]
1.2	1	01.102	Buchse	80,00 €	40,00 €	5,00 €	[2]
1.3	10	1101	Zylinderstift	1,45 €	1,45 €	1,45 €	[39]
2	1	**01.200**	**Mischmodul**	**341,00 €**	**95,91 €**	**34,49 €**	
2.1	1	01.201	Mischelementgehäuse	124,07 €	68,63 €	10,13 €	[3]
2.2	2	1007	gerade Einschraub-Verschraubung	9,66 €	9,66 €	9,66 €	[4]
2.3	2	1201	Gewindeeinsatz	97,26 €	2,43 €	0,97 €	[5]
2.4	1	1202	Statisches Mischelement	3,10 €	3,10 €	3,10 €	[6]
3	1	**01.300**	**Dusche komplett**	**511,25 €**	**74,14 €**	**82,58 €**	
3.1	1	01.301	Dusche	98,50 €	37,46 €	35,03 €	[7]
3.2	1	1301	Temperatursensor	6,55 €	6,35 €	5,89 €	[8]
3.3	2	1302	Kabel	0,01 €	0,01 €	0,01 €	[9]
3.4	2	1303	Schrumpfschlauch	0,50 €	0,50 €	0,50 €	[10]
3.5	1	1304	Drucksensor	13,34 €	12,01 €	10,66 €	[11]
3.6	3	1305	Gewindeeinsatz	97,26 €	2,43 €	9,66 €	[12]
3.7	1	1306	Epoxidharzkleber	34,06 €	3,41 €	0,34 €	[13]
3.8	1	1307	Cyanacrylatkleber	5,01 €	0,50 €	0,05 €	[14]
3.9	1	1308	Primer	37,29 €	3,73 €	0,37 €	[15]
3.10	1	1309	Weichlot	23,70 €	2,37 €	0,24 €	[16]
4	3	**01.400**	**Temperatursensormodul**	**180,44 €**	**31,18 €**	**18,69 €**	
4.1	1	1301	Temperatursensor	6,55 €	6,35 €	5,89 €	[8]
4.2	1	1401	Schlauch Ø4	30,00 €	0,30 €	0,30 €	[18]
4.3	1	1402	T Steck Verbindung	9,73 €	9,73 €	9,73 €	[19]
4.4	1	1403	Metallröhrchen	8,10 €	1,30 €	0,52 €	[20]
4.5	2	1302	Kabel	12,50 €	1,25 €	0,13 €	[9]
4.6	2	1303	Schrumpfschlauch	0,50 €	0,50 €	0,50 €	[10]
4.7	1	1306	Epoxidharzkleber	34,06 €	3,41 €	0,34 €	[13]
4.8	1	1307	Cyanacrylatkleber	5,01 €	0,50 €	0,05 €	[14]
4.9	1	1308	Primer	37,29 €	3,73 €	0,37 €	[15]
4.10	1	1309	Weichlot	23,70 €	2,37 €	0,24 €	[16]
5	1	**01.500**	**Siebträger komplett**	**25,97 €**	**23,23 €**	**23,07 €**	
5.1	1	1501	Siebträger	9,60 €	7,97 €	7,97 €	[22]
5.2	1	1502	Griff	1,92 €	1,54 €	1,54 €	[23]
5.3	1	1503	Auslauf	2,28 €	1,55 €	1,39 €	[24]
5.4	1	1504	Siebeinsatz	11,12 €	11,12 €	11,12 €	[25]
5.5	1	1505	Feder	1,05 €	1,05 €	1,05 €	[26]
6	1	01.001	Dichtung	38,60 €	9,99 €	7,15 €	[27]
7	1	1001	2/2 Wegeventil NC	50,43 €	50,43 €	50,43 €	[28]
8	1	1002	2/2 Wegeventil NO	72,24 €	72,24 €	72,24 €	[29]
9	1	1003	2/2 Wegeventil NC	41,68 €	41,68 €	41,68 €	[30]
10	2	1004	Dosierventil	159,80 €	159,80 €	159,80 €	[31]
11	3	1005	T-Steck-Verbindung	9,65 €	9,65 €	9,65 €	[32]
12	4	1006	gerade Einschraub-Verschaubung	4,12 €	4,12 €	4,12 €	[33]
13	1	1007	gerade Einschraub-Verschaubung	9,66 €	9,66 €	9,66 €	[4]
14	4	1008	Sechskantschraube	0,02 €	0,02 €	0,02 €	[34]
15	4	1009	Senkschraube	0,01 €	0,01 €	0,01 €	[35]
16	1	1010	Senkschraube	0,02 €	0,02 €	0,02 €	[36]
17	1	1011	Duschesieb	1,00 €	1,00 €	0,66 €	[37]
18	1	1012	Schlauch Ø6 (240 mm)	1,46 €	1,46 €	1,46 €	[38]
19	1	1013	Schlauch Ø6 (155 mm)	0,94 €	0,94 €	0,94 €	[38]
20	11	1014	Schlauch Ø6 (40 mm)	0,24 €	0,24 €	0,24 €	[38]
21	3	1015	Schlauch Ø6 (400 mm)	2,43 €	2,43 €	2,43 €	[38]

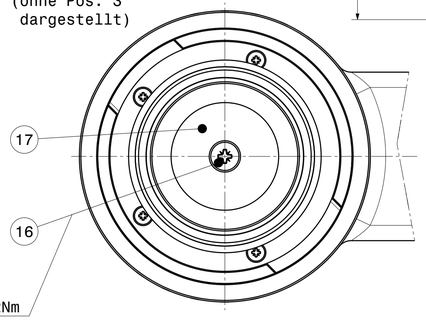
		inklusive Versandkosten		
		Rohteilpreis pro Stückzahl		
Quelle		1	10	100
[1]	Angebot Fa. Allgäu Metalle	128,00 €	147,00 €	96,00 €
[2]	Geschätzter Preis, da keine Angebote bis Abgabe der Arbeit vorlagen			
[3]	www.ads-kunststofftechnik.de Abschnitte d20x85			
[4]	Römer Katalog			
[5]	Angebot Kerb Konus (Mindestabnahme 250 Stück)	71,09 €	39,32 €	5,80 €
[6]	Angebot ESSKA			
[7]	www.ads-kunststofftechnik.de Abschnitte d80x50			
[8]	https://www.thermodirekt.de/compat/wrapper.php?req=page.php&base_path=include/&page=db_getitem.php&item_id=1872			
[9]	https://de.rs-online.com/web/p/einzeladerleitungen/8015044/			
[10]	Geschätzter Wert, da Anfragen zum Zeitpunkt der Abgaben noch nicht beantwortet wurden oder keine passenden vorrätig waren	56,44 €	21,46 €	20,07 €
[11]	https://b2c.bb-sensors.com/en/Pressure-measurement/Pressure-sensors/Ceramic-pressure-sensor-0-25-bar-relative.html			
[13]	https://www.reiff-tpshop.de/shop/de/kleb-dicht-und-schmierstoffe/strukturklebstoff-epoxidharz/loctite-ea-9480.html			
[14]	https://www.reiff-tpshop.de/shop/de/kleb-dicht-und-schmierstoffe/sofortklebstoff/loctite-454.html			
[15]	https://www.reiff-tpshop.de/shop/de/kleb-dicht-und-schmierstoffe/oberflaechenbehandlung/loctite-sf-770.html			
[16]	https://www.reichelt.de/loetzinn-bleifrei-mit-silberanteil-0-75-mm-250-g-lz-f2-bf-0-8-250-p47305.html?&trstct=pos_6			
[18]	https://www.rct-online.de/de/schlaeuche/harte-kunststoffschlaeuche-kunststoffrohre/ptfe-schlaeuche/ptfe-chemieschlauch			
[19]	Römer Katalog			
[20]	http://edelstahlrohre.info/epages/58ecf5ca-a27a-4f69-ba3a-e6b9afa69c1b.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/58ecf5ca-a27a-4f69-ba3a-			
[22]	https://www.lfspareparts724.com/de/artikel_2/siebträger_kaffeemaschinen_faema_cimbali--1165142			
[23]	https://www.lfspareparts724.com/de/artikel_2/siebträgergriff_m10--1241269			
[24]	https://www.lfspareparts724.com/de/artikel_2/auslauf_1weg_ø_3_8--1022501			
[25]	https://www.lfspareparts724.com/de/artikel_2/filter_2_tassen_10_14_gr--1460002			
[26]	https://www.lfspareparts724.com/de/artikel_2/feder_filtersperre_ø_100_mm_edelstahl--5033397			
[27]	Angebot Elbe-Dichtungen			
[28]	Römer Katalog			
[29]	https://www.ventile24.de/2-wege-direktgesteuertes-magnetventil-g-1-8-messing-stromlos-geoffnet-1716.html			
[30]	https://www.ventile24.de/2-wege-direktgesteuertes-magnetventil-g-1-8-messing-stromlos-geschlossen-31.html			
[31]	Belegnummer: Au 17-23284			
[32]	Römer Katalog			
[33]	Römer Katalog			
[34]	https://www.schraubenbude.de/6kt-schrauben-din-en-iso-4017-ehem-din-933-88-verz-m5x16-100-stueck.html			
[35]	https://www.schraubenbude.de/senkschrm-kreuzschl-din-en-iso-7046-ehem-din-965-48-verz-m3x14-100-stueck.html			
[36]	https://www.schraubenbude.de/senkschrm-kreuzschl-din-en-iso-7046-ehem-din-965-48-verz-m5x8-100-stueck.html			
[37]	https://www.lfersatzteile724.de/artikel_2/auslaufdusche_%C3%B8_515			
[38]	Belegnummer: Au 17-23284			
[38]	Belegnummer: Au 17-23285			
[38]	Belegnummer: Au 17-23286			
[38]	Belegnummer: Au 17-23287			
[39]	https://online-schrauben.de/shop/Stifte-ohne-Gewinde/ISO-8734-Zylinderstifte-Toleranzfeld-m6-aehnl.-DIN-6325/Edelstahl-Rostfrei-C1-1.4034-gehaertet-550-650-HV30/3-mm-Durchmesser			

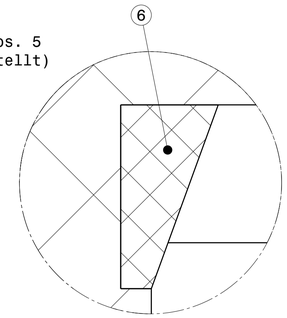
Anhang 40. 01.000 Brühgruppe

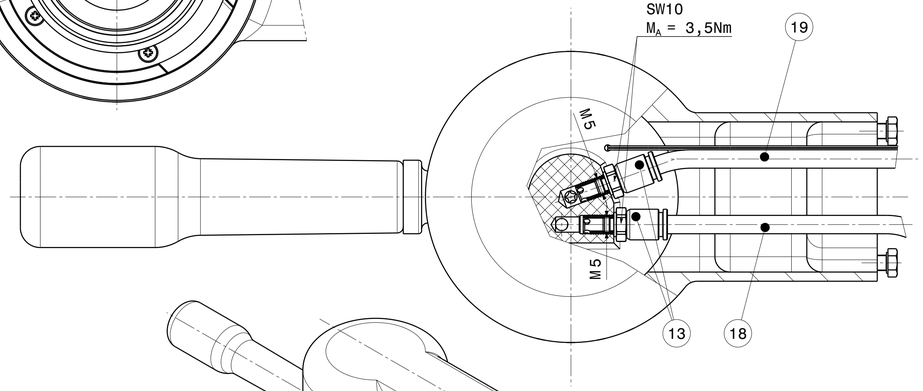


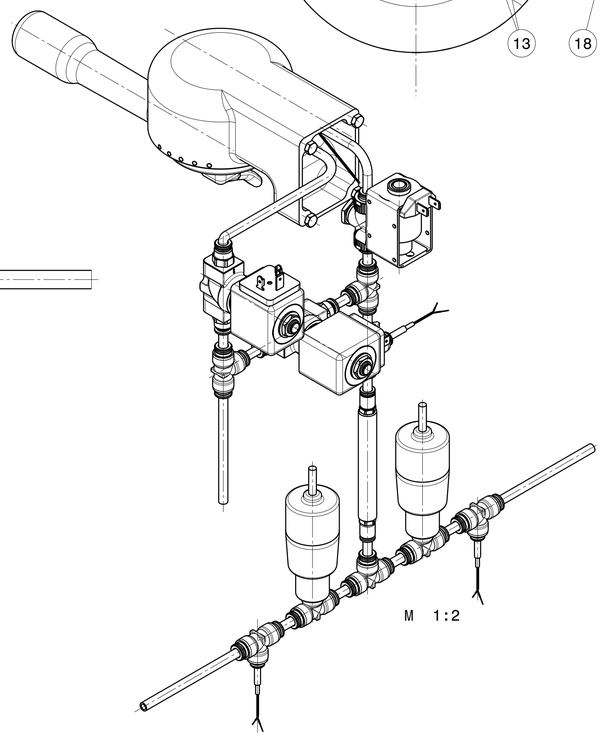












Montageanweisung
1. gerade Einschraub-Verschraubungen (Pos. 13) in Dusche komplett (Pos. 3) einschrauben
2, Dusche komplett (Pos. 3) in Gehäuse komplett (Pos. 1) mit 4x Senkschraube (Pos. 15) befestigen
3. Dichtung (Pos. 6) auf Dusche komplett (Pos. 3) montieren
4. Schläuche Pos. 18 und Pos. 19 durch die Gehäuseöffnung führen und in die geraden Einschraubverschraubungen (Pos. 13) einklemmen
5. den restlichen Aufbau vom Gehäuse komplett (Pos. 1) ausgehend aufbauen

Einbaurichtung der Ventile beachten!
(Nummerierung der Eingänge 1 und 2)

Stück	Benennung	Pos.	Zng. Nr.	Werkstoff	Abmessung	Norm/Material
3	Schlauch Ø6 (400 mm)	21	1015	PFA	d6xd4x400	Römer 296007
11	Schlauch Ø6 (40 mm)	20	1014	PFA	d6xd4x40	Römer 296007
1	Schlauch Ø6 (155 mm)	19	1013	PFA	d6xd4x155	Römer 296007
1	Schlauch Ø6 (240 mm)	18	1012	PFA	d6xd4x240	Römer 296007
1	Duschesieb	17	1011		d51,5	
1	Senkschraube	16	1010	8.8 verz.	M5x8	ISO 7046
4	Senkschraube	15	1009	4.8 verz.	M3x14	ISO 7046
4	Sechskantschraube	14	1008	8.8 verz.	M5x16	ISO 4017
2	gerade Einschraub-Verschaubung	13	1007		M5 x d6	Römer ELSA 380060
4	gerade Einschraub-Verschaubung	12	1006		G1/8 x d6	Römer ELSA 367053
3	T-Steck-Verbindung	11	1005		d6 d6 d6	Römer ELSA 367095
2	Dosierventil	10	1004		d6 d6	Römer EFC 690525
1	2/2 Wegeventil NC	9	1003		G1/8"	m&m D262DVG 7250
1	2/2 Wegeventil NO	8	1002		G1/8"	m&m RD262DVG 7251
1	2/2 Wegeventil NC	7	1001		d6 d6	Römer AVS-MAGMA 627008
1	Dichtung	6	01.001	PTFE	d56,5x62,9x6	
1	Siebträger komplett	5	01.500			
3	Temperatursensormodul	4	01.400			
1	Dusche komplett	3	01.300			
1	Mischmodul	2	01.200			
1	Gehäuse komplett	1	01.100			

Verwendungsbereich: Espressomaschine	Allgemeintoleranzen: ISO 2768-m	Werkstückkanten: DIN 6784	Maßstab 1:1 · Menge 1 · Werkst./Halbz. - · Rohteil - Nr. -

	Datum	Name
Bear.	20.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-
	-	-

Benennung: **Brühgruppe**

Zeichnungsnummer: 01.000 · Blatt 1 / 1 · DIN A1

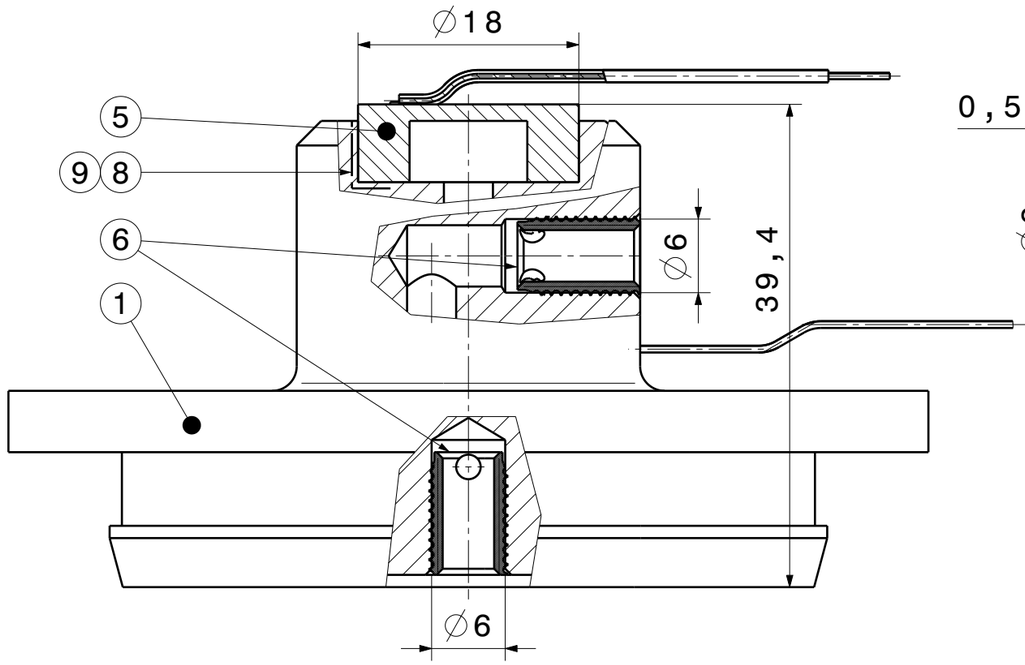
HOCHSCHULE MÜNCHEN

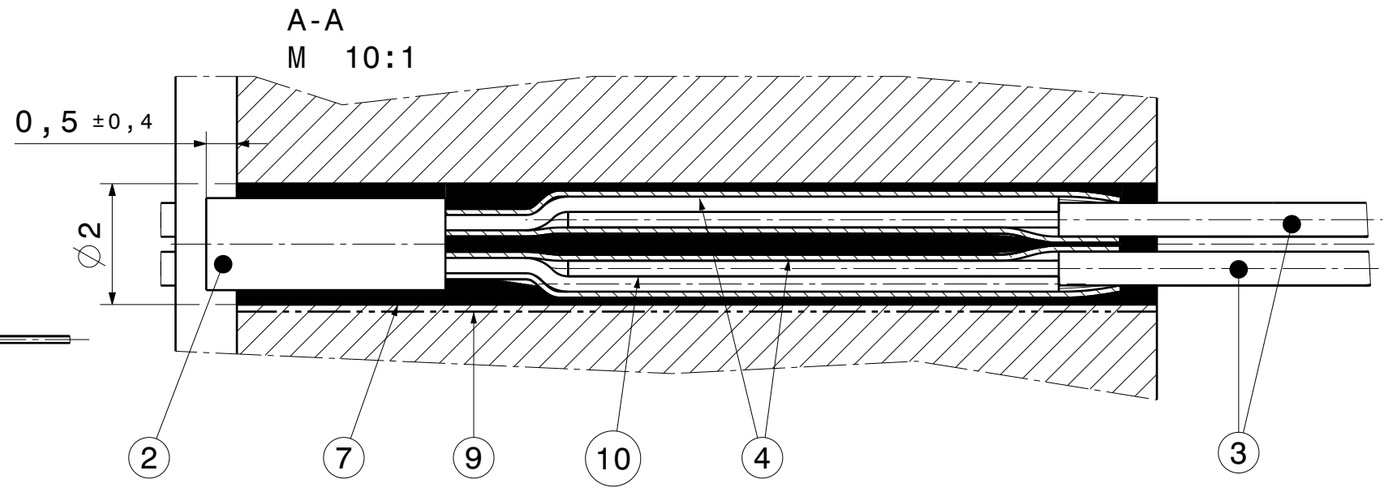
Erstellt mit CATIA V5 · Betr.: Rohnen · Semester: MBB 7

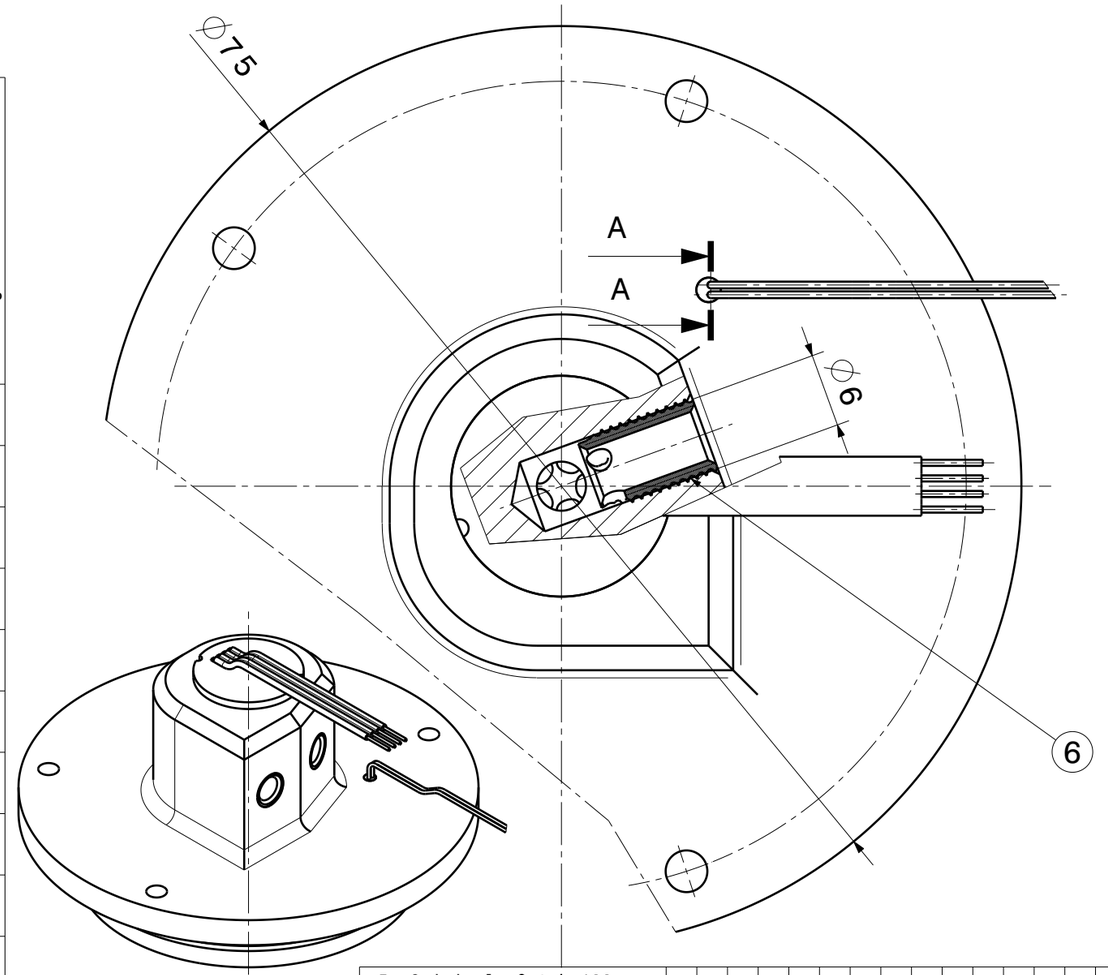
Zust. | Änderung | Datum | Name

Im Originalmaßstab 200 mm

Anhang 41. 01.100 Gehäuse komplett







Montageanweisung

1. Temperatursensor (Pos. 2) mit den Kabeln (Pos. 3) verlöten (mit Weichlot (Pos. 10))
2. Lötstelle mit Schrumpfschläuchen (Pos. 4) versiegeln (auf ca. 340°C +/- 10°C erhitzen)
3. Schrumpfschläuche und Kabel mit Primer (Pos. 9) benetzen
4. Dusche (Pos. 1) mit Primer (Pos. 9) an den mit —--——--— gekennzeichneten Flächen benetzen
5. Schrumpfschläuche und Dusche ca. 5 Minuten ruhen lassen, bis die Oberflächen abgelüftet sind
6. Gewindeeinsätze (Pos. 6) mit Hilfe einer M5x5 Schraube in die d6 Bohrungen einschrauben
7. Cyanacrylatkleber (Pos. 8) in Bohrung d18 auf der mit —--——--— gekennzeichneten Fläche auftragen
8. Drucksensor (Pos. 2) in die Bohrung Ø18 einsetzen (Kleber ist in ca. 5 Sekunden handfest!)
9. Temperatursensor in Bohrung Ø2 einführen
10. Dusche mit dem Temperatursensor nach oben einspannen
11. Von der Seite des Sensors aus den Hohlraum in der Bohrung Ø2 mit Epoxidharzkleber (Pos. 7) auffüllen. Dabei darauf achten, dass der Temperatursensor oben ca. 0,5 mm rausssteht
12. bei Raumtemperatur min. 7 Tage aushärten lassen

Stück	Benennung	Pos.	Zng. Nr.	Werkstoff	Abmessung	Norm/Material
1	Dusche	1	01.301	PVDF	d75x38	
1	Temperatursensor	2	1301	PT100	3,9x1,5x1	216025 thermodirekt.de
2	Kabel	3	1302	Cu, ETFE	120mm	AWG30
2	Schrumpfschlauch	4	1303	PTFE 200	12mm	AWG34
1	Drucksensor	5	1304	Keramik	d18x6,35	B+B 0391 001-08
3	Gewindeeinsatz zum einschrauben	6	1305	Edelstahl	M5x10	Kerb Konus 348 000 050 500
1	Epoxidharzkleber	7	1306		0,1 ml	LOCTITE® EA 9480™
1	Cyanacrylatkleber	8	1307			LOCTITE® 454™
1	Primer	9	1308			LOCTITE® SF 770™
1	Weichlot	10	1309	S-Sn96Ag4	d0,75	DIN EN 29453

Verwendungsbereich: Baugruppe

Allgemeintoleranzen: ISO 2768-m

Werkstückkanten: DIN 6784

Maßstab 2:1 | Menge 1

Werkst./Halbz. -
Rohteil - Nr. -

	Datum	Name
Bear.	24.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-

Benennung: **Dusche komplett**

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Erstellt mit CATIA V5

Zeichnungsnummer: 01.300

Blatt 1 / 1 | DIN A3

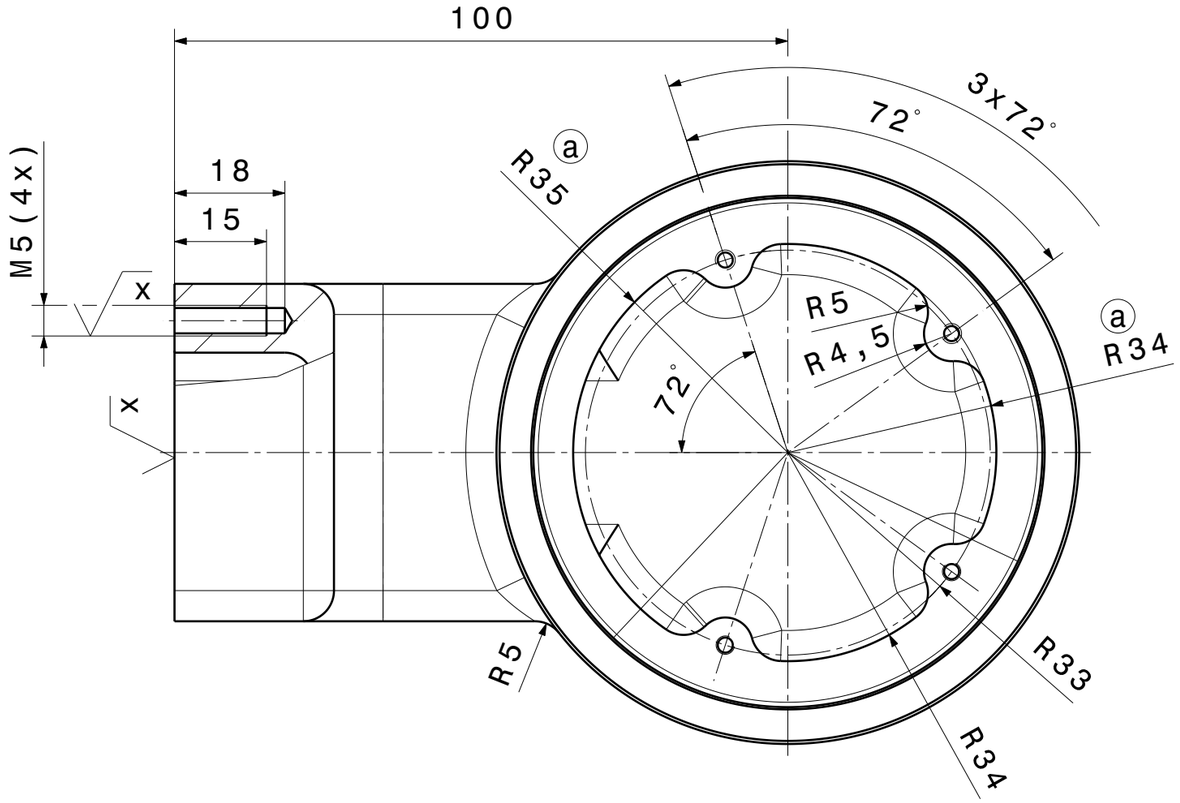
Betr.: Rohnen | Semester: MBB 7

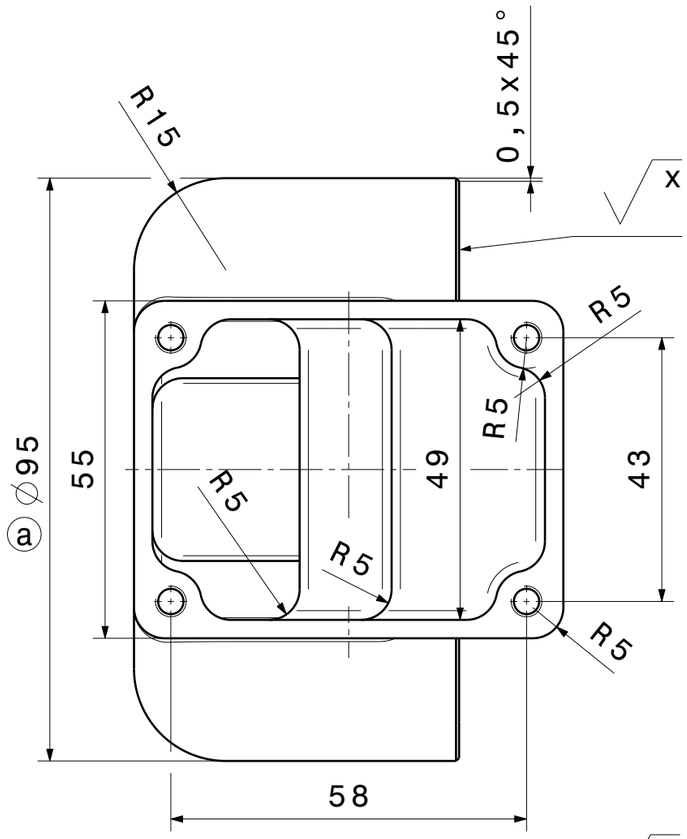
Zust.	Änderung	Datum	Name

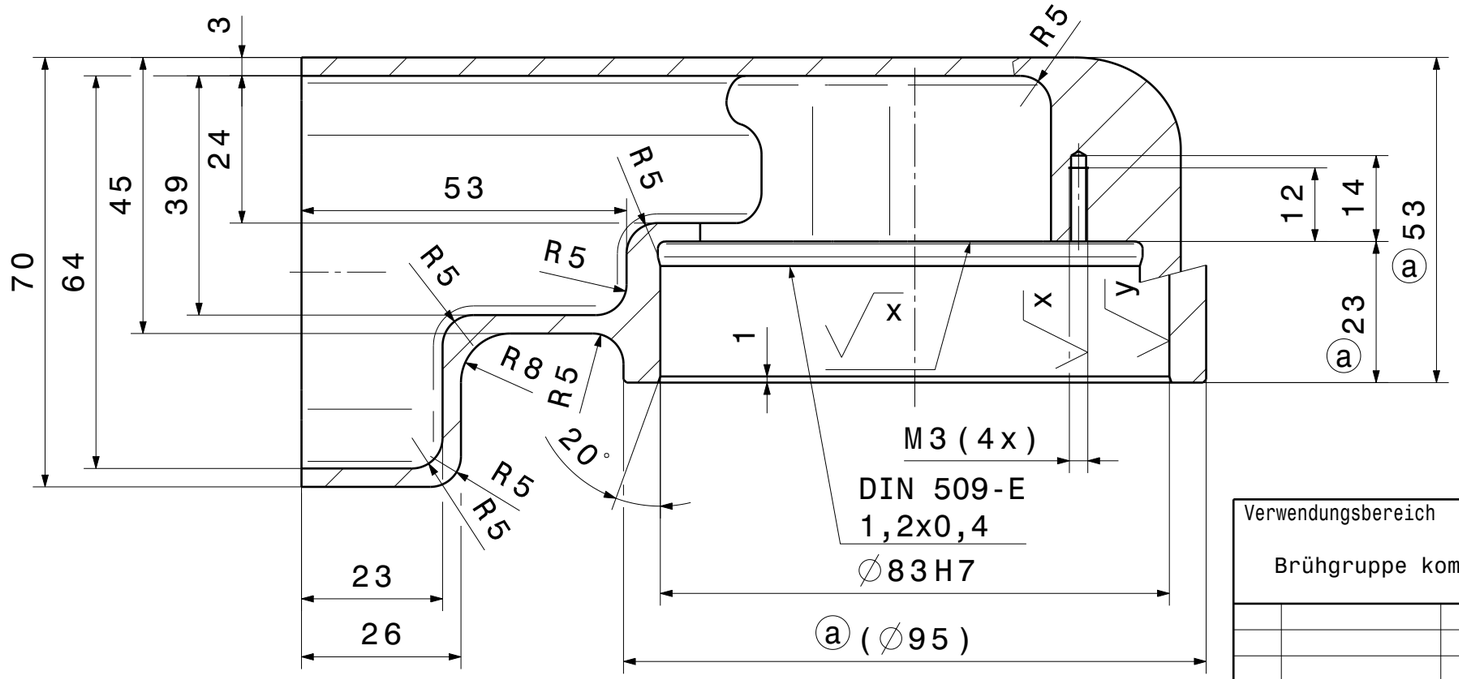
Im Originalmaßstab 100 mm

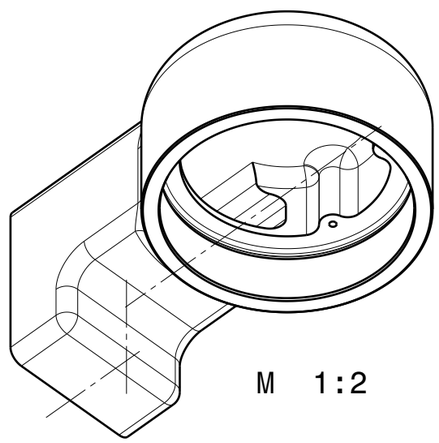
Im Originalmaßstab 100 mm

Anhang 42. 01.101 Gehäuse









w ( )

w = Rz 25

x = Rz 16

y = Rz 6,3

-0,1
-0,3

+0,1
+0,3

Im Originalmaßstab 100 mm

Verwendungsbereich	Allgemeintoleranzen	Werkstückkanten
Brühgruppe komplett	ISO 2768-mK	DIN 6784

Maßstab 1:1	Menge 1
Werkst./Halbz. Stange EN12164 - CuZn39Pb3 - R360 - SQR100A	
Rohteil	ⓐ

	Datum	Name
Bear.	03.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-
	-	-

Benennung

Gehäuse

Index	Änderung	Datum	Name
a	Werkstoff, Geometrie	05.12.18	Arendt

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN FH MÜNCHEN

Erstellt mit CATIA V5

Zeichnungsnummer 01.101

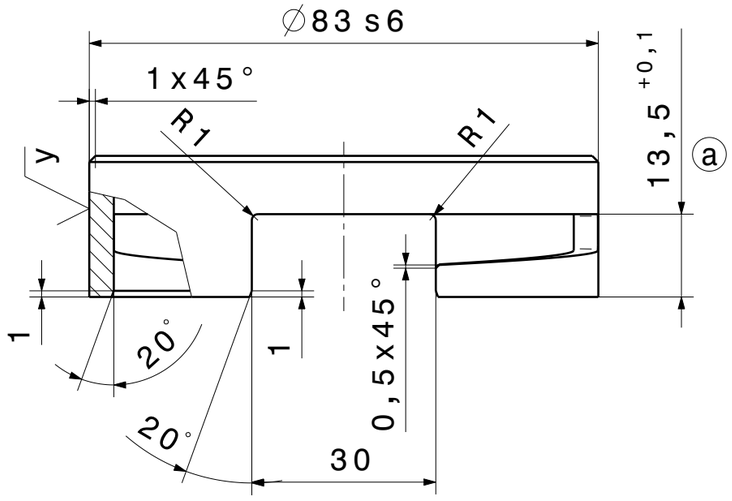
Blatt 1 / 1

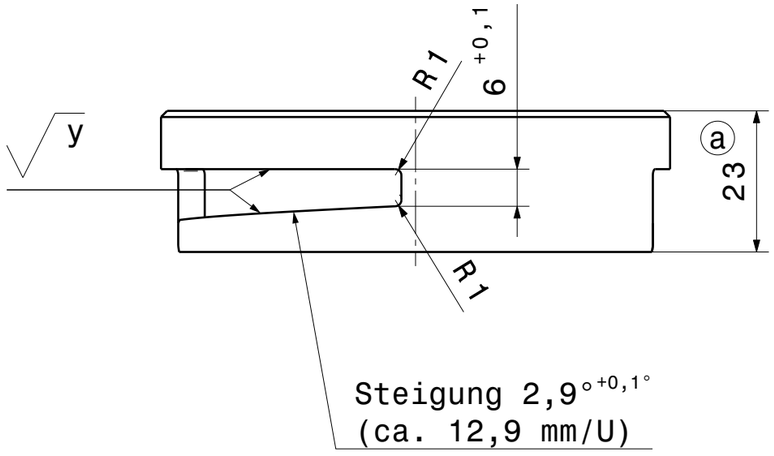
DIN A3

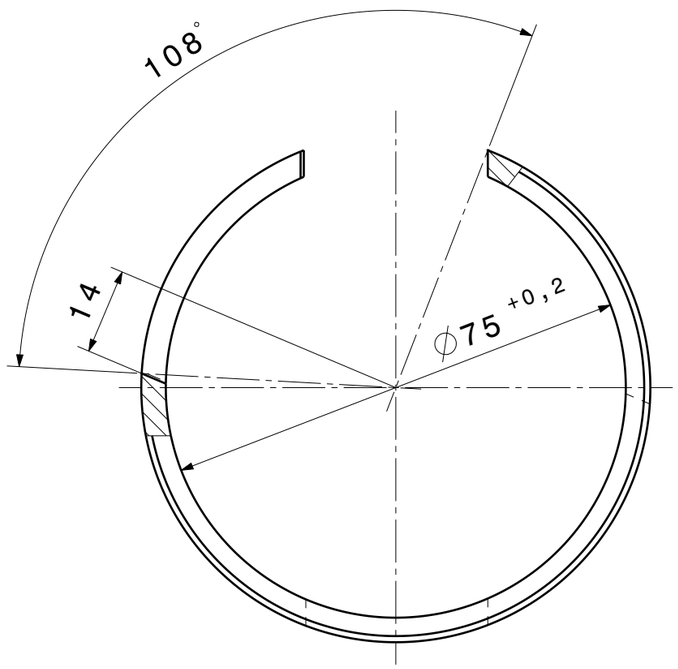
Betr.: Rohnen

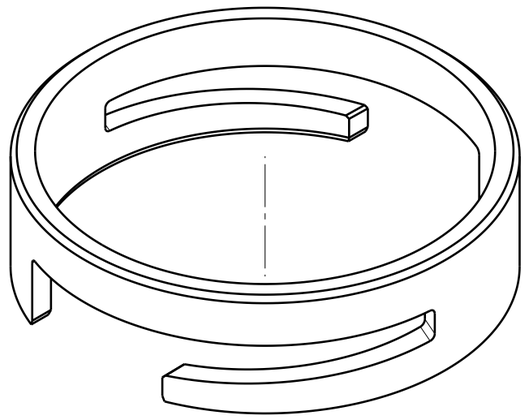
Semester: MBB 7

Anhang 43. 01.102 Buchse









x (y)

x = Rz 16

y = Rz 6,3

-0,1 -0,3 +0,1 +0,3

Im Originalmaßstab 100 mm

Verwendungsbereich	Allgemeintoleranzen	Werkstückkanten	Maßstab 1:1	Menge 1
Brühgruppe komplett	ISO 2768-mK	DIN 6784	Werkst./Halbz. Rohteil: Hohlstange EN 12168 - CuZn39Pb3 - R500 - RND85A x WT6 (a)	

	Datum	Name
Bear.	15.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-

Benennung: **Buchse**

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN FH MÜNCHEN

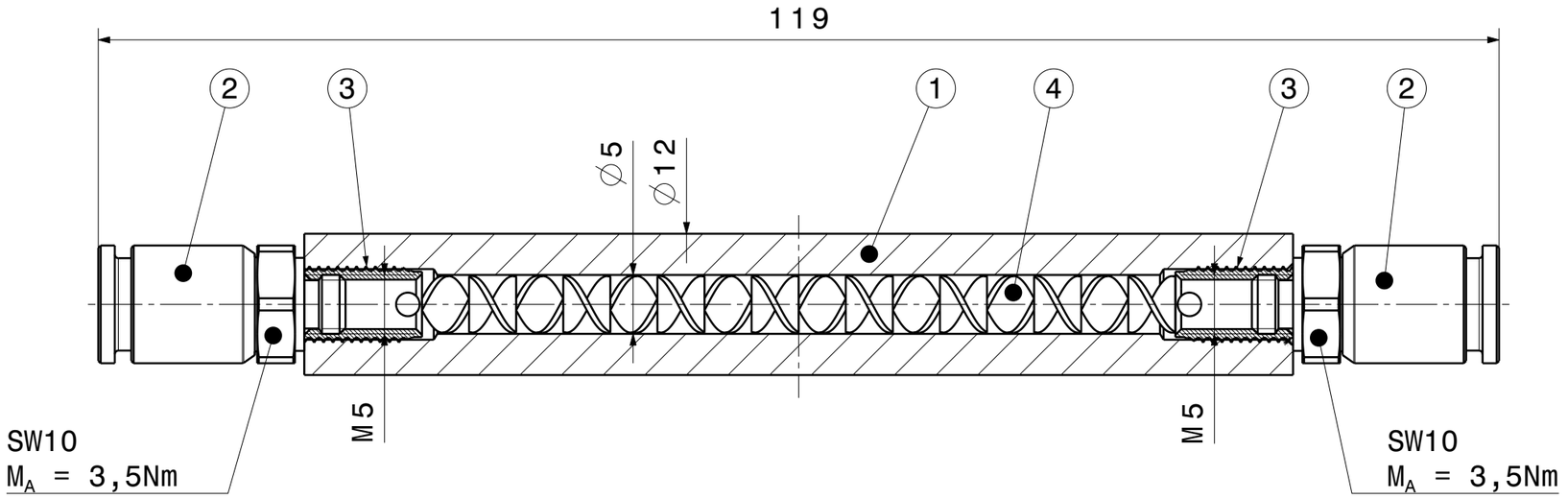
Zeichnungsnummer: 01.102 | Blatt 1 / 1 | DIN A3

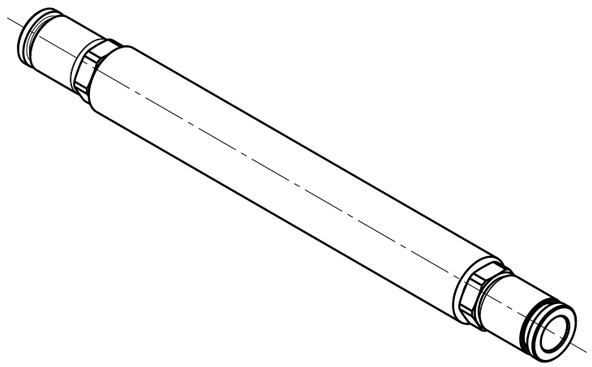
Erstellt mit CATIA V5 | Betr.: Rohnen | Semester: MBB 7

Index	Änderung	Datum	Name
a	Werkstoff, Geometrie	05.12.18	Arendt

Im Originalmaßstab 100 mm

Anhang 44. 01.200 Mischmodul





Montaganweisung:

1. einen Gewindeeinsatz (Pos. 3) in Mixingpartgehäuse (Pos. 1) mit Hilfe einer Schraube (M5x5) bündig einschrauben
2. Statisches Mischelement (Pos. 4) in die Bohrung einführen
3. den zweiten Gewindeeinsatz (Pos. 3) in Mixingpartgehäuse (Pos. 1) bündig einschrauben
4. gerade Einschraub-Verschraubungen (Pos. 2) einschrauben

Hinweis: Für das Einschrauben der Gewindeeinsätze (Pos. 3) sind ca. 10 Nm nötig

Im Originalmaßstab 100 mm

Pos.	Benennung	Stück	Zng. Nr.	Werkstoff	Abmessung	Norm/Material
1	Statisches Mischelement	4	1202	PVDF	d4,8 x 65	PTFE, ESSKA PMS 4,8-16-65W
2	Gewindeeinsatz	3	1201	Edelstahl	M5x10	Kerb Konus 348 000 050 500
2	gerade Einschraub-Verschraubung	2	1007	Edelstahl	M5 x d6	Römer ELSA 830060
1	Mischelementgehäuse	1	01.201	PVDF	d12x85	

Verwendungsbereich: Brühgruppe

Allgemeintoleranzen: ISO 2768-m

Werkstückkanten: DIN 6784

Maßstab 2:1 | Menge 1

Werkst./Halbz. -
Rohteil - Nr. -

	Datum	Name
Bear.	24.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-

Zust.	Änderung	Datum	Name

Erstellt mit CATIA V5

Benennung: Mischmodul

Zeichnungsnummer: 01.200

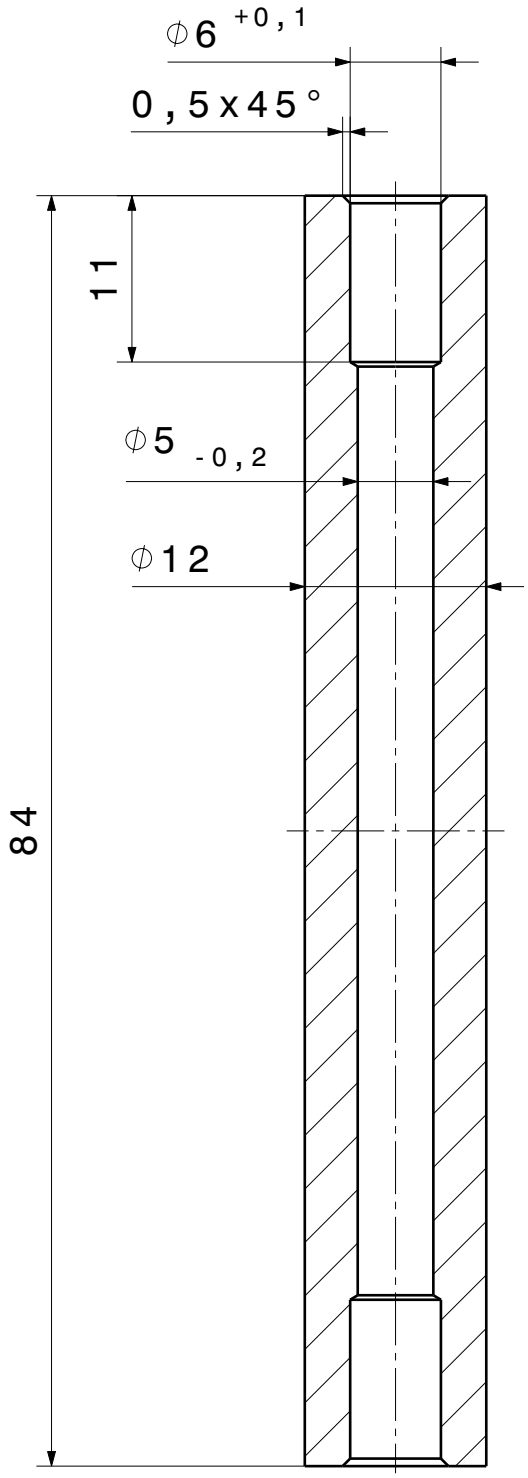
Blatt 1 / 1

DIN A3

Betr.: Rohnen

Semester: MBB 7

Anhang 45. 01.201 Mischelementgehäuse



Rz 16

Verwendungsbereich: Mixingpart komplett	Allgemeintoleranzen: ISO 2768-m	Werkstückkanten: DIN 6784	Maßstab 2:1 / Menge 1
			Werkst. PVDF Halbz. Rundstab EN15860 - d15×85 - natur

	Datum	Name
Bear.	24.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-

Benennung: **Mischelementgehäuse**

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN FH MÜNCHEN

Erstellt mit CATIA V5

Zeichnungsnummer: 01.201

Blatt 1 / 1

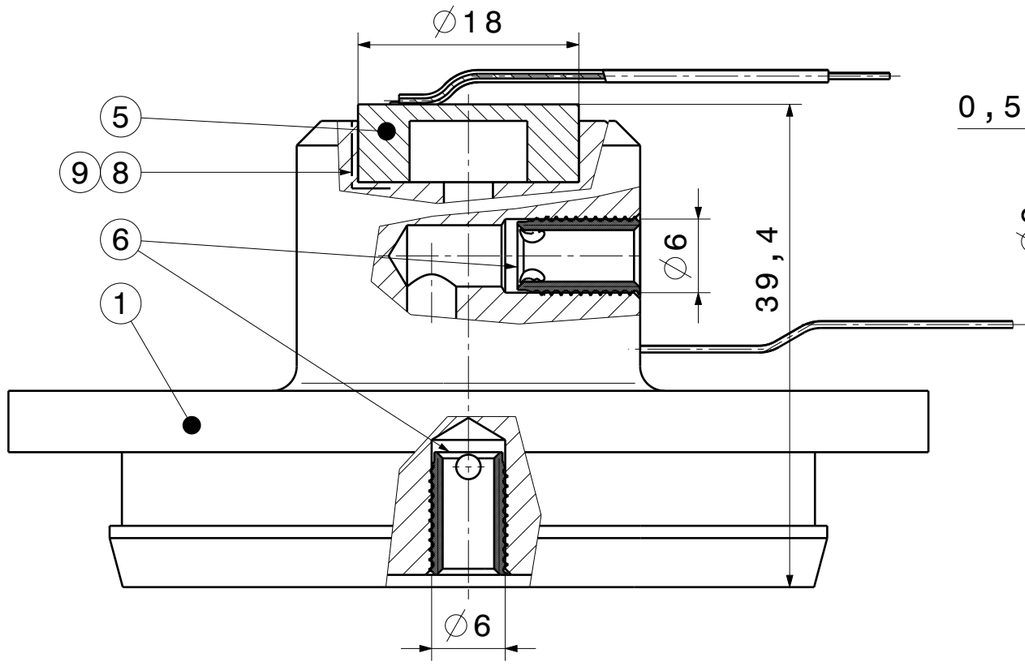
DIN A4

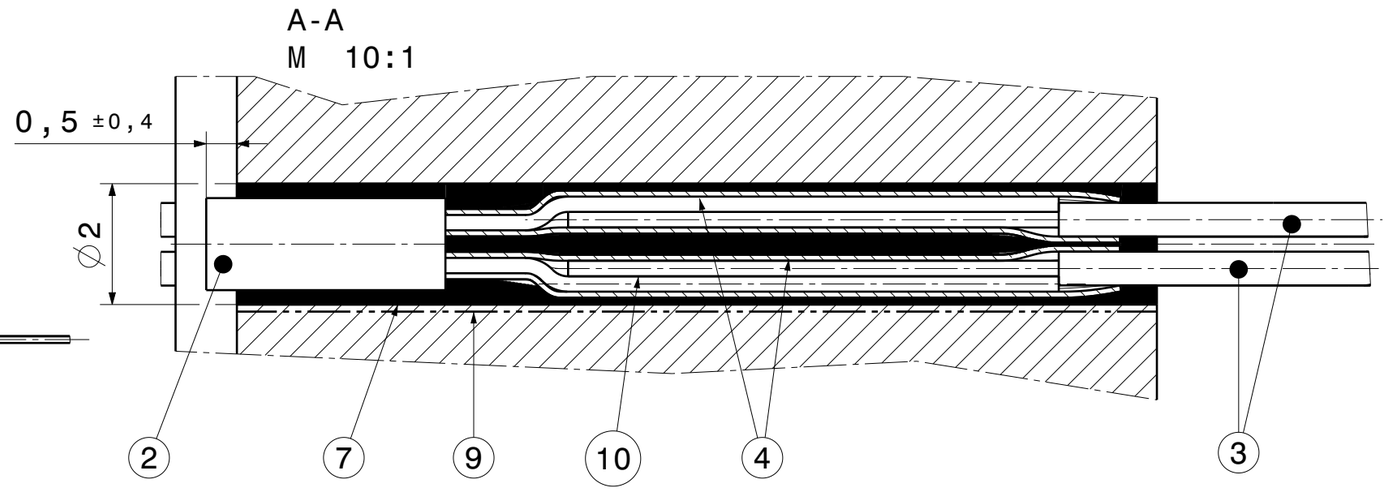
Zust.	Änderung	Datum	Name

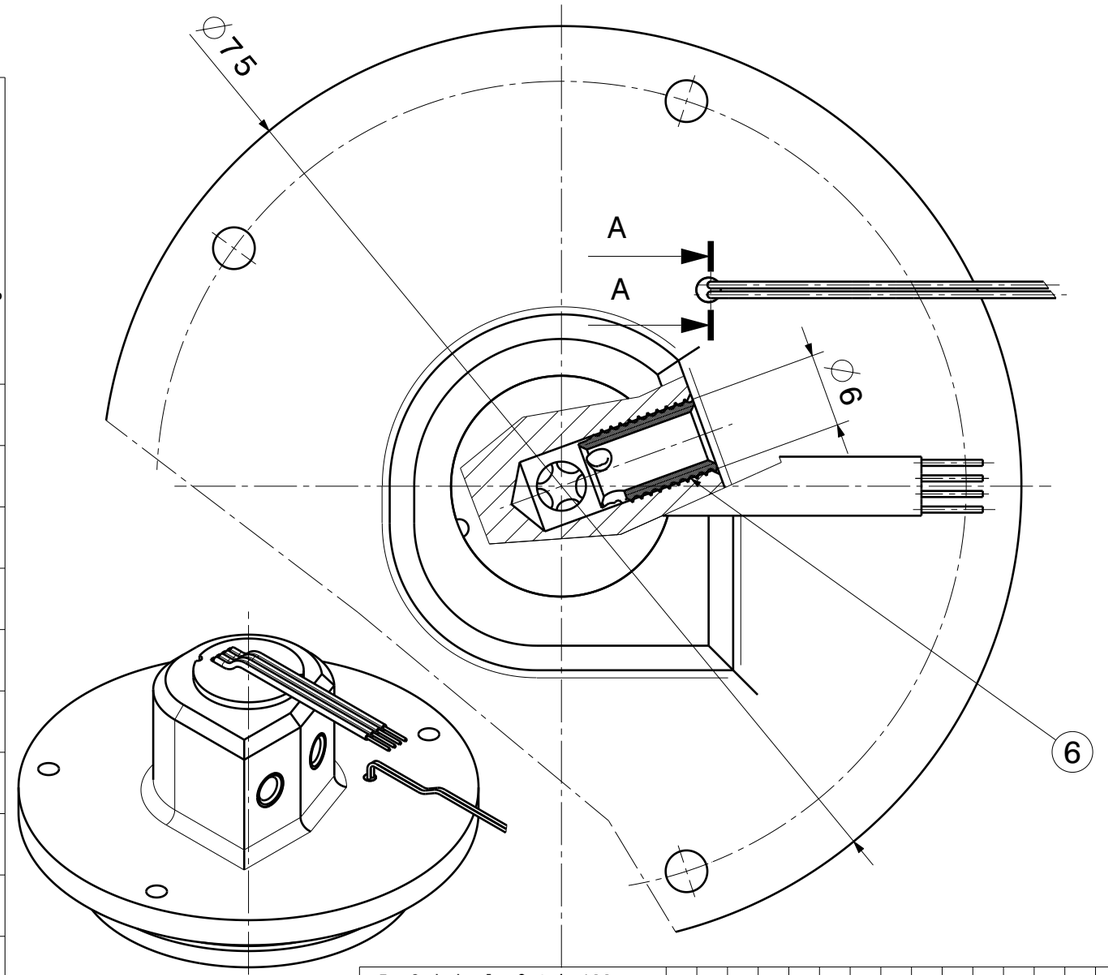
Betr.: Rohnen

Semester: MBB 7

Anhang 46. 01.300 Dusche komplett







Montageanweisung

1. Temperatursensor (Pos. 2) mit den Kabeln (Pos. 3) verlöten (mit Weichlot (Pos. 10))
2. Lötstelle mit Schrumpfschläuchen (Pos. 4) versiegeln (auf ca. 340°C +/- 10°C erhitzen)
3. Schrumpfschläuche und Kabel mit Primer (Pos. 9) benetzen
4. Dusche (Pos. 1) mit Primer (Pos. 9) an den mit —--——--— gekennzeichneten Flächen benetzen
5. Schrumpfschläuche und Dusche ca. 5 Minuten ruhen lassen, bis die Oberflächen abgelüftet sind
6. Gewindeeinsätze (Pos. 6) mit Hilfe einer M5x5 Schraube in die d6 Bohrungen einschrauben
7. Cyanacrylatkleber (Pos. 8) in Bohrung d18 auf der mit —--——--— gekennzeichneten Fläche auftragen
8. Drucksensor (Pos. 2) in die Bohrung Ø18 einsetzen (Kleber ist in ca. 5 Sekunden handfest!)
9. Temperatursensor in Bohrung Ø2 einführen
10. Dusche mit dem Temperatursensor nach oben einspannen
11. Von der Seite des Sensors aus den Hohlraum in der Bohrung Ø2 mit Epoxidharzkleber (Pos. 7) auffüllen. Dabei darauf achten, dass der Temperatursensor oben ca. 0,5 mm rausssteht
12. bei Raumtemperatur min. 24h aushärten lassen

Stück	Benennung	Pos.	Zng. Nr.	Werkstoff	Abmessung	Norm/Material
1	Weichlot	10	1309	S-Sn96Ag4	d0,75	DIN EN 29453
1	Primer	9	1308			LOCTITE® SF 770™
1	Cyanacrylatkleber	8	1307			LOCTITE® 454™
1	Epoxidharzkleber	7	1306		0,1 ml	LOCTITE® EA 9480™
3	Gewindeeinsatz zum einschrauben	6	1305	Edelstahl	M5x10	Kerb Konus 348 000 050 500
1	Drucksensor	5	1304	Keramik	d18x6,35	B+B 0391 001-08
2	Schrumpfschlauch	4	1303	PTFE 200	12mm	AWG34
2	Kabel	3	1302	Cu, ETFE	120mm	AWG30
1	Temperatursensor	2	1301	PT100	3,9x1,5x1	216025 thermodirekt.de
1	Dusche	1	01.301	PVDF	d75x38	

Verwendungsbereich	Allgemeintoleranzen	Werkstückkanten	Maßstab	2:1	Menge	1
Baugruppe	ISO 2768-m	DIN 6784	Werkst./Halbz. - Rohteil - Nr. -			

Zust.	Änderung	Datum	Name		Datum	Name
				Bear.	24.11.18	Arendt
				Gepr.	-	-
				Norm	-	-

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Erstellt mit CATIA V5

Benennung

Dusche komplett

Zeichnungsnummer **01.300**

Blatt 1 / 1

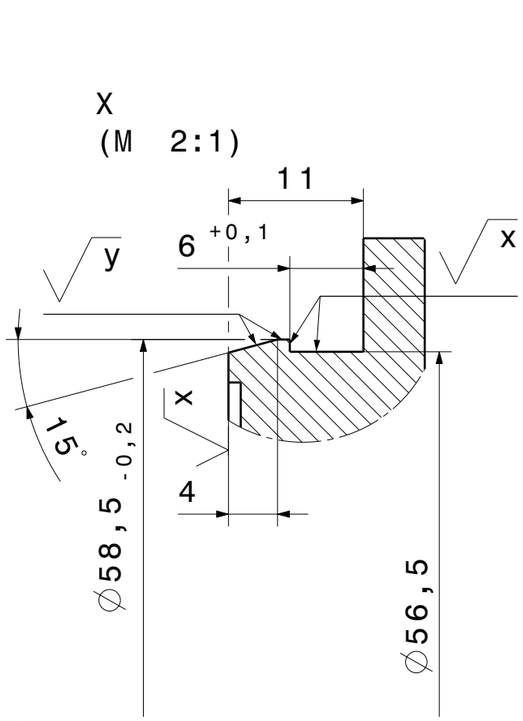
DIN A3

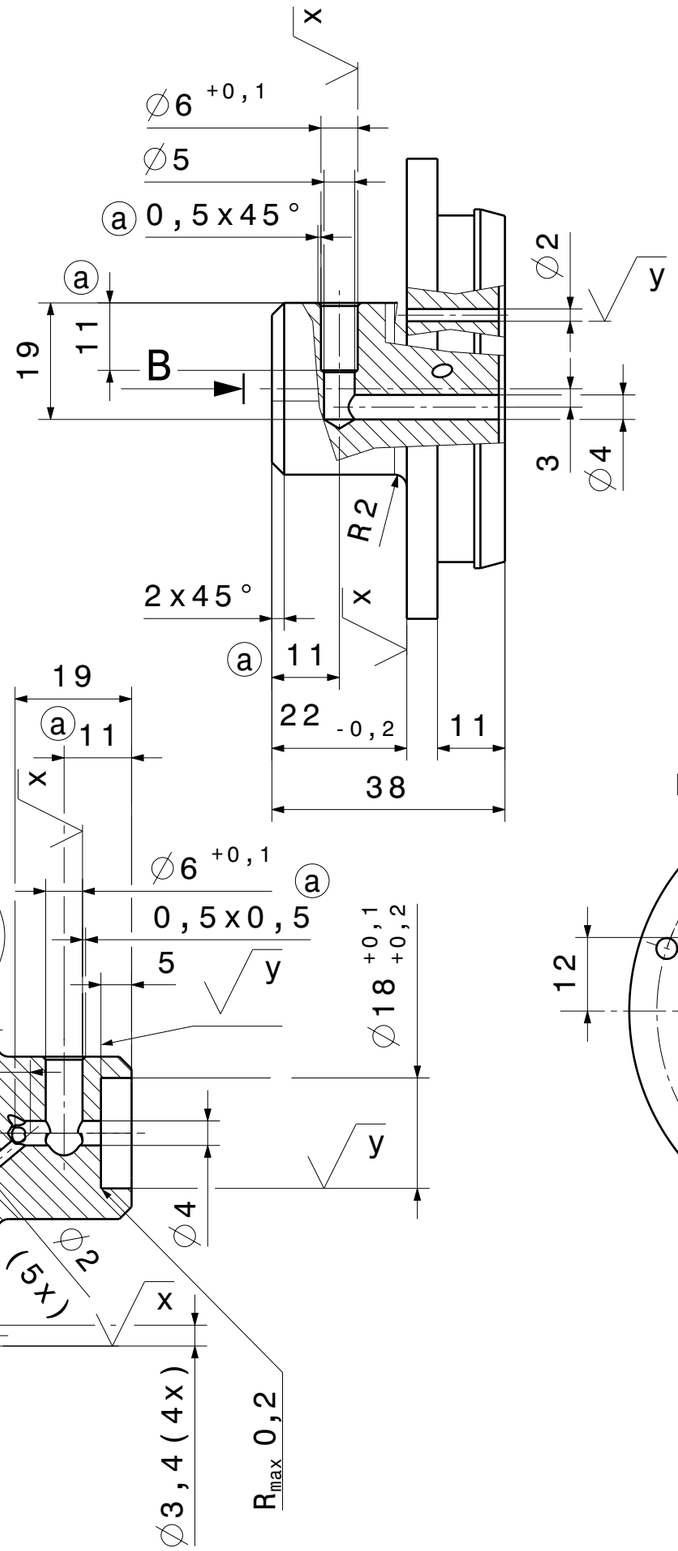
Betr.: Rohnen

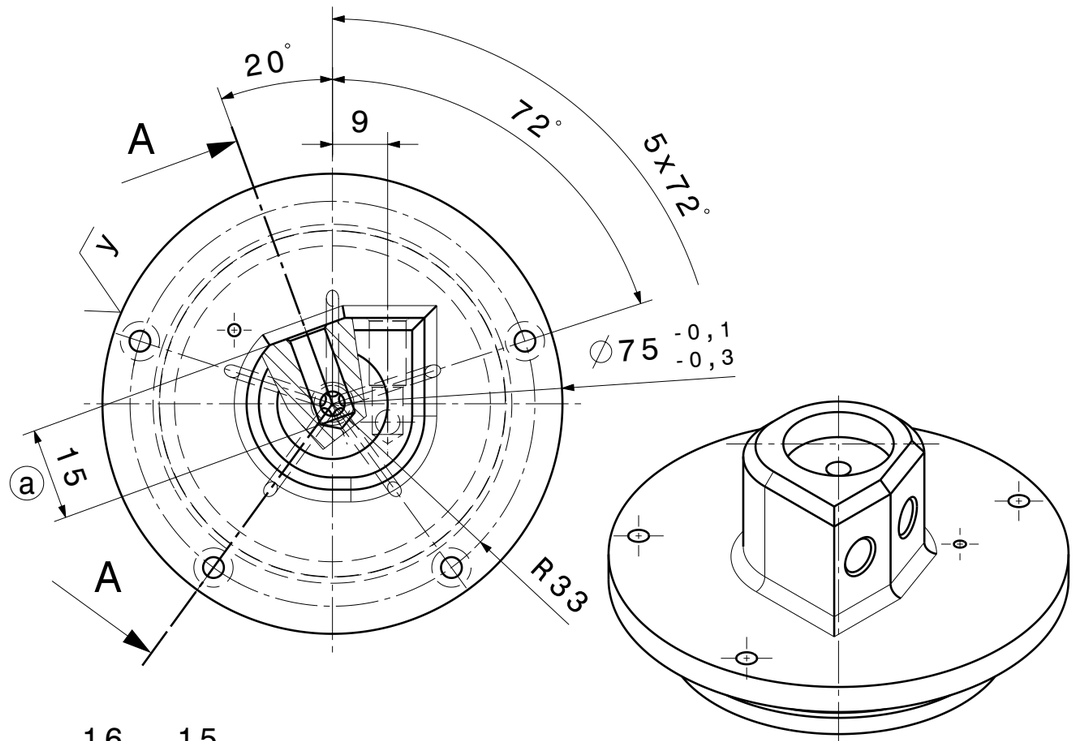
Semester: MBB 7

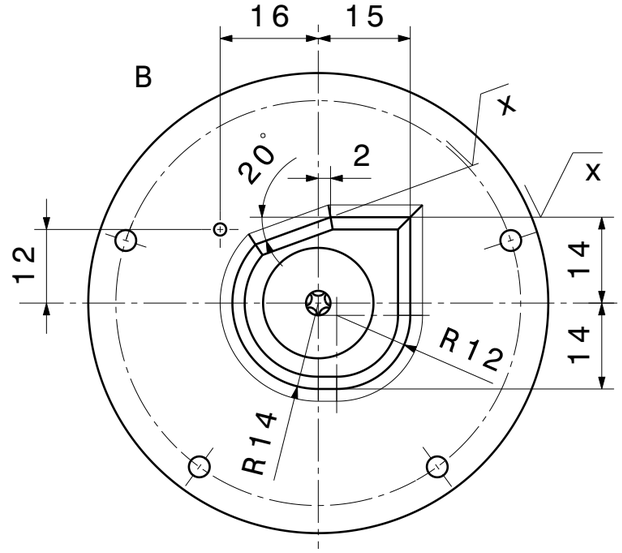
Im Originalmaßstab 100 mm

Anhang 47. 01.301 Dusche









W ( )

W = Rz 25

x = Rz 16

y = Rz 6,3

-0,1 -0,3

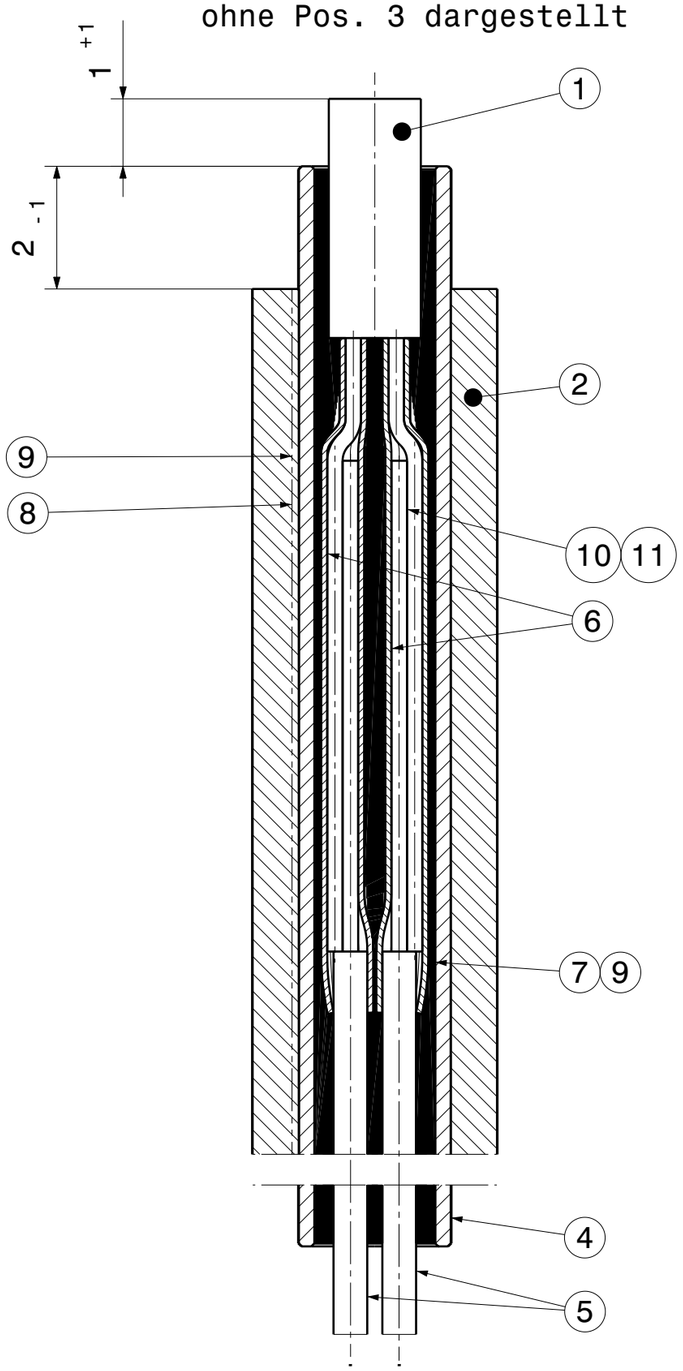
+0,1 +0,3

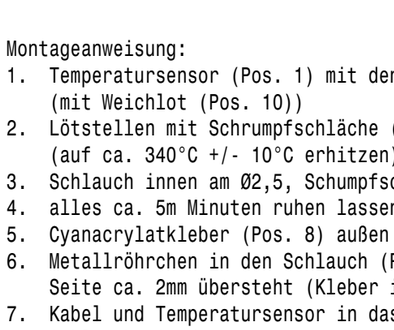
Verwendungsbereich: Dusche komplett				Allgemeintoleranzen: ISO 2768-mK		Werkstückkanten: DIN 6784	Maßstab 1:1 / Menge 1
							Werkst./Halbz. PVDF Rohteil Rundstab EN15860 - d80×40 - natur
					Datum	Name	Benennung: Dusche
				Bear.	03.11.18	Arendt	
				Gepr.	-	-	
				Norm	-	-	
				-		-	
a	Geometrie	20.12.18	Arendt	HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN · FH MÜNCHEN			Zeichnungsnummer: 01.301 / Blatt 1 / 1 / DIN A3
Zust.	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5			Betr.: Rohnen / Semester: MBB 7

Im Originalmaßstab 100 mm

Anhang 48. 01.400 Temperatursensormodul

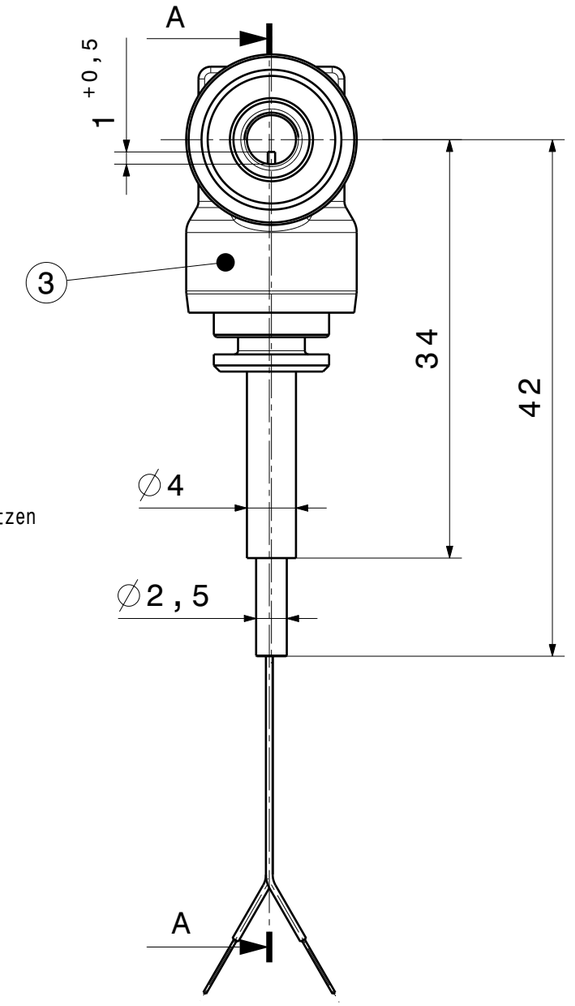
A-A
M 10:1
ohne Pos. 3 dargestellt





Montageanweisung:

1. Temperatursensor (Pos. 1) mit den Kabeln (Pos. 5) verlöten (mit Weichlot (Pos. 10))
2. Lötstellen mit Schrumpfschläche (Pos. 6) versiegeln (auf ca. 340°C +/- 10°C erhitzen)
3. Schlauch innen am Ø2,5, Schumpfschläuche und Kabel außen mit Primer (Pos. 9) benetzen
4. alles ca. 5m Minuten ruhen lassen, bis die Oberflächen abgelüftet sind
5. Cyanacrylatkleber (Pos. 8) außen auf das Metallröhrchen (Pos. 4) auftragen
6. Metallröhrchen in den Schlauch (Pos. 2) einführen bis es auf einer Seite ca. 2mm übersteht (Kleber ist in ca. 10 Sekunden handfest!)
7. Kabel und Temperatursensor in das Metallröhrchen einführen
8. Schlauch mit dem Temperatursensor nach oben einspannen
9. Von der Seite des Sensors aus den Hohlraum im Metallröhrchen mit Epoxidharzkleber (Pos. 7) auffüllen, dabei darauf achten, dass der Temperatursensor oben ca. 1 - 2 mm rausssteht
9. bei Raumtemperatur min. 7 Tage aushärten lassen
10. Montage in die T-Stckverbundung (Pos. 3). Der Sensor soll ca. 1 mm in die Durchgangsbohrung ragen und mit der dünneren Seite in Stromrichtung liegen



Stück	Benennung	Pos.	Zng. Nr.	Werkstoff	Abmessung	Norm/Type
1	Temperatursensor	1	1301	PT100	3,9x1,5x1	216025 thermodirekt.de
1	Schlauch Ø4	2	1401	PTFE	d4xd2,5x30	
1	T Steck Verbindung	3	1402		d6 d6 d4	Römer ELSA 367094
1	Metallröhrchen	4	1403	V2A	d2,5x0,25x40	
2	Kabel	5	1302	Cu, PPE	50mm	AWG30, Isolation: ETFE
2	Schrumpfschlauch	6	1303	PTFE 200	12mm	AWG34, PTFE 200
1	Primer	9	1308			LOCTITE® SF 770™
1	Cyanacrylatkleber	8	1307			LOCTITE® 454™
1	Epoxidharzkleber	7	1306			LOCTITE® EA 9480™
1	Weichlot	10	1309	S-Sn97Ag3	d0,75	DIN EN 29453

Verwendungsbereich: Brühgruppe

Allgemeintoleranzen: ISO 2768-m

Werkstückkanten: DIN 6784

Maßstab 2:1 | Menge 1

Werkst./Halbz. -
Rohteil - Nr. -

	Datum	Name
Bear.	25.11.18	Arendt
Gepr.	-	-
Norm	-	-

Benennung: Temperatursensormodul

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Zeichnungsnummer: 01.400

Blatt 1 / 1

DIN A3

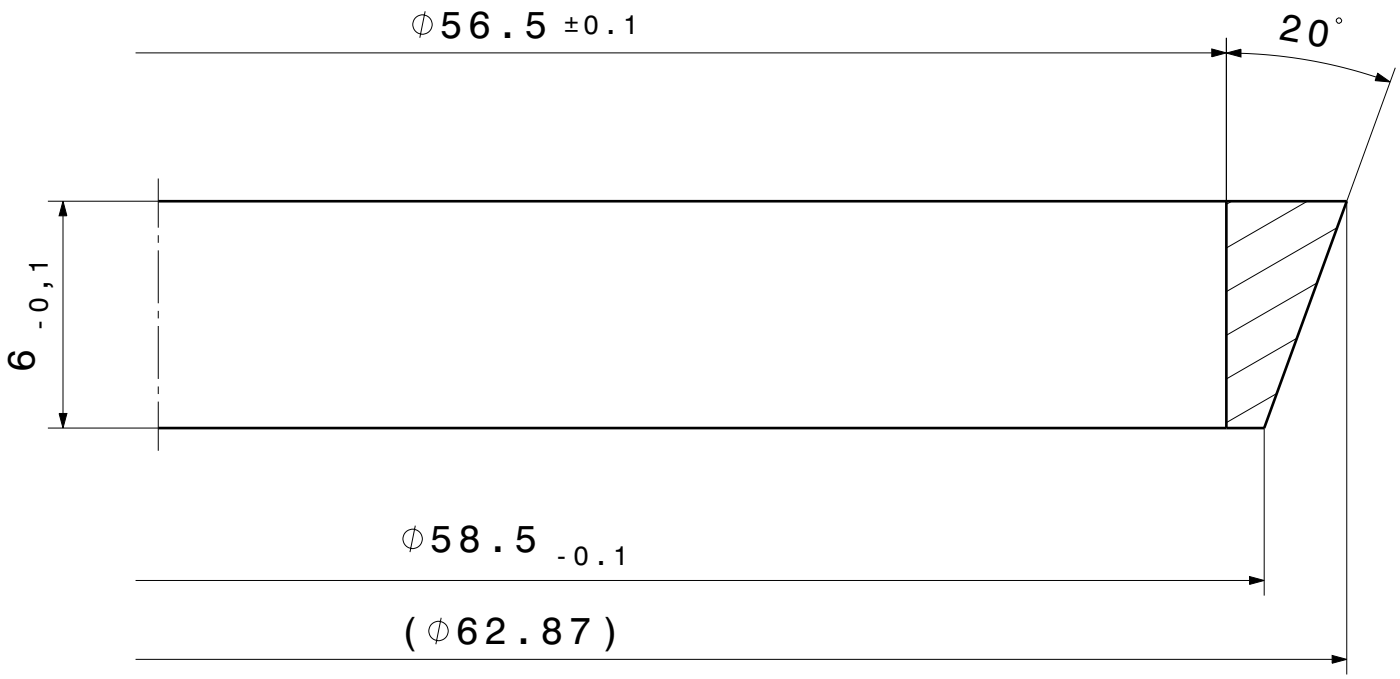
Zust. | Änderung | Datum | Name

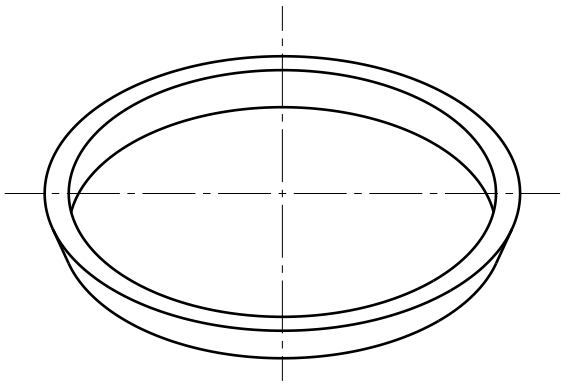
Erstellt mit CATIA V5

Betr.: Rohnen | Semester: MBB 7

Im Originalmaßstab 100 mm

Anhang 49. 01.001 Dichtung





Rz 6,3

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

Anhang 50. Erklärung gemäß § 35 Abs. 7 RaPO

Hochschule München
Postfach 20 01 13 . 80001 München

HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN
MÜNCHEN

Wichtige Hinweise zur Diplom-Bachelor-/Masterarbeit

Datum
Ihre Zeichen/Nachricht
Unsere Zeichen

Fakultät 03
Maschinenbau
Fahrzeugtechnik
Flugzeugtechnik

Telefon 089 1265-3309
Telefax 089 1265-3308

RaPO und APO

Bitte lesen Sie sich die Bestimmungen zur Diplom-/Masterarbeit in der Rahmenprüfungsordnung für bayerische Fachhochschulen (RaPO) und der Allgemeinen Prüfungsordnung der Hochschule München (APO) sorgfältig durch.
Diese finden Sie über die Fakultätsseiten unter Mein Studium → Abschlussarbeit.

Erklärung zur Abschlussarbeit

Bitte nehmen Sie nachstehende Erklärung in Ihre Abschlussarbeit mit auf:

Hiermit wird erklärt, dass die Arbeit mit obigem Thema selbständig verfasst und noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt wurde. Weiterhin sind keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel verwendet und wörtliche sowie sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet worden.

München, den 21.12.2018

Marc Arendt

Unterschrift

Hochschule München
Lothstraße 34
80335 München
www.hm.edu

Straßenbahn-Linien 20, 21
Haltestelle Lothstraße
U-Bahn-Linie 1, Haltestelle
Maillingerstraße

Anhang 51. Teilnahmebescheinigung Bachelorseminar Teil 1

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN MÜNCHEN

Teilnahmebescheinigung

Bachelorseminar Teil 1

SS 18

Name: Arendt

Vorname: Marc

Matrikelnummer: 8622115

Studiengang, Studiengruppe: MBB

Unterschrift: Marc Arendt

Durch den Stempel wird die Teilnahme am Bachelorseminar Teil 1 bestätigt (m.E.a.).

HOCHSCHULE MÜNCHEN
Fakultät für Maschinenbau
Fahrzeugtechnik
Flugzeugtechnik
Dachauer Str. 98 b • 80335 München

Prof. Dr. Tobias Hornfeck

München, 23.05.2018