

Projektarbeit

Konstruktion der Brühgruppen und zugehöriger Siebträger für den 3D-Druck

Geschmacksache Kaffee – Entwicklung Espressomaschine

WiSe 2020/21
09.02.2021

Betreuender Dozent: Dipl.-Ing. Armin Rohnen

Gruppenmitglied	Matrikelnr.	Studiengr.	E-Mail
Tolga Acar	56444716	MBB6	t.acar@hm.edu
Antonia Huber	20969817	MBB6	antonia.huber@hm.edu
Karim Ragab	13949818	MBB5	ragab@hm.edu
Kerstin Seitz	15317518	LRB5	kseitz@hm.edu

1 Abstract

Auf Basis der vorhergehenden Abschluss- und Projektarbeiten [1][2] wurden mit Hilfe der vorhandenen CAD-Modellen für ein innovatives Espressomaschinenkonzept zwei verschiedene kalte Brühgruppen als 3D-Druck-Bauteile, sowie die zugehörigen Siebträger konstruiert. Für die Konstruktion wurde „Catia V5“ Version 6R2020 der Firma Dassault Systèmes gewählt. In der finalen Konstruktion sind die Belange aus dem optischen Anspruch (Wabenstruktur), der Ergonomie, sowie der Betriebsfestigkeitsversuche berücksichtigt worden. In die Brühgruppen ist ein Display sowie die Bedientasten (Folientaster) integriert worden.

On basis of the previous final and project work [1][2] and on basis of the existing CAD models two cold brewing groups as well as a portafilter were constructed for an innovative espresso machine. For the design „Catia V5“ from dassault Systèmes was chosen. In the final design, the concerns of the optical requirements (honeycomb structure), ergonomics and the fatigue tests were taken into account. A display with buttons was also integrated into the brewing groups.

2 Abkürzungsverzeichnis

FEM	Finite-Elemente-Methode
FDM	3D-Druckverfahren: fused deposition modeling / Schmelzschichtung
HP	Hewlett-Packard
MJF	3D-Druckverfahren: Multi Jet Fusion
PA	Polyamid
PA12	Polyamid, Nylon 12
PLA	Polylactide / Polymilchsäure
PMMA	Polymethylmethacrylat
SLS	3D-Druckverfahren: Selektives Lasersintern
STL	Dateiformat: dreidimensionales Drahtmodell bestehend aus Dreiecken

3 Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	2
2	Abkürzungsverzeichnis	3
3	Inhaltsverzeichnis	4
4	Brühgruppen (Karim Ragab)	5
4.1	Aufbau der Brühgruppen (Antonia Huber, Kerstin Seitz)	5
4.2	Brühgruppe (Karim Ragab)	5
4.3	Abdeckungen (Karim Ragab, Kerstin Seitz)	7
4.3.1	Flache Abdeckung (Karim Ragab, Kerstin Seitz)	7
4.3.2	Steile Abdeckung (Antonia Huber, Kerstin Seitz)	8
4.3.3	Konstruktion für die Displayintegration (Antonia Huber)	10
4.3.4	Schutzscheibe (Kerstin Seitz)	11
4.4	Montageinformationen (Antonia Huber, Kerstin Seitz)	12
5	Siebträger (Tolga Acar)	13
5.1	Designauswahl	13
5.2	Konstruktion	16
5.3	Prototyp	17
6	FEM Berechnung (Tolga Acar)	19
7	Ausblick	20
7.1	Brühgruppe (Karim Ragab)	20
7.2	Abdeckungen (Antonia Huber)	20
7.3	Display (Kerstin Seitz)	21
7.4	Siebträger (Tolga Acar)	21
8	Abbildungsverzeichnis	22
9	Literaturverzeichnis	23

4 Brühgruppen (Karim Ragab)

Die Espressomaschinen-Brühgruppe wurde zweiteilig ausgeführt und besteht aus einem unteren Teil, der Brühgruppe und einem oberen Teil, der Abdeckung. Eine einteilige Ausführung ist aufgrund der Montage des Displays nicht möglich. Für die Abdeckung sind eine flache und eine steile Variante konstruiert worden. Zur Herstellung mit dem 3D-Druckverfahren sind MJF und SLS als mögliche Varianten identifiziert worden. Die beiden Varianten wurden verglichen [3]. Sculpteo wurde als Hersteller ausgewählt, da hier ein Lebensmittelzertifikat [4] vorhanden ist.

4.1 Aufbau der Brühgruppen (Antonia Huber, Kerstin Seitz)

Zunächst war angedacht die Brühgruppe einteilig zu konstruieren und zu drucken. Vorteile hierfür sind eine höhere Stabilität, organisatorischer Minimalaufwand, da es nur einen Auftrag geben würde, und das Wegfallen aufwendiger Montageschritte. Toleranzen zwischen Bauteilen müssen während der Konstruktion nicht berücksichtigt werden.

Aufgrund der Displayintegration und hohen Kosten des lebensmittelzertifizierten Materials kam der Entschluss zum zweiteiligen Konstruieren. Vorteile für eine zweiteilige Konstruktion sind vor allem eine einfachere Montage des Displays und auch einfaches Reinigen und Warten der Maschine durch leichtes Auseinanderbauen und eine breitere Auswahl an Materialien für das Designteil, die Abdeckung. Auch kann so die Displayelektronik vor Spritzwasser geschützt werden, was bei einer einteiligen Brühgruppe kritisch werden könnte.

Hierbei entstand eine Brühgruppeneinheit als Gleichteil, anlehnend an die vorangegangene Projektarbeit, mit zwei verschiedenen Abdeckungen, die vorrangig der Displaybefestigung und des Designs dienen.

4.2 Brühgruppe (Karim Ragab)

Als Material für die Brühgruppe wurde PA12 ausgewählt [5]. Die Brühgruppe wird mit dem SLS Verfahren hergestellt. Das SLS Verfahren wurde ausgewählt, da es ein Lebensmittelzertifikat gibt [4], welches durch den Kontakt der Brühgruppe mit dem Brühwasser notwendig ist. Die Brühgruppe wurde so konstruiert, dass sie sowohl für die flache als auch für die steile Abdeckung geeignet ist [Abbildung 1]. Somit kann sie in beiden Ausführungen verwendet werden.

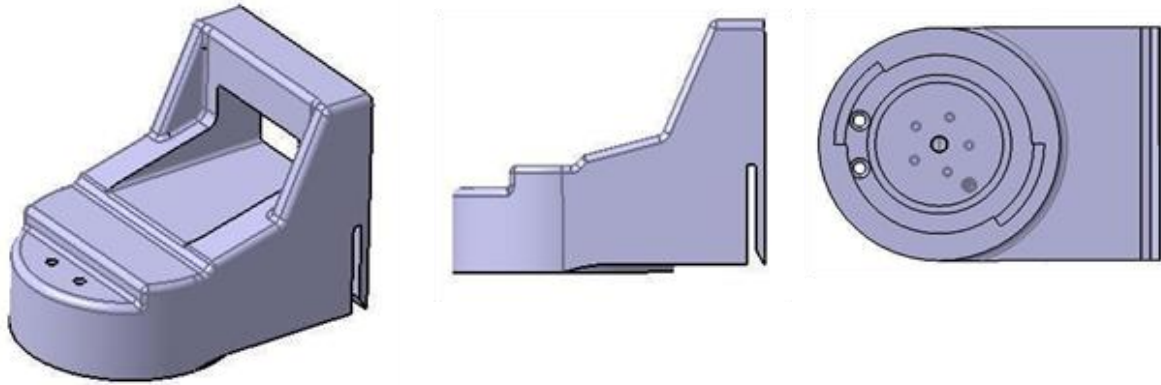


Abbildung 1: Gesamtansicht - Seitenansicht – Unteransicht

Die Brühgruppe wird an zwei Verschraubungspunkten mit dem Gehäuse verschraubt und sitzt zusätzlich auf einem 4 mm Trägerblech auf. Die Nut auf der rechten Seite erfüllt die Funktion des Aufsitzens auf dem Trägerblech. In der Unteransicht sind neben 5 Bohrungen für die Verteilung des Brühwassers, rechts unten die Rückführleitung, mittig die Bohrung zur Anbringung des Siebes und links zwei Bohrungen zur Befestigung der Abdeckung zu erkennen [Abbildung 1].

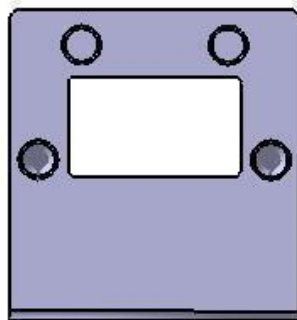


Abbildung 2: Rückansicht

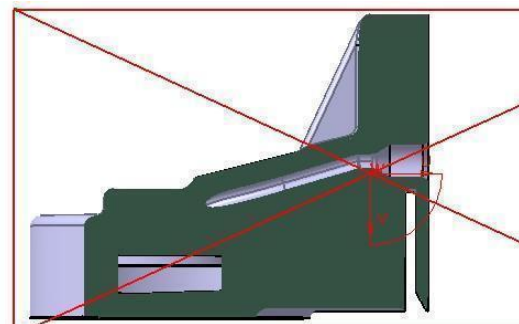


Abbildung 3: Schnittansicht Zuleitung

In die Bohrungen auf der Rückseite werden Gewindeeinsätze eingesetzt [Abbildung 2]. Die oberen Bohrungen mit den Gewindeeinsätzen [6] dienen der Aufnahme einer Gewindestange. Die unteren Bohrungen mit den Gewindeeinsätzen [7] dienen als Aufnahme für die Schlauchanschlüsse, hierfür wurden AVS Römeranschlüsse 951 P3-6FF-1/8 ausgewählt [8]. Die rechte untere Bohrung führt in die Leitung der Wasserrückfuhr. Die linke untere Bohrung führt in die Leitung zur Brühwasserzufuhr, diese ist in Abbildung 3 besser zu erkennen. Beide Leitungen haben einen Durchmesser von 5 mm und besitzen ein Gefälle, sodass das Wasser bei Stillstand der Maschine herausfließt und nicht in den Leitungen verbleibt.

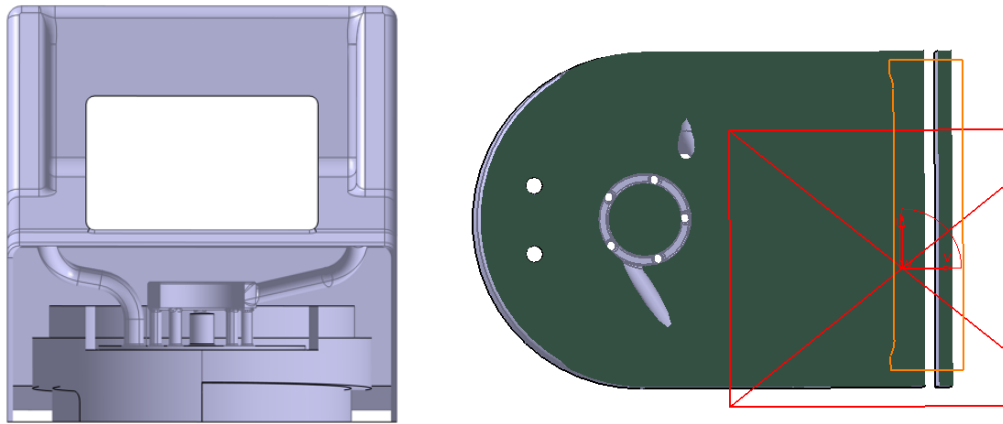


Abbildung 4: Kammer zum Verteilen des Brühwassers

Die Zuleitung endet in einer runden Kammer. Der Eintrittswinkel ist so gewählt, dass sich das Brühwasser optimal in der Kammer verteilt und durch 5 Bohrungen mit dem Durchmesser 3 mm nach unten austreten kann [Abbildung 4].

Im Anschluss wird das Brühwasser durch ein Sieb noch besser verteilt.

4.3 Abdeckungen (Karim Ragab, Kerstin Seitz)

In die beiden Brühgruppen, die flache Brühgruppe und die Brühgruppe im E61 Style, soll jeweils ein Display als Anzeigeinstrument der Espresso-Maschine integriert werden. Die Abdeckung dient der Displayaufnahme und bietet der Brühgruppe ein schönes Design. Die Abdeckung kommt nicht in Kontakt mit Lebensmitteln, deshalb benötigt das Material keine Lebensmittelzertifizierung und kann mit dem günstigeren MJF Verfahren hergestellt werden. Zum Schutz des Displays vor Wasser und anderen Umwelteinflüssen, wird über das Display eine dünne Scheibe aus PMMA verbaut. Auf der Abdeckung um das Display herum sind Folientaster -zwei Einzeltaster, ein Zweifachtaster und ein Dreifachtaster- für die einfache Einstellung verschiedener Parameter, wie z.B. Wassertemperatur oder Preinfusion, verteilt. Es wurden zwei verschiedene Abdeckungen konstruiert.

4.3.1 Flache Abdeckung (Karim Ragab, Kerstin Seitz)

Um die flache Brühgruppe flach zu halten, wird das Display an eine einfache Schräge angebracht. Der Winkel dieser Schräge wird durch die Verschraubungspunkte am hinteren Ende der Brühgruppe bestimmt, da diese mit der Schräge abgedeckt werden und beträgt 22 Grad. Die Folientaster sind ebenfalls flach neben dem Display angebracht.

Die Wandstärke der flachen Abdeckung beträgt 3 mm und an der Stelle des Displays 5 mm. Zwischen der Brühgruppe und der Abdeckung liegt ein Spaltmaß von 0,5 mm vor. Die Abdeckung liegt lediglich an der vorderen Seite auf der Brühgruppe auf und wird mit Senkkopfschrauben von unten verschraubt. In die Bohrungen der Abdeckung müssen hierfür

zuvor Gewindeeinsätze eingesetzt werden [9]. Am hinteren Ende befindet sich zusätzlich eine Nut zum Einhängen auf das Trägerblech.

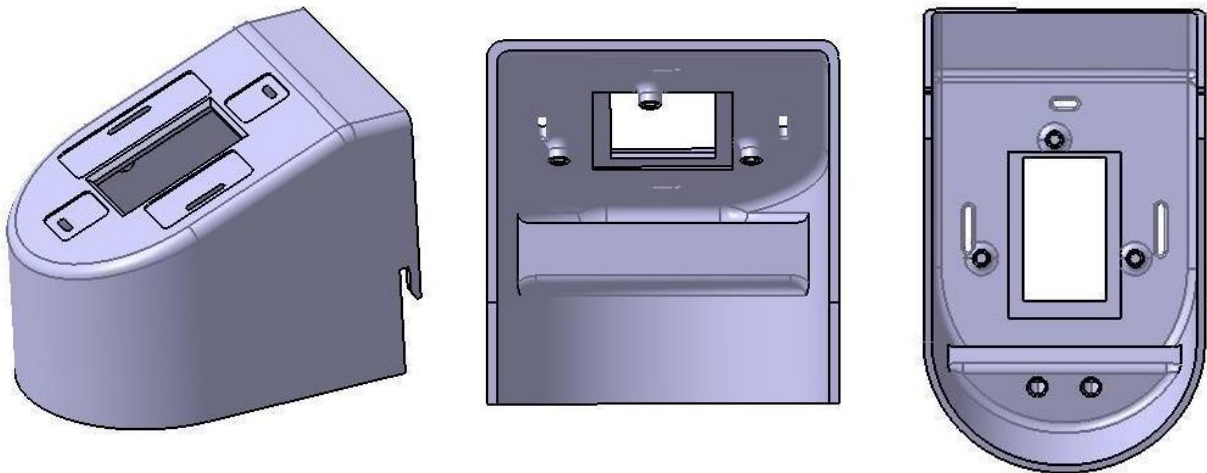


Abbildung 5: Gesamtansicht - Rückansicht - Unteransicht

4.3.2 Steile Abdeckung (Antonia Huber, Kerstin Seitz)

Auf Basis der vorangegangenen Abschluss- und Projektarbeiten wird die Konstruktion der kalten Brühgruppe im E61-Style fertiggestellt und für den 3D-Druck konstruiert. Diese Brühgruppe soll der Optik der FAEMA E61 entsprechen [Abbildung 6]. Als 3D-Druckverfahren ist MJF vorgesehen.

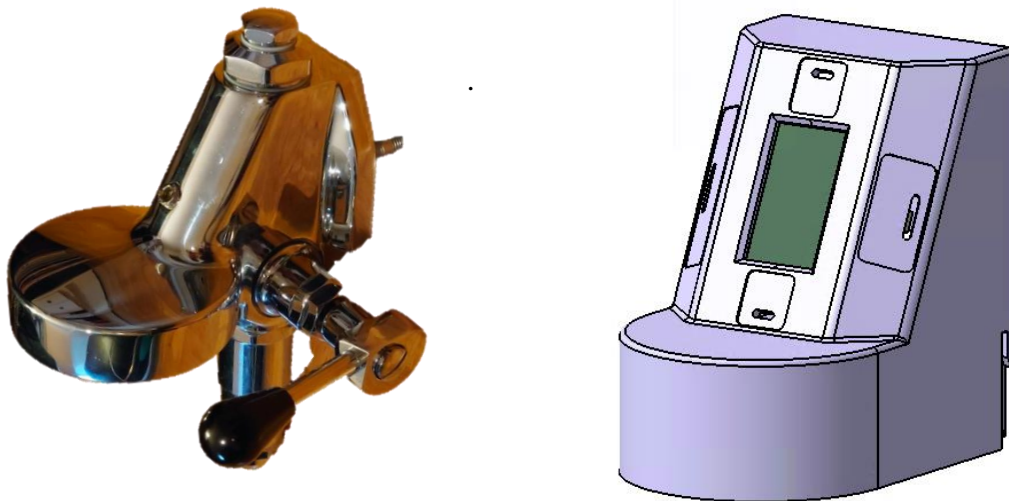


Abbildung 6: Gegebenes Modell Brühgruppe FAEMA E61 und steile Abdeckung

Im Laufe des Projektes wurde aus der E61 Style Brühgruppe aufgrund der platzeinnehmenden Platine des Displays eher eine Brühgruppe mit steiler Abdeckung [Abbildung 6]. Hierbei ist das Display im 65 Grad Winkel aufgestellt und ermöglicht eine leichte Bedienung. Das Design lässt die Brühgruppe schlanker wirken, denn das Display ist hierbei in der Mitte angebracht, während auf abgewinkelten Flächen, mit 40 Grad, rechts

und links die Folientaster Platz finden. Durch die Kanten wird das gewünschte Design der Wabenstruktur vom Siebträger wieder etwas unterstützt, und gleichzeitig wird durch die Verrundung der scharfen Kanten besonderes Augenmerk auf die runde Vorderseite der Brühgruppe gelegt [Abbildung 7]. Im Vergleich zur E61 ist die Einheit oben und unten flach abgeschnitten und ist bündig zur Brühgruppe.

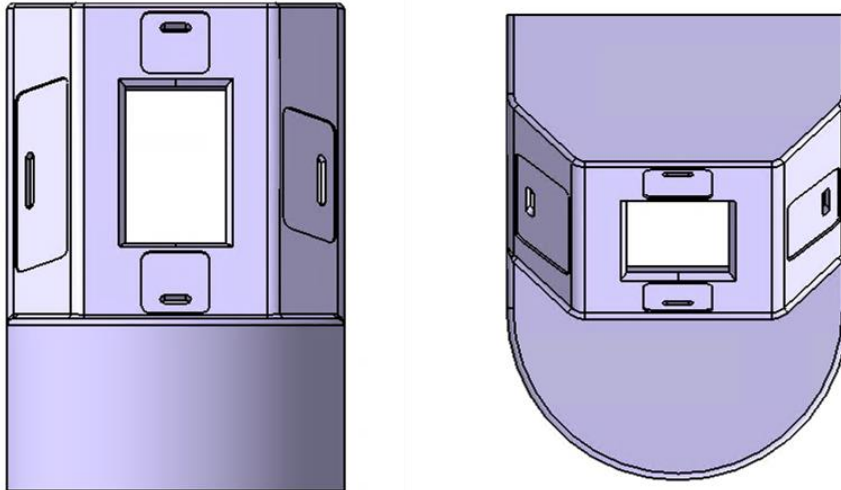


Abbildung 7: Vorderansicht - Draufsicht

Konstruktion für die Montage

Die Verbindungsstellen zur Brühgruppe sind gleich der flachen Abdeckung. In der Rundung vorne dient ein Absatz mit zwei 6 x 12 mm tiefen Bohrungen für Gewindeeinsätze (M4 x 10) von Kerbkonus für den Zusammenbau [Abbildung 8 - Schnittansicht]. Hierbei wird von unten die Abdeckung an die Brühgruppe geschraubt. Auf dem Absatz liegt die Abdeckung bündig auf und dient neben den „Einhängungsnuten“ zum Trägerblech als einzige Fixierung gegen Torsion und zur Befestigung. Die Einhängungsnuten sind aufgrund der 3 mm Dicke 14 mm lang und nicht bündig mit den Nuten der Brühgruppe, um ein Abbrechen zu verhindern [Abbildung 8 - Seitenansicht].

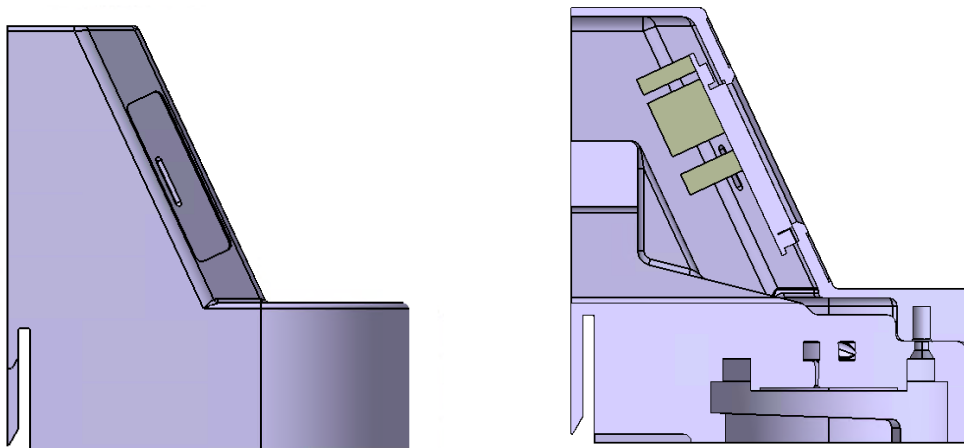


Abbildung 8: Seitenansicht E61 Zusammenbau und Schnittansicht der Verschraubung

Konstruktion für den 3D-Druck

Umlaufend ist zur Brühgruppe eine Toleranz von 0,5 mm konstruiert worden und die Wandstärke beträgt 3 mm, bei den steilen Flächen um das Display herum 5 mm.

Als letzten Schritt der Konstruktion wurden für eine gute 3D-Druck Eigenschaft alle Kanten mit 2-3 mm Radius verrundet und auch sonstige Ecken im Innenraum mit Rundungen versehen [Abbildung 9].

Als Material wird PA12 mit dem Verfahren MJF angedacht, es ist günstiger und nicht lebensmittelzertifiziert, da die Abdeckung nicht mit Wasser in Berührung kommt.

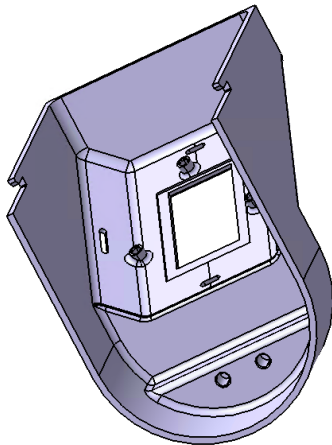


Abbildung 9: Innenansicht steile Abdeckung

Herausforderungen

Die Abdeckung wurde sehr geräumig konstruiert und wurde etwas höher als das Originalvorbild, damit es keine Überschneidungen mit der Stützkonstruktion der Brühgruppe gibt. Insgesamt orientierte sie sich von den Maßen an den Brühgruppeneinsatz.

Sonstige Herausforderungen waren die Anschlusspunkte zur Verschraubung über den Brühgruppeneinsatz und die Displayintegration, da die Stecker mindestens 20 mm Raum nach hinten benötigen [Abbildung 8 - Schnittansicht].

4.3.3 Konstruktion für die Displayintegration (Antonia Huber)

Die Abdeckung ist unten und nach hinten, zum Gehäuse hin offen. Hierbei kann das Display von hinten gut eingebaut und an drei Punkten verschraubt werden. Hierfür sind drei 6 mm hohe Noppen mit Gewindesätzen angebracht, die mit einem Radius in die Fläche übergehen [Abbildung 10 - links].

Da die steile Abdeckung höher als die Brühgruppeneinheit ist, entsteht an der Rückseite ein größerer Spalt, der für den Einbau des Displays nicht geschlossen werden kann [Abbildung

10 - rechts]. Nachdem die Einheit jedoch an das Gehäuse fixiert wird gibt es optisch keine offenen Flächen mehr.

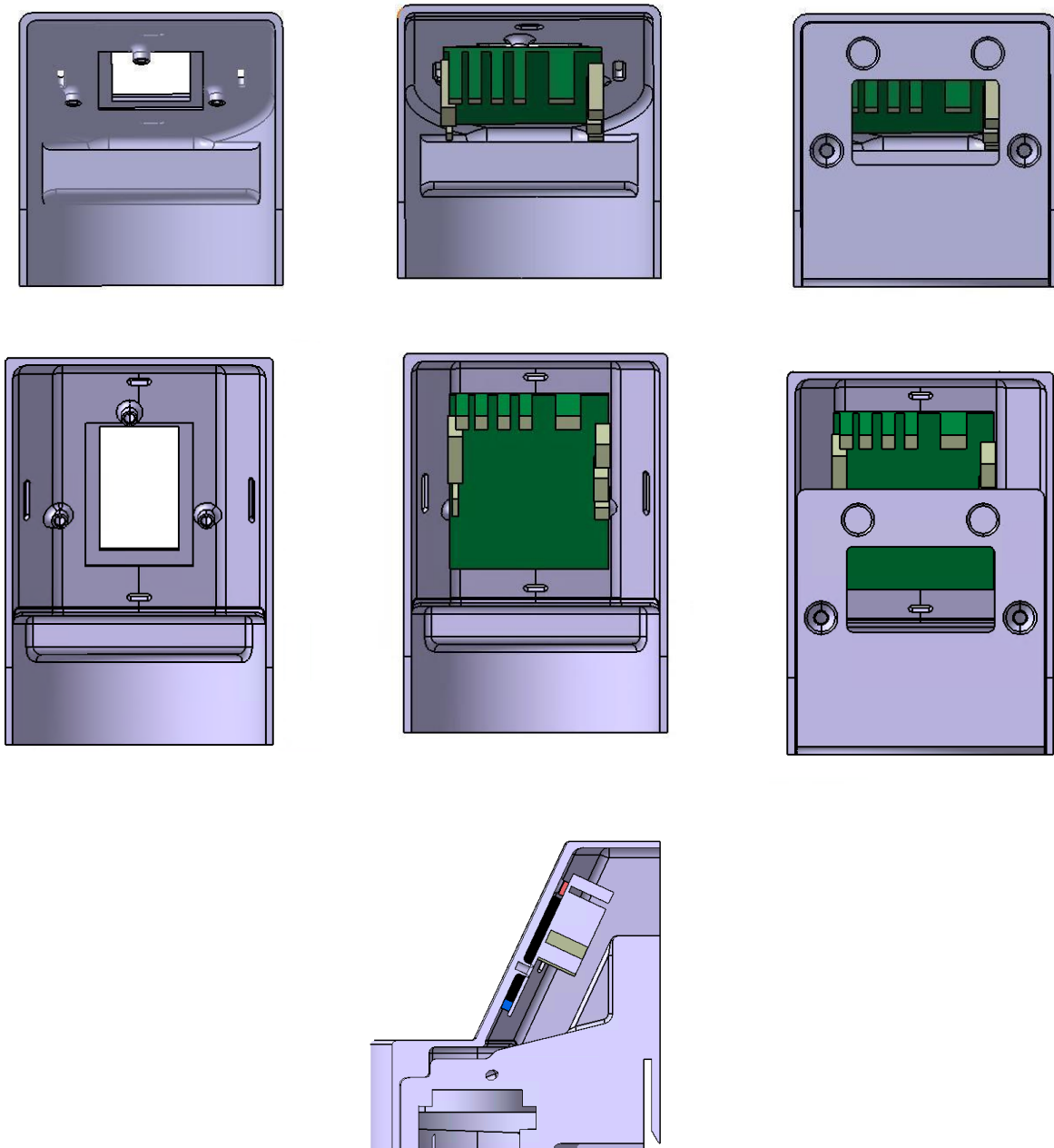


Abbildung 10: Zusammenbau der Brühgruppe mit flacher und steiler Abdeckung

4.3.4 Schutzscheibe (Kerstin Seitz)

Die Schutzscheibe des Displays ist zwei Millimeter dick, 40 auf 60 mm groß und besteht aus PMMA (ugs. Acrylglas). Sie schützt das Display vor äußeren Einflüssen wie z.B. Wasser. Bei der Montage wird die Scheibe über die Schrauben mit dem Display verspannt. Alternativ kann die Scheibe über Klebpunkte an dem Designteil fixiert werden, oder für zusätzliche Dichtheit komplett mit dem Designteil verklebt werden.

4.4 Montageinformationen (Antonia Huber, Kerstin Seitz)

1. Als erstes werden alle Gewindeeinsätze vorschriftsmäßig montiert [10].
2. Dann wird die Scheibe in die Abdeckung eingeklebt.
3. Die Kabel der Taster werden durch die vorgesehenen Öffnungen der Abdeckung geführt und festgeklebt, und die Stecker an der Displayplatine festgesteckt.
4. Im nächsten Schritt wird das Display verschraubt und damit die Scheibe mit eingespannt, dabei muss auf die Kabel der Taster aufgepasst werden, damit diese nicht eingeklemmt oder geknickt werden. Alternativ können die Taster auch erst jetzt gesteckt werden.
5. Die Kabel, die von der Maschine zum Display führen werden jetzt gesteckt. Dabei muss beachtet werden, dass diese Kabel vor dem Anstecken durch die Öffnung der Brühgruppe geführt werden müssen (zumindest bei der flachen Variante).
6. Nun kann die Abdeckung auf die Brühgruppe gesetzt und von unten an den zwei Punkten vorne von unten verschraubt werden. Hierbei ist die untere Kante der Abdeckung bündig mit der Kante der Brühgruppe [Abbildung 11].
7. Unten an der Brühgruppeneinheit wird das Sieb, dass das Wasser gleichmäßig verteilt, mittig festgeschraubt.
8. Anschließend wird die Dichtung im Inneren der Brühgruppeneinheit übergestülpt.
9. Als letzten Schritt wird die Brühgruppe mit Abdeckung in das Trägerblech der Maschine über die Nuten eingehängt. Vom Inneren des Gehäuses wird die Brühgruppe an zwei Punkten verschraubt.

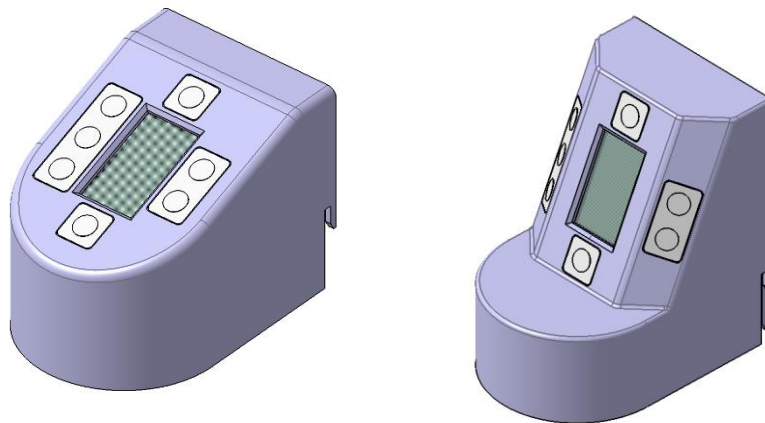


Abbildung 11: Zusammenbau flache und steile Brühgruppe

5 Siebträger (Tolga Acar)

Der Siebträger spielt bei der Bedienung der Espressomaschine eine zentrale Rolle. Daher werden hohe haptische und optische Ansprüche an diesen gestellt. Gleichzeitig muss er den Belastungen des täglichen Gebrauchs in einer professionellen Umgebung standhalten. Aus diesem Grund soll ein neuer Siebträger konstruiert werden.

Zu Beginn dieser Aufgabe gab es bereits einen vorläufigen Siebträgerprototyp [Abbildung 12], der im Rahmen einer vorhergegangenen Studienarbeit konstruiert und bestellt wurde. Dieser wurde im MJF Verfahren hergestellt und besteht aus schwarz gefärbtem PA12. Ein neuer Siebträger sollte aufbauend auf dieser Konstruktion erarbeitet werden. Die Schwachstellen dieses Siebträgers sollen beseitigt werden.



Abbildung 12: Vorhandener Siebträgerprototyp

5.1 Designauswahl

Für das Design und die Konstruktion wurden zu Beginn der Arbeit die folgenden Vorgaben und Rahmenbedingungen festgelegt und erarbeitet:

Als primäres Designziel für den neuen Siebträger wurde festgelegt, dass der Griff ergonomisch geformt sein soll und ein Wabendesign aufweisen muss. Zum Tampen (festdrücken des Kaffeemehls) muss der Siebträger parallel zur Ablagefläche stehen können.

Der Griff muss dazu an seinem Ende nach unten gebogen sein. Der Auslauf muss M-förmig sein und in zwei Varianten konstruiert werden, nämlich jeweils für den Bezug von einer und zwei Tassen Kaffee, also einmal mit mittigem einzeltem Auslauf und einmal mit zwei Ausläufen nebeneinander (links und rechts der Mittelachse). Dabei muss der Auslauf so gestaltet sein, dass er flächig auf einer Ablagefläche stehen kann. Eine dritte, „Bodenlos“ ausgeführte Version des Siebträgers ohne Auslauf soll auch erstellt werden. Dafür darf derselbe gebogene Griff verwendet werden. Ein ebener Stand ist für diese Version nicht erforderlich. Außerdem muss die Anbindungsfläche zwischen Griff und zylindrischem Siebträgerkörper vergrößert werden, um kleinere innere Spannungen beim Einspannen des Siebträgers in die Brühgruppe zu erreichen. An dieser Stelle hat der erste Prototyp bei Versuchen durch Weichkneten des Kunststoffes versagt.

Aufgrund des Einsatzes im direkten Kontakt mit einem Lebensmittel ergibt sich weiterhin die Anforderung lebensmittelechte Materialien mit entsprechender Zertifizierung zu verwenden. Darüber hinaus muss die Oberfläche des fertigen Bauteils möglichst glatt und frei von Poren sein, um eine einfache Reinigung zu ermöglichen und um Bakterienwachstum zu verhindern.

Die Kontur der Siebträgernasen (Laschen außen am Zylindrischen Teil des Siebträgers) wurde im Rahmen der vorherigen Studienarbeit erarbeitet und ist zu übernehmen. Die Innen- und Außenkontur des zylindrischen Siebträgerkörpers ist auch zu übernehmen, allerdings darf der Siebträger erhöht werden, sollte das nötig sein.

Die Qualität der STL-Datei, die für die Bestellung des neuen Siebträgers ausgeleitet wird, muss hoch genug sein, um eine facettierte Oberfläche zu vermeiden. Die STL-Qualität beim aktuellen Prototyp war nicht ausreichend und hat zu einer unschönen Oberfläche geführt [Abbildung 12].

Ausgehend von diesen Vorgaben wurde die eigentliche Arbeit begonnen. Das Design des Griffes wurde iterativ erarbeitet. Dazu wurden einige Designkonzepte skizziert und diskutiert [Abbildung 13]. Ausgehend von diesen Konzepten wurde die Konstruktion des neuen Siebträgers gestartet.

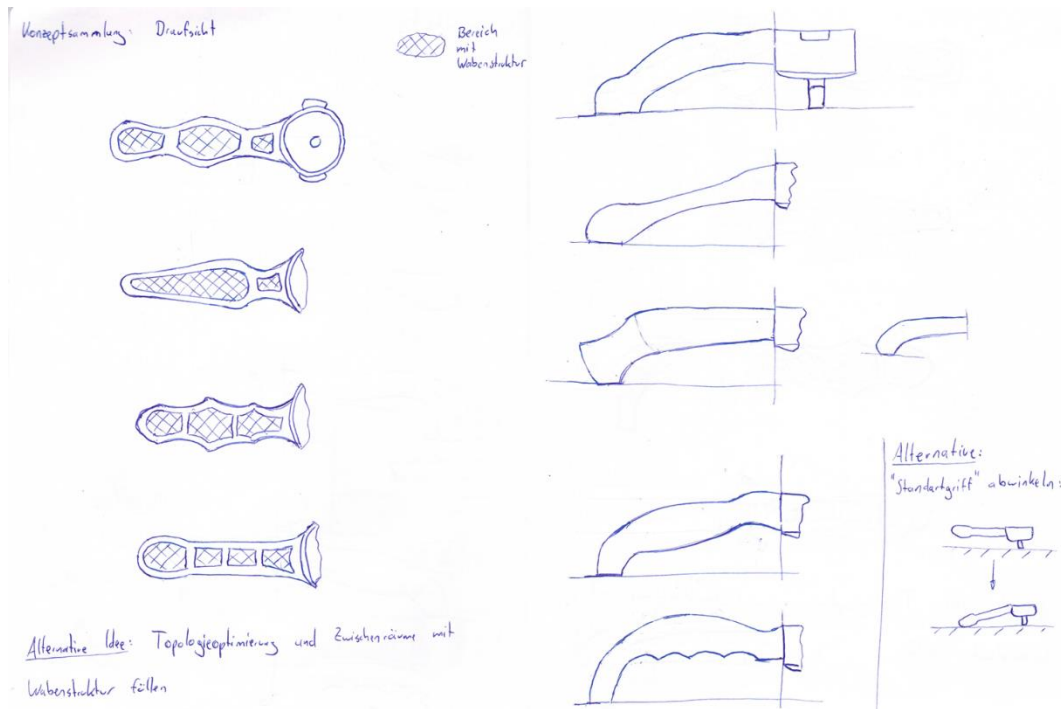


Abbildung 13: Erste Designskizzen

Für den Auslauf wurde ein Konzept verfolgt, bei dem der Kaffee ein Stück weit frei fallen kann, bevor es durch den Auslauf entweder auf eine oder zwei Tassen verteilt wird [Abbildung 14]. Diese Version wurde einerseits wegen dem Verlangen eine möglichst unverkennbare M-Form zu erreichen und andererseits wegen der Originalität dieses Konzeptes gewählt.

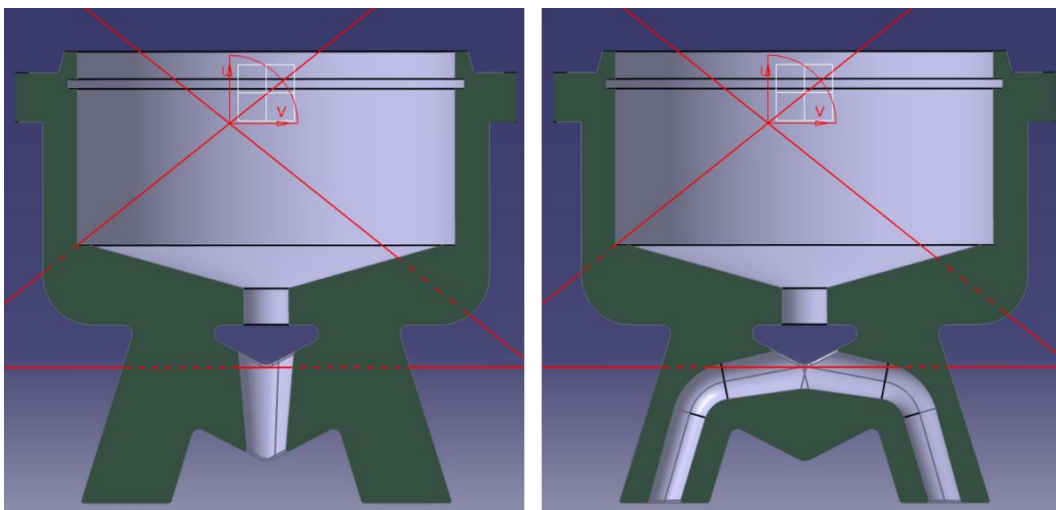


Abbildung 14: Einzel- und Doppelauslauf mit Freifall des Kaffees

5.2 Konstruktion

Für die Konstruktion wurde „Catia V5“ Version 6R2020 der Firma Dassault Systèmes gewählt, denn das Programm bietet sehr gute Features zur parametrischen Flächenmodellierung. Dabei wird das Modell nicht aus Festkörpern, sondern aus einzelnen Kurven und Flächen aufgebaut, die erst am Ende in ein Festkörpermodell umgewandelt werden. Dabei arbeitet man nicht im Body (Festkörper), sondern in sogenannten geometrischen Sets. Diese Sets kann man analog zu einer Windows Ordnerstruktur [Abbildung 15] dazu verwenden, um ein sehr übersichtlich strukturiertes Modell zu erstellen.

Zunächst wird das im letzten Semester konstruierte vorläufige Siebträgermodell importiert und dessen Oberfläche wird als Referenzgeometrie abgegriffen. Dann wird das neue Modell aufgebaut, indem Begrenzungsflächen (Auflagefläche, Innen- und Außenkontur der Siebträgerschale etc.) ausgehend von der importierten Siebträgergeometrie definiert werden. Diese Flächen dienen dann als Referenz- und Bezugsflächen für die weitere Konstruktion. Das bietet den Vorteil, dass gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt ein anderer Siebträger als Referenz importiert werden könnte. Das so konstruierte Modell würde sich entsprechend den neuen Maßen anpassen.

Der Griff und der Auslauf werden mit Hilfe von „steuernden“ Skizzen [Abbildung 15] konstruiert, auf die sich alle weiteren Operationen stützen. Dadurch kann man die Griff- und Auslaufform beim bereits fertigen Modell nachträglich anpassen und verändern, bis die finale Form den Anforderungen entspricht. Auch die wabenförmige Verrippung folgt diesen Veränderungen und passt sich ihnen entsprechend an.

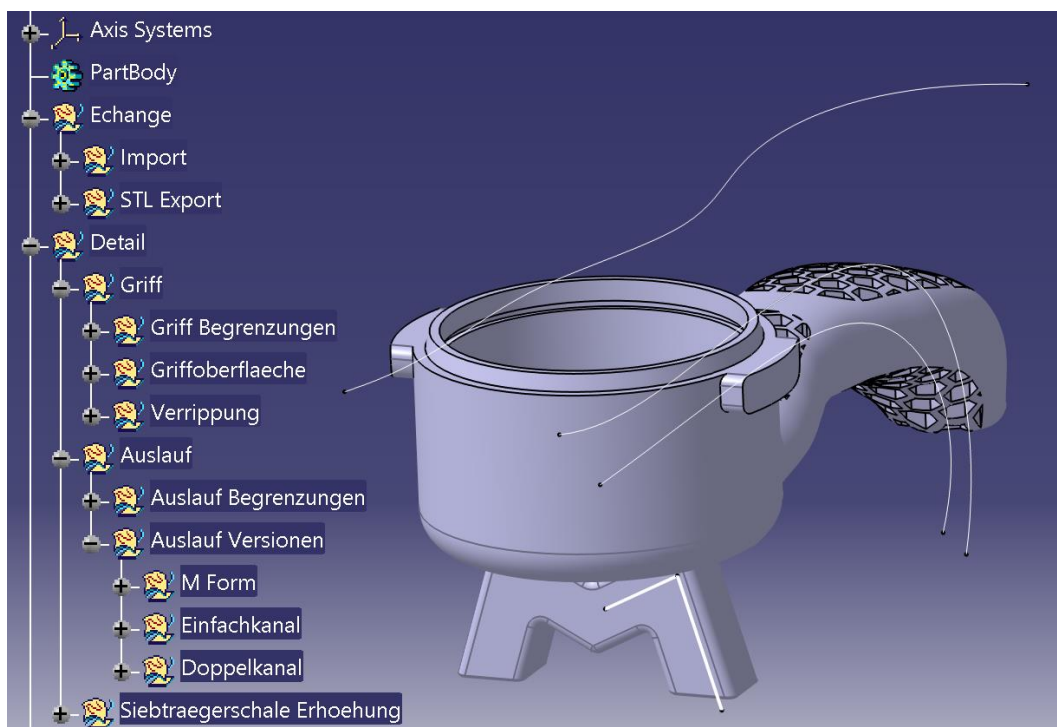


Abbildung 15: CATIA Konstruktion mit „Ordnerstruktur“ und „steuernden“ Skizzen

Einzelne Features wie die wabenförmige Verrippung, der Griff, die verschiedenen Ausläufe und der zylindrische Siebträgerkörper werden dabei in eigenen Körpern konstruiert und am Ende mit Hilfe von booleschen Operationen zu einem Finalen Körper zusammengefügt. So kann aus den verschiedenen Körpern einen beliebigen Siebträger zusammenstellen, ohne jedes Mal eine neue Konstruktion beginnen zu müssen. Der Fertig konstruierte Siebträger [Abbildung 16] weist eine ergonomische, organische Form auf und wird von einer wabenförmigen Verrippung durchdrungen.



Abbildung 16: Fertige CAD Konstruktion - Version mit Auslauf und Bodenlos

5.3 Prototyp

Im Laufe der Konstruktion wurden zwei Prototypen [Abbildung 17, Abbildung 18] auf einem FDM-Drucker (fused deposition modeling / Schmelzschichtung) des Typs „Anycubic i3 Mega S“ gedruckt. Zu Beginn wurde nur der erste, fertig konstruierte, Griffentwurf gedruckt, um die Ergonomie zu testen und um eventuelle unangenehme Druckstellen zu ertasten.

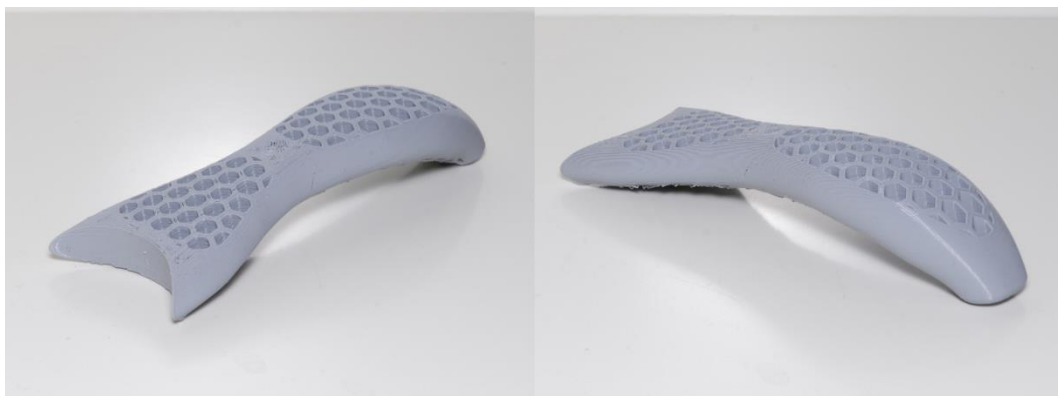


Abbildung 17: Erster Griff-Prototyp

Ausgehend von diesem Prototyp wurde die Griffkontur mit Hilfe der oben beschriebenen steuernden Skizzen minimal angepasst. Am Ende der Siebträgerkonstruktion wurde dann der ganze Siebträger in einem Stück gedruckt [Abbildung 18], um vor der Bestellung eines teuren SLS 3D-Druckteils eventuelle Probleme erkennen zu können.

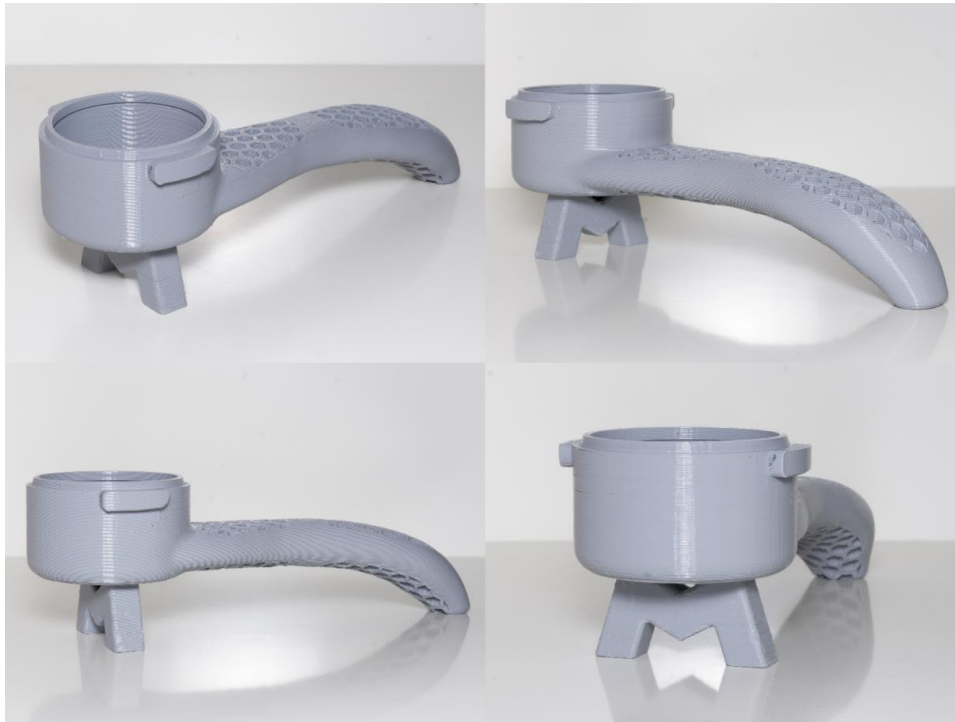


Abbildung 18: Finaler Prototyp

Beide Prototypen wurden aus PLA (Polylactide / Polymilchsäure) gedruckt, da dies als günstiges Standardmaterial im FDM-3D-Druck häufig Anwendung findet. Beide Prototypen wurden dabei mit einer Schichthöhe von 0,3 mm gedruckt, was einer eher groben Qualität entspricht, da sie nur zur Validierung der Form und Haptik verwendet werden sollten.

6 FEM Berechnung (Tolga Acar)

Zur Validierung der Konstruktionen müssen alle stark belasteten Bauteile mit Hilfe einer Finite-Elemente-Simulation auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht werden. Eventuelle schwerwiegende Schwachstellen können so frühzeitig erkannt werden. Ziel ist es diese Schwachstellen zu finden und die Größenordnung der höchsten Spannungen festzustellen.

Eine Ausführliche Simulation des Siebträger für die Lastfälle des Tampens und der Reinigung sowie der Brühgruppe für den Lastfall des Einspannens wurde mit dem Programm Altair Inspire der Firma Altair Engineering Inc. durchgeführt. Die Ergebnisse sind in einem gesonderten Bericht [11] ausführlich beschrieben.

Der Lastfall des Tampens ist unkritisch. Der Lastfall der Reinigung, bei der hoher Wasserdruck auf den Siebträger mit eingesetztem Blindsieb wirkt, zeigt eventuelle Schwachstellen an der Anbindungsstelle zwischen Siebträgernasen und Zylindrischem Siebträgerkörper. Der Lastfall des Einspannens zeigt deutliche kritische Spannungsspitzen an dem Kontaktpunkt zwischen Siebträgernasen und Brühgruppe. Diese Spannungen sind allerdings auf ein falsch konstruiertes Innengewinde der übernommenen Brühgruppe zurückzuführen und daher in der Realität vermutlich nicht gegeben.

Die beschriebenen Lastfälle müssen im Anschluss an diese Studienarbeit noch im Hardwareversuch validiert werden.

7 Ausblick

Mit erfolgreichem Erreichen der Ziele dieser Projektarbeit ist ein großer Schritt in der Entwicklung der Espressomaschine mit kalter Brühgruppe gelungen. Bis zur Serienreife muss noch weiter entwickelt werden.

7.1 Brühgruppe (Karim Ragab)

Nach dieser Projektarbeit muss als nächster Schritt für die Brühgruppe der Druck in Auftrag gegeben werden. Hierbei gab es schon einen Kostenvoranschlag des favorisierten Dienstleisters Sculpteo:

- Brühgruppe SLS PA12 lebensmittelverträglich, geglättet (vapor fusing) € 420,81
- Brühgruppe als betriebsfähiges Muster jedoch nicht lebensmittelverträglich und nicht geglättet, € 63,98

Wenn der erste Prototyp gedruckt wurde kann getestet werden, ob der Zusammenbau einfach erfolgt und alle Toleranzen ausreichen. Ebenso sind Versuche für die Betriebsfestigkeit erforderlich. Bei den Gewindeeinsätzen, welche dem Schlauchanschluss dienen, muss ein lebensmittelechtes Material verwendet werden. Die gewählten Gewindeeinsätze können bei Kerbkonus bei einer gewünschten dementsprechenden Menge auch aus einem Edelstahl gefertigt werden.

7.2 Abdeckungen (Antonia Huber)

Nach dieser Projektarbeit muss als nächster Schritt für die E61 Style und die flache Abdeckung der Druck in Auftrag gegeben werden. Hierbei gab es schon einen Kostenvoranschlag des favorisierten Dienstleisters sculpteo:

- flache Abdeckung, MJF schwarz, € 77,41
- flache Abdeckung, MJF Farboption, € 118,30
- steile Abdeckung, SLS schwarz, € 96,38
- steile Abdeckung, MJF Farboption, € 154,67

Wenn der erste Prototyp gedruckt wurde kann getestet werden, ob der Zusammenbau einfach erfolgt und alle Toleranzen ausreichen. Interessant wäre, ob die zwei Befestigungspunkte zwischen Abdeckung und Brühgruppe genügen und ob die Wandstärke insgesamt ausreichend ist.

Belastungsfälle wären neben dem normalen Kaffeeproduzierbetrieb auch die Anwendung der Taster und des Displays.

Ebenso besteht die Möglichkeit das Design im Hinblick auf die Oberflächenhaptik und -optik noch weiter zu konkretisieren und zu verbessern.

7.3 Display (Kerstin Seitz)

Als nächstes muss eine tiefere Recherche der Hersteller für PMMA Scheiben durchgeführt werden. Es wird ein Unternehmen gesucht, das die PMMA Platten selbst herstellt und auf Endmaß (40 x 60 mm) zuschneidet.

Ein Unternehmen dafür ist z.B. S-Polytec GmbH. Sie schneiden ab einer Kantenlänge von 30mm. Woher sie die Platten beziehen oder ob sie selbst herstellen muss noch angefragt werden.

Zudem sollte untersucht werden, wie die Scheibe in die Abdeckung eingeklebt wird, und welche Klebstoffe dafür in Frage kommen, damit eine ausreichende Dichtheit mit der zusätzlichen Verspannung durch das Display erreicht wird.

Ein weiterer Schritt ist auch, die Montage an sich zu prüfen, um eventuelle Fehler feststellen zu können.

7.4 Siebträger (Tolga Acar)

Nach Abschluss dieser Projektarbeit wird der Siebträger als SLS-Druckteil, voraussichtlich aus PA12, bestellt. Eventuell erfolgt eine Nachbehandlung mit Lösungsmitteldampf, um Oberflächenporen zu schließen. Dieser Prototyp wird dann hinsichtlich Festigkeit, Haltbarkeit, Ausflussverhalten, Haptik, Eigenschaften der Oberfläche etc. geprüft.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtansicht - Seitenansicht – Unteransicht.....	6
Abbildung 2: Rückansicht	6
Abbildung 3: Schnittansicht Zuleitung	6
Abbildung 4: Kammer zum Verteilen des Brühwassers	7
Abbildung 5: Gesamtansicht - Rückansicht - Unteransicht.....	8
Abbildung 6: Gegebenes Modell Brühgruppe FAEMA E61 und steile Abdeckung	8
Abbildung 7: Vorderansicht - Draufsicht.....	9
Abbildung 8: Seitenansicht E61 Zusammenbau und Schnittansicht der Verschraubung.....	9
Abbildung 9: Innenansicht steile Abdeckung.....	10
Abbildung 10: Zusammenbau der Brühgruppe mit flacher und steiler Abdeckung	11
Abbildung 11: Zusammenbau flache und steile Brühgruppe.....	12
Abbildung 12: Vorhandener Siebträgerprototyp	13
Abbildung 13: Erste Designskizzen.....	15
Abbildung 14: Einzel- und Doppelauslauf mit Freifall des Kaffees.....	15
Abbildung 15: CATIA Konstruktion mit „Ordnerstruktur“ und „steuernden“ Skizzen.....	16
Abbildung 16: Fertige CAD Konstruktion - Version mit Auslauf und Bodenlos	17
Abbildung 17: Erster Griff-Prototyp	17
Abbildung 18: Finaler Prototyp	18

9 Literaturverzeichnis

- [1] Projektarbeiten SoSe2020, Weiterführung der Konstruktion einer Siebträger-Espressomaschine
- [2] Projektarbeit SoSe2019, Konstruktion einer kalten Brühgruppe nach dem E61 Prinzip
- [3] Vergleich SLS MJF (Karim Ragab)
- [4] Food regulatory evaluation of laser sintered polyamides
- [5] Produktinformation PA2200
- [6] Gewindeeinsatz 1: Gewähltes Produkt: Ensat[®] - S
Gewähltes Gewinde: M8
Technische Zeichnung für Artikelnummer: 302 000 080.100
- [7] Gewindeeinsatz 2: Gewähltes Produkt: Ensat[®] - SBD
Gewähltes Gewinde: G 1/8"
Technische Zeichnung für Artikelnummer: 347 000 812.160
- [8] AVS-Römer Katalog, 2020
- [9] Gewindeeinsatz 3: Gewähltes Produkt: Ensat[®] - S
Gewähltes Gewinde: M4
Technische Zeichnung für Artikelnummer: 302 000 040.100
- [10] Kerbkonus, Gewindeeinsätze für Kunststoff und Holz, 2020
- [11] FEM-Berechnung zur Projektarbeit - Konstruktion der Brühgruppen und zugehöriger Siebträger für den 3D-Druck