

# Technische Beeinflussbarkeit der Geschmackssache Kaffee

Projektarbeit an der Fakultät für angewandte Wissenschaften  
der Hochschule München

WiSe 2022/23



**Bearbeiter:** **Martin Aspacher (MBM)**

**Stefanie Diener (MBM)**

**Michael Albrecht (FAB)**

Veranstaltungsleitung: Dip. Ing. Armin Rohnen

Ort und Datum der Abgabe: München, 25.02.2023

Ausgabe am: **10.10.2022**

## **I. Danksagung**

~~An dieser Stelle möchten wir uns bei unserem Hochschulbetreuer Herrn Armin Rohnen für die hervorragende Betreuung bedanken. Er stand für Fragen stets bereit und war für die Bearbeitung der Aufgaben eine große Hilfe.~~



## Inhaltsverzeichnis

I.	Danksagung.....	2
1	Einleitung .....	6
2	Labortechnische Espressomaschine .....	7
2.1	Neuanordnung der Bauteile und Baugruppen (Michael Albrecht) .....	7
2.1.1	Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation.....	8
2.1.2	Anhaltspunkte .....	8
2.1.3	Anordnung der Bauteile nach dem Hydraulikplan .....	9
2.1.4	Anpassungen nach Rahmenkonstruktion .....	9
2.2	Konstruktion Rahmen und Brühgruppenhalterung (Michael Albrecht).....	11
2.2.1	Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation.....	11
2.2.2	Konzept Rahmenkonstruktion.....	11
2.2.3	Seitenblech .....	12
2.2.4	Halteblech .....	14
2.2.5	Bodenblech.....	16
2.2.6	Boiler Halterungen .....	17
2.2.7	Brühgruppenhalterung .....	19
2.2.8	Nietauslegung.....	19
2.2.9	Langlöcher für Magnetventilhalterungen.....	22
2.2.10	Blexon Check und Preise .....	22
2.3	Stückliste .....	22
2.4	Zusammenfassung .....	22
2.5	Ausblick.....	23
3	Glasboilermaschine .....	24
3.1	Glasboiler (Stefanie Diener).....	25
3.1.1	Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation.....	25

3.1.2	Spannhaken .....	25
3.1.3	Boilerboden .....	35
3.2	Freitragende Brühgruppe und Brühlturm (Martin Aspacher) .....	38
3.2.1	Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung .....	38
3.2.2	Neuanordnung der Magnetventile .....	39
3.2.3	Vorauslegung freitragenden Brühgruppe mit erzielten Absenkungen .....	41
3.2.4	Anpassung der Siebträgeraufnahme .....	42
3.2.5	Finale Geometrie des Versteifungs- und Halteblechs .....	43
3.3	Abtropfwanne und Abtropfblech (Martin Aspacher) .....	45
3.3.1	Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung .....	46
3.3.2	Reduzieren der Schmutzwasserleitungen .....	47
3.3.3	Ableiten der Schmutzwasserleitung im nicht sichtbaren Bereich .....	48
3.3.4	Lagesicherung der Abtropfwanne mittels Mechanismus .....	49
3.4	Bodenplatte (Stefanie Diener) .....	54
3.4.1	Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung .....	54
3.4.2	Konstruktive Anpassungen .....	54
3.5	Unterbau (Stefanie Diener) .....	55
3.5.1	Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung .....	55
3.5.2	Platzierung der Komponenten und Leitungsführung .....	55
3.5.3	Versteifungsblech .....	57
3.5.4	Anbindungsrahmen .....	58
3.6	Zusammenfassung (Martin Aspacher und Stefanie Diener) .....	60
3.7	Ausblick (Martin Aspacher und Stefanie Diener) .....	61
II.	Abbildungsverzeichnis .....	63
III.	Tabellenverzeichnis .....	65
IV.	Formelverzeichnis .....	65

Anhang 1	Stücklisten Glasboiler .....	67
Anhang 1A	Freitragende Brühgruppe .....	67
Anhang 1B	Abtropfwanne und Abtropfblech .....	67
Anhang 1C	Glasboiler – Spannhaken .....	68
Anhang 1D	Unterbau .....	68
Anhang 2	Stücklisten Labortechnische Maschine .....	69
Anhang 3	Technische Zeichnungen .....	70
Anhang 3A	Brühturm .....	70
Anhang 3B	Oberes Verbindungstück .....	71
Anhang 3C	Unteres Verbindungstück .....	72
Anhang 3D	(Griff-)Schenkel .....	73
Anhang 3E	Gleitstück .....	74
Anhang 3F	Griff .....	75
Anhang 3G	Boilerboden .....	76
Anhang 3H	Versteifungselement oben .....	77
Anhang 3A	Versteifungselement unten .....	78
Anhang 4	Blexon-Checks mit Staffelpreisen .....	79
Anhang 4A	Labortechnische Maschine .....	79
Anhang 4B	Glasboilermaschine .....	80

# 1 Einleitung

Der vorliegende Abschlussbericht widmet sich der Bearbeitung der labortechnischen Espressomaschine sowie der Glasboilermaschine.

Wie der Namensgebung bereits zu entnehmen ist handelt es sich bei der labortechnischen Espressomaschine um eine Siebträgermaschine, welche zu Laboruntersuchungszwecken eingesetzt wird. Die Maschine dient der Entwicklung der erforderlichen Regelkreise und soll andere auf dem Markt befindliche Siebträger-Espressomaschinen abbilden können. Damit dient diese Maschine dazu, dem Kunden die Geschmacksunterschiede unterschiedlicher Espressomaschinen demonstrieren zu können, ohne über die entsprechende Auswahl an Hardware verfügen zu müssen

Wie auch bei der labortechnischen Maschine soll es mit der Glasboilermaschine durch eine vollständige Parametrisierbarkeit möglich sein, jede handelsübliche Espressomaschine nachbilden zu können. Der größte Unterschied besteht in der Haptik. So handelt es sich bei der Glasboilermaschine um eine Espressomaschine, welche im höheren Preissegment zu erwerben sein soll. Das herausstellendes Merkmal dieser Maschine ist der Glasboiler, welcher dem Anwender den Anblick von kochendem Wasser ermöglicht.

Der Abschlussbericht dient als eine prägnante Zusammenfassung der über das Semester erarbeiteten Inhalte. Aufgebaut ist der Bericht in zwei Kapiteln. Das erste Kapitel widmet sich der labortechnischen Maschine. Das zweite Kapitel umfasst die Inhalte der Glasboilermaschine. Eine ausführliche Dokumentation ist in Wiki zu finden, weshalb auf eine Grundlagenbetrachtung verzichtet wird.

## 2 Labortechnische Espressoemaschine

Dieses Kapitel umfasst die Bearbeitung der Aufgabenpakete für die labortechnische Espressoemaschine. Es beinhaltet die Neuordnung der Bauteile und Baugruppen sowie die Konstruktion des Rahmens und der Brühgruppenhalterung. In der Abbildung 2.1 ist die überarbeitete Labortechnische Espressoemaschine zu sehen.

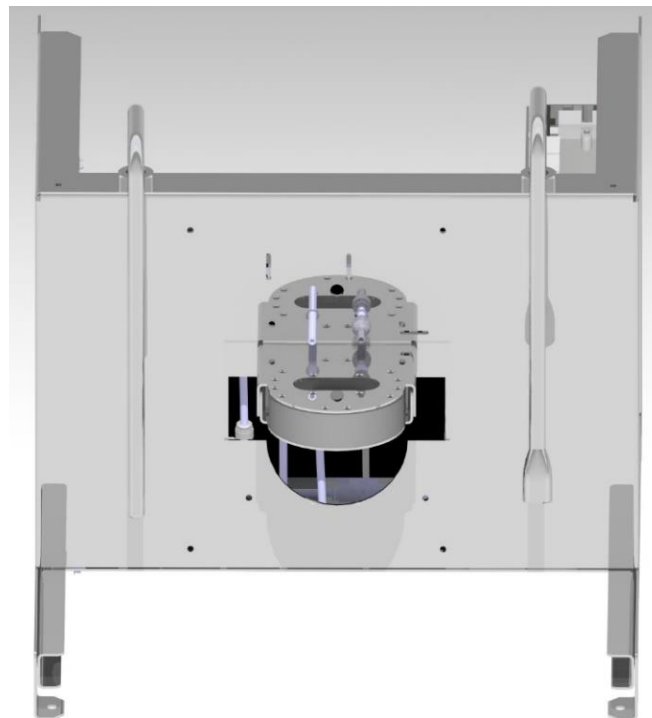


Abbildung 2.1 Vorderansicht labortechnische Espressoemaschine [Eigene Darstellung]

### 2.1 Neuordnung der Bauteile und Baugruppen (Michael Albrecht)

Dieses Arbeitspaket beinhaltet die Neuordnung der Bauteile und Baugruppe. Als Grundlage dient der CAD-Stand der labortechnischen Espressoemaschine vom 11.08.2022 untersucht und mit den CAD-Daten der 1,8 l Maschine vom 02.08.2022 verglichen. Es wird die Beibehaltung des Zusatz-Blechtes für die Elektronik angestrebt, da durch dieses ein Spritzwasser geschützter Bereich für die Elektronik gewährleistet wird. Außerdem werden dadurch die Elektronikbauteile lokal an einem Ort untergebracht.

Der aktuelle Hydraulikplan vom 16.06.2022 soll umgesetzt werden [pageid=13864]. Dazu müssen Magnetventile und andere Bauteile im CAD-Stand der labortechnischen Espressoemaschine vom



~~11.08.2022~~ ausgetauscht oder hinzugefügt werden. Dabei ist anzumerken, dass die Ventile in deren Ausgangs-Rohr-Richtung variabel sind (Winkelausgang/ gerader Ausgang). Nachdem alle Hydraulikkomponenten grob ins CAD eingepflegt wurden, wird die Boilerposition bewertet und eventuell noch verändert. Die Ventile, Sensoren sowie die Leitungen werden um den Boiler herum platziert, sodass möglichst gerade Rohrverbindungen entstehen. Wenn möglich werden die Bauteile so angeordnet, dass stehendes Wasser zwischen Y09 und der Brühgruppe vermieden wird. Gleiches gilt in Bezug auf die Dampfzange. Wenn dies realisiert werden kann, müssen die Ventile Y11 und Y12 nicht verbaut werden. Zur Befestigung der Magnetventile am Rahmen werden Halbleche mit einer U-förmigen Aussparung verwendet [pageid=13859].

### 2.1.1 Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation

Für die labortechnische Espressomaschine ist eine Konstruktion zu erstellen, welche den aktualisierten Hydraulikplan umsetzt und die überarbeitete Brühgruppe integriert. Hierbei ist auf einen geradlinigen Verlauf der Rohrleitungen zu achten, um Reibungsverluste zu minimieren. Die Bauteilanordnung soll in einer Weise ausgeführt werden, dass der Rahmen kompakt um den Zusammenbau konstruiert werden kann und die Maschine eine Tiefe von 520 mm nicht überschreitet. Bei der Befestigung der Ventile muss auf Montage- und Wartungsfreundlichkeit geachtet werden. Ein Austausch der Ventile muss möglich sein. Die neuen Ventile sind von der Firma AVS Römer und müssen im CAD-Zusammenbau verwendet werden [pageid=13978].

### 2.1.2 Anhaltspunkte

~~Die Neuordnung der Bauteile wird in Catia V5-6R2021 durchgeführt. Begonnen wird mit einer groben Positionierung von großen Bauteilen sowie wichtigen Anschlüssen.~~ Der Boiler und seine Einbaulage wurden aus dem CAD-Stand der labortechnischen Espressomaschine vom 11.08.2022 übernommen. Dieser gilt als wichtiger Bezugspunkt für die weitere Bauteil Anordnung, da er die größte Komponente in dem Zusammenbau darstellt und gewisse Leitungsführungen bereits vorgibt. Die Boilerhalterungen werden hierbei noch nicht berücksichtigt. Die Wasserpumpe wird mittig hinter dem Boiler positioniert. Die Brühgruppe sowie die Abtropfwanne werden bei fortgeschrittenem Projektstand vor dem Boiler zu finden sein. Die Elektronikbauteile, wie Platinen und Netzteil, werden von vorne betrachtet auf der rechten Seite des Boilers positioniert.



### 2.1.3 Anordnung der Bauteile nach dem Hydraulikplan

Die Magnetventile werden anhand des **Hydraulikplans vom 16.06.2022** grob in den CAD-Zusammenbau eingefügt [pageid=13864]. Ebenso werden beide Dosierventile, der Durchflussmesser, der Leitfähigkeitssensor, das Überdruckventil, ein Multifunktionsventil, das Festwasserventil sowie die Festdrossel hinzugefügt. Der Mischer wird in Form von einem **T-Verbindungsstück** realisiert.

**Um die Funktion werden zwei der seitlichen Ausgänge des Bauteils mit Verschlussstopfen belegt.** Die Ventile Y07, Y09 sowie Y10 werden so angeordnet, sodass die Leitungswege von dem jeweiligen Magnetventil zur Brühgruppe möglichst kurzgehalten werden. Dadurch wird Stauwasser zwischen diesem und der Brühgruppe verringert und es kann auf die Magnetventile Y11 und Y12 verzichtet werden. ~~Anschließend folgt die genauere Positionierung der Bauteile.~~ **Dabei werden Winkelstücke sowie provisorische Leitungen zwischen den Bauteilen verlegt.**

### 2.1.4 Anpassungen nach Rahmenkonstruktion

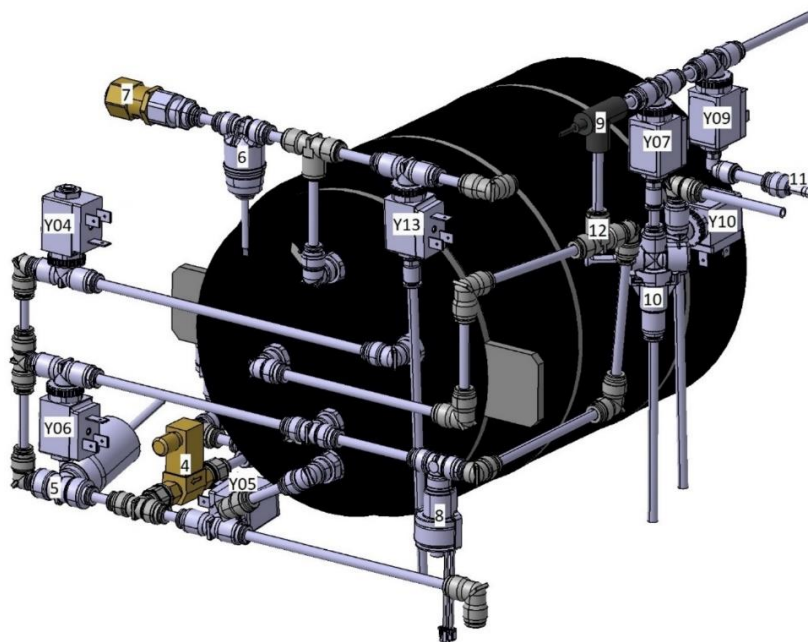
Der Mischer wird so positioniert, dass das „Boiler-Halterungs-Ohr“ freisteht und dieses mit einem passenden aus dem Rahmen gefalteten Haltearm verbunden werden kann. Jedem der neun Magnetventile wird im CAD-Zusammenbau ein Magnetventilhalterungsblech zugewiesen. Die Zu- und Rückflussleitungen der Brühgruppeneinheit werden durch die dafür vorgesehenen Bohrungen im Seiten- und Halteblech geführt. Die Bohrungen werden etwas höher als die Brühgruppenverbindung der Leitungen angesetzt. Dadurch wird ein Gefälle hin zur Brühgruppe erzeugt, welches dafür sorgt, dass kein Wasser in diesen Leitungen verharret, weil dieses über die Brühgruppe in die Schmutzwasserwanne abtropfen kann. Die Leitungen hin zur Dampf- und Teewasserlanze sind ~~zum Zeitpunkt vom 13.02.2023~~ nur provisorisch eingetragen, da die Anbindung der Leitungen zu diesen noch nicht definiert sind. Auch die Leitungen zur Abwasserschale sind noch nicht finalisiert, **da die genauen Abmaße der Abwasserschale** noch nicht feststehen [pageid=13859].

Der Neuordnungsstand vom ~~15.02.2022~~ ist auf den Abbildung 2.2 und Abbildung 2.3 zu sehen.

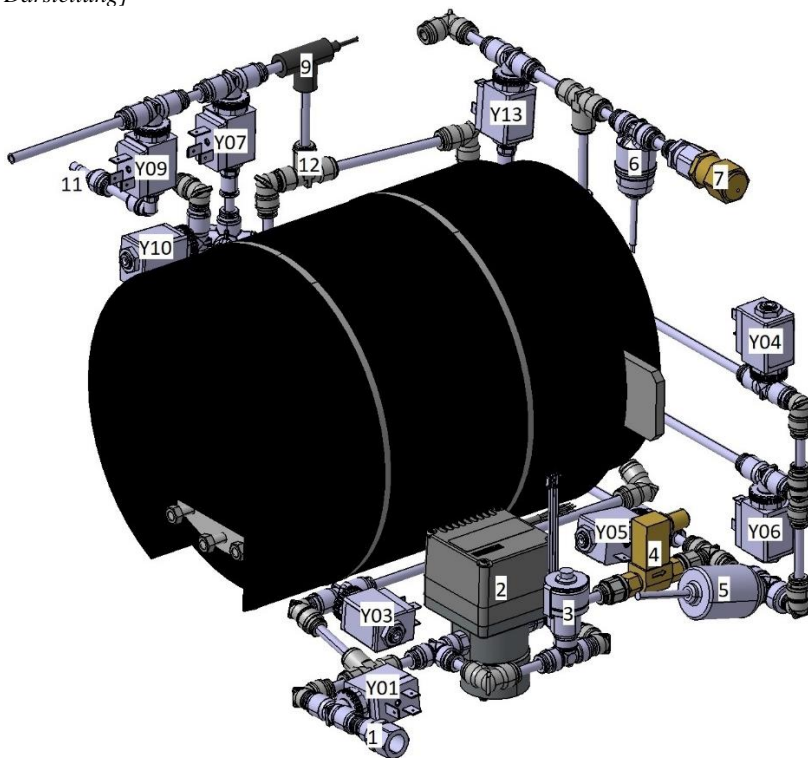
Die dazugehörige Legende mit den Ventilbezeichnungen ist in der Tabelle 2-1 untergebracht.

*Tabelle 2-1 Legende für Bilder  
Neuanordnung der Bauteile und  
Baugruppen*

Nr	Bezeichnung
1	Festwasseranschluss
2	Wasserpumpe
3	Dosierventil
4	Durchflusssensor
5	Leitfähigkeitssensor
6	Drucksensor
7	Überdruckventil
8	Dosierventil
9	Temperatursensor
10	Multifunktionsventil
11	Festdrossel
12	Mischer
Y01	2/2 Wege Magnetventil
Y03	2/2 Wege Magnetventil
Y04	2/2 Wege Magnetventil
Y05	2/2 Wege Magnetventil
Y06	2/2 Wege Magnetventil
Y07	3/2 Wege Magnetventil
Y09	3/2 Wege Magnetventil
Y10	2/2 Wege Magnetventil
Y13	3/2 Wege Magnetventil



*Abbildung 2.2 Neuanordnung der Bauteile und Baugruppen Vorderansicht [Eigene Darstellung]*




*Abbildung 2.3 Neuanordnung der Bauteile und Baugruppen Rückansicht [Eigene Darstellung]*

## 2.2 Konstruktion Rahmen und Brühgruppenhalterung (Michael Albrecht)

~~Die Aufgabe der Rahmengestaltung wird nach der Neuordnung der inneren Bauteile begonnen,~~ da der Rahmen von den inneren Bauteilen bestimmt wird. An einigen Stellen werden Teile des Rahmens durch Blechbiegungen zu Boilerhalterungen umfunktioniert. Der CAD-Stand des Rahmens vom 11.08.2022 wird dabei als Grundlage herangezogen. Als Orientierung dient das Rahmendesign der 1,8 l Maschine. Die Blechausschnitte werden so gestaltet, dass einerseits die erforderliche Rahmensteifigkeit erhalten bleibt und andererseits der Zugang zum Innenleben erleichtert wird [pageid=13915].

### 2.2.1 Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation

Die Rahmenkonstruktion soll aus 2 mm starkem Edelstahlblech bestehen. Der Rahmen ist so zu gestalten, dass der Boiler quer in der Maschine platziert wird und für die Elektronik ein eigener spritzwassergeschützter Bereich entsteht. Die Einhaltung einer IP-Vorschrift ist nicht vorgesehen. Die Brühgruppenhalterung ist Teil des Rahmens. Insgesamt soll der Rahmen aus möglichst wenigen Blechbiegeteilen konstruiert werden, um die Herstellkosten gering zu halten. Es bestehen hierzu Vorarbeiten, die als Inspiration dienen, sowie die CAD-Daten einer ähnlichen Espressomaschine mit kleinerem Boilervolumen und etwas anderer Anforderung. Der Siebträger soll im eingerasteten Zustand in Richtung des Bedieners zeigen (6 Uhr Stellung) [pageid=13978]. 

Bei der Konstruktion des Rahmens und der Brühgruppenhalterung ist auf Festigkeit und Stabilität zu achten. Anhand der Betätigngsnorm sind außen wirkende Kräfte am Siebträgerende mit 100 N vertikal und 75 N horizontal anzunehmen. Die Durchbiegung bzw. Verdrehung sollte weniger als 0,1 mm betragen. Frequenzen wie beispielsweise Eigenfrequenzen und Frequenzfenster sind nicht definiert und müssen somit nicht berücksichtigt werden [pageid=13978].

### 2.2.2 Konzept Rahmenkonstruktion

Zuerst wird versucht die Rahmenkonstruktion aus einem Seitenblech und einem Bodenblech zu konstruieren. Dabei soll das Elektronikblech aus dem Bodenblech gebogen werden. Somit muss kein weiteres Blech zugeschnitten werden, wodurch einerseits der Fertigungspreis niedriger gehalten werden kann und andererseits weniger Bleche vernietet werden müssen. Es wird untersucht, ob die Brühgruppenhalterungen aus einem Blech gebogen werden können. Dabei zeigt sich, dass es aus steifigkeitstechnischer Hinsicht sinnvoller wäre, ein zusätzliches Halteblech

einzufragen. Aus diesem Halblech soll die untere Brühgruppenhalterung gebogen werden. Die Rahmenkonstruktion ~~wird in CATIA in der Generative Sheetmetal Design Umgebung so konstruiert~~, dass die Blechbiegungen mit den Vorgaben des Herstellers Blexon übereinstimmen [pageid=13857].

### 2.2.3 Seitenblech

Auf Basis des oben beschriebenen Konzeptes wird das Seitenblech konstruiert, siehe Abbildung 2.4. Die Maße des Seitenblechs von dem vordersten Abtropfwannen-Auflagepunkt bis zur Blechwand werden an die Maße **der Gaggia-Maschine, welche im Labor steht**, angepasst. Diese Änderung werden realisiert, da sich die Abstandsmaße der zu konstruierenden Brühgruppenhalterung ebenso an der Gaggia-Maschine orientieren. Die Breite des Frontblechs wird anhand des benötigten Bauraums der Neuordnung der Bauteile und Baugruppen festgelegt. Die Höhe des Seitenblechs wird anhand der Lanzenbefestigungspunkte bestimmt. Der hintere Blech-Halteam für den Boiler-Deckel wird aus dem Seitenblech gebogen, siehe Abbildung 2.5. Dabei wird beachtet, dass unter dem Blecharm eine Wasserleitung durchgeführt werden muss.

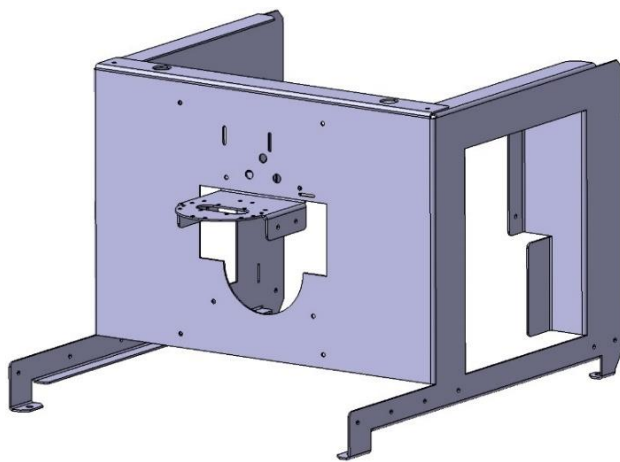


Abbildung 2.4 Seitenblechkonstruktion Vorderansicht [Eigene Darstellung]

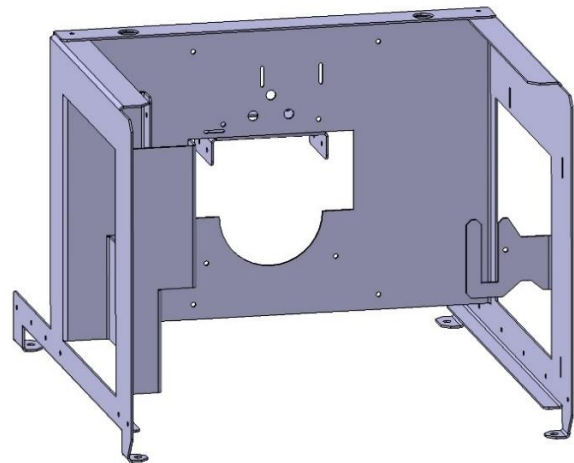


Abbildung 2.5 Seitenblechkonstruktion Rückansicht [Eigene Darstellung]

Um das Elektronikblech mit dem Seitenblech vernieten zu können werden Blechbiegungen eingefügt. Eine Elektronikplatine wird, wie in Abbildung 2.6 erkennbar, von zwei zusätzlichen Blecharmen gehalten. Diese werden aus dem Seitenblech gefaltet. Die **SSR** wird ebenfalls am Seitenblech befestigt.

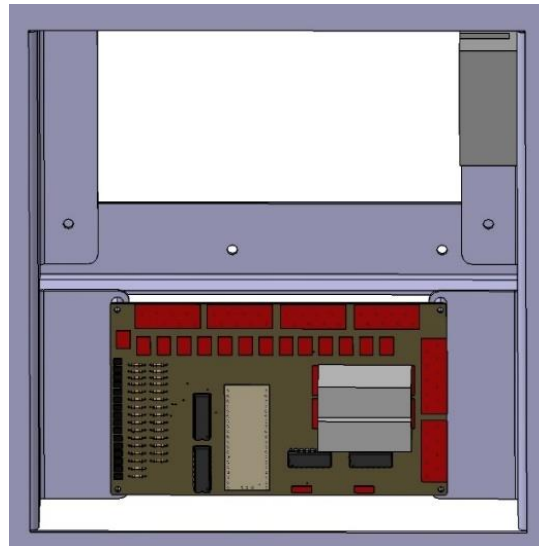


Abbildung 2.6 Seitenblech mit Elektronikplatine und SSR [Eigene Darstellung]

Es werden um 90° gebogene Blechbeine in Form von Laschen geplant. In diese werden Bohrungen mit einem Durchmesser von 8 mm angebracht, siehe Abbildung 2.7. Durch diese Bohrungen werden beim Zusammenbau der Maschine separate Standbeine mithilfe von Muttern angeschraubt. Diese Standbeine sind in der Höhe justierbar, sodass ein stabiler Stand der Maschine garantiert wird. Aus Sicherheitsgründen werden bei den drei Blechteilen scharfe Blech-Ecken abgerundet, siehe Abbildung 2.7 [pageid=13857].

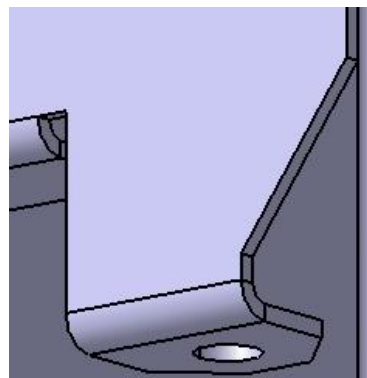


Abbildung 2.7 Standbeine mit Bohrung [Eigene Darstellung]

Die ~~folgend aufgelisteten~~ Seitenblech-Maße stellen zugleich die Abmaße der gesamten Rahmenkonstruktion dar [pageid=13857].

Abmaße Rahmenkonstruktion: Höhe: 376 mm | Breite: 444,5 mm | Tiefe: 520 mm

## Lanzenpositionierung

Die Tee- und Dampfzange werden auf der oberen Verstärkungs-Faltung des Seitenblechs positioniert. Dafür werden zwei Bohrungen mit dem Durchmesser von 20,5 mm in das Blech eingefügt. In diese Bohrungen werden die Lanzen geführt und an der Innenseite des Seitenblechs mit dem Lanzen-Distanzstück, welches ein M20 x 1,5 Innengewinde aufweist, gekontert. Die Höhe des Seitenblechs wurde so angepasst, dass die Lanzen bei Normalposition, wie in Abbildung 2.8 ersichtlich, einen Abstand von etwa 100 mm zum Abtropfblech aufweisen. Da die Lanzen mit einem Kugelgelenk gelagert sind, lassen sich diese bei Bedienung in der Höhe verstellen, siehe Abbildung 2.9 [pageid=13857].

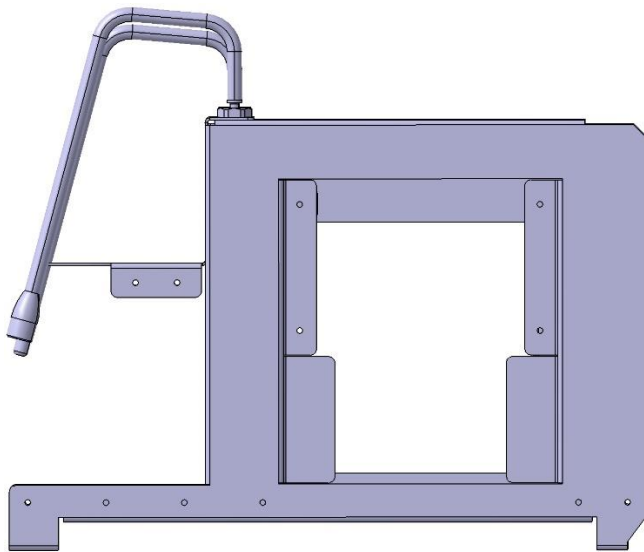


Abbildung 2.8 Lanzenpositionierung Seitenansicht rechts [Eigene Darstellung]

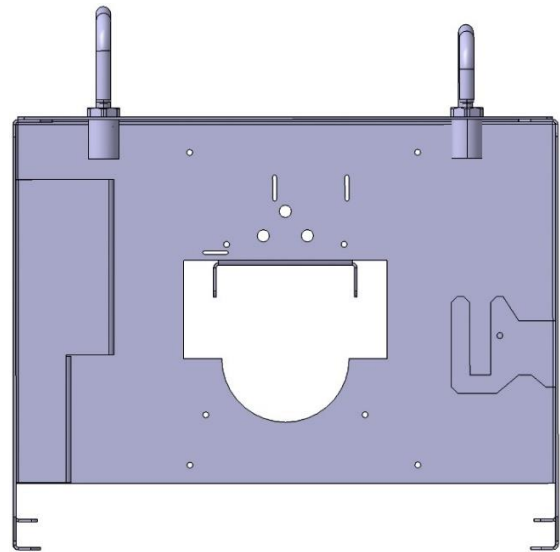


Abbildung 2.9 Lanzenpositionierung Rückansicht [Eigene Darstellung]

### 2.2.4 Halteblech

Dieses zusätzliche Blech wird von hinten an die vordere Seitenblechwand geführt und dort mit dieser vernietet. Es beinhaltet zusätzliche Versteifungen am Rand. Diese sollen dazu beitragen, dass sich die Brühgruppenhalterung bei einer vertikalen Krafteinwirkung von oben weniger stark verbiegt. Wie in Abbildung 2.10 erkennbar, ist ein Blech-Haltearm für den Boiler-Deckel im Halteblech

realisiert, da er im Seitenblech zu Fertigungsproblemen bei dem Hersteller Blexon führt. Es werden drei Bohrungen mit dem Durchmesser von 10 mm in das Halteblech und in die Seitenblech-Front eingefügt. Durch diese werden sowohl Zu- und Abfluss der Brühgruppeneinheit als auch Elektronikkabel geführt [pageid=13857].

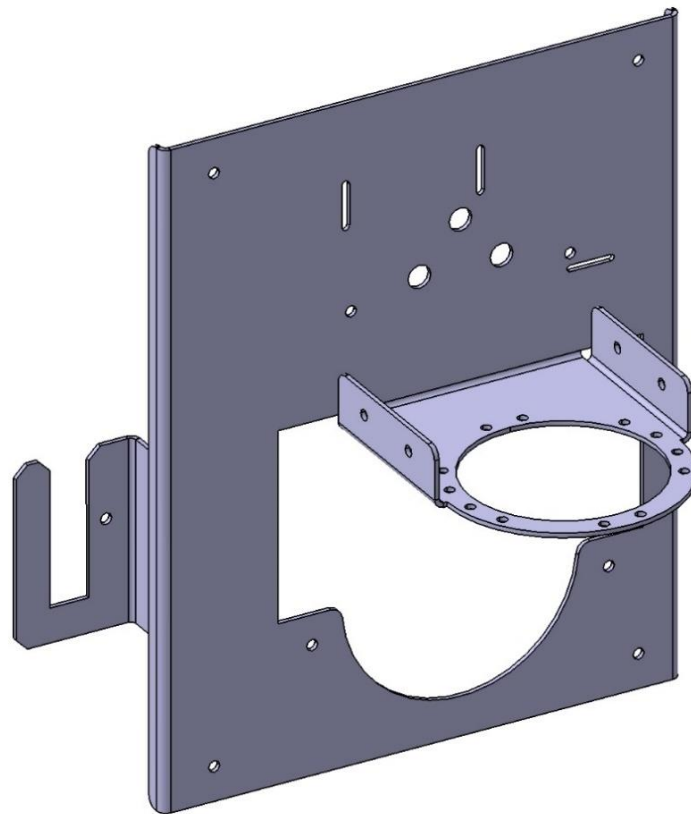


Abbildung 2.10 Halteblechkonstruktion [Eigene Darstellung]

### 2.2.5 Bodenblech

Es wird darauf geachtet, dass das Boden- sowie das Elektronikblech fest mit dem Seitenblech verbunden werden damit die nötige Steifigkeit vorliegt, um im späteren Einsatz Schwingungen des Blechs vorzubeugen. Es werden zwei Elektronikplatinen sowie das Netzteil an dem Elektronikblech befestigt, siehe Abbildung 2.11. Die Platinen werden jeweils mit 8 mm tiefen Abstandshaltern versehen. Diese sorgen dafür, dass die verlöteten Verbindungen auf der Platine keinen direkten Kontakt mit dem Elektronikblech haben. Dadurch kann es zu keinem Funkenschlag kommen.

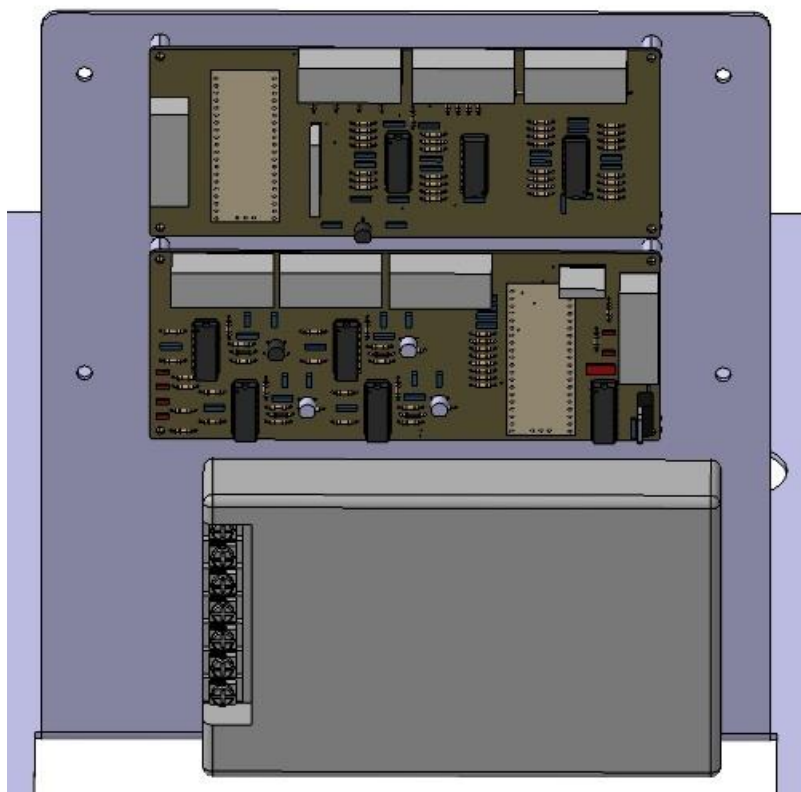


Abbildung 2.11 Elektronikblech mit Komponenten [Eigene Darstellung]

Durch ein Versenken der Wasserpumpe im Bodenblech kann der gesamte Rahmen in einer geringeren Höhe ausgeführt werden. Deshalb wurde eine passende Bohrung mit 41 mm Durchmesser eingefügt. Das Bodenblech ist in der Breite 1 mm kürzer als das Seitenblech, damit es sich auch bei Fertigungsabweichung ohne zu klemmen in das Seitenblech einschieben lässt [pageid=13857].



### Festwasseranschluss

Für den Festwasseranschluss wird, wie in Abbildung 2.12 zu erkennen, eine Lasche mit einer 15 mm Bohrung in das Bodenblech eingefügt. Durch diese Lasche wird die Gerade-Schott-Aufschraub-Verschraubung (945M-6-1/4) gesteckt und mit einer M4 x 1 Mutter an das Blech gekontert [pageid=13857].

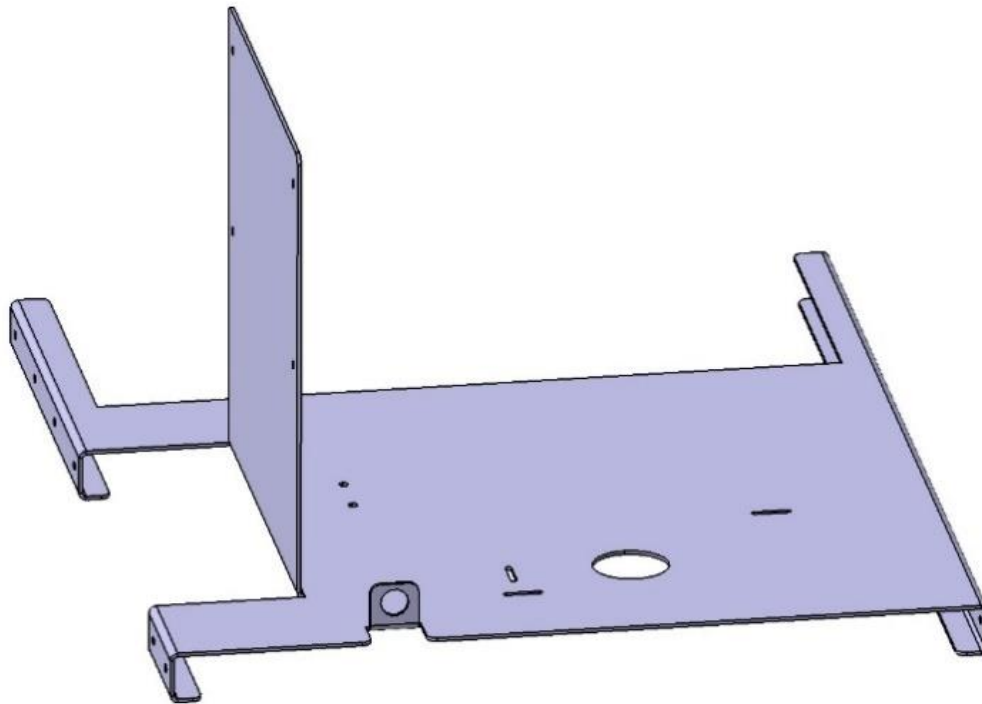


Abbildung 2.12 Bodenblechkonstruktion [Eigene Darstellung]

### 2.2.6 Boiler Halterungen

~~Das Boiler-Halterungs-Konzept wird in CAD realisiert.~~ Es besteht grundsätzlich aus drei 3D gedruckten Einzelteilen sowie aus den zwei Blecharmen, welche aus dem Seitenblech heraus gebogen werden. Die 3D gedruckten Teile setzen sich aus zwei seitlichen Boiler-Deckel-Aufnehmern und einem Boiler-Auflage-Bock zusammen. Wie in Abbildung 2.13 zu sehen werden die zwei seitlichen Boiler-Deckel-Aufnehmer über die zwei Boiler-Deckel-Ohren gesteckt und anschließend von oben in die Blech-Haltearme eingeführt. Damit der Boiler beim Transport nicht in z-Richtung verrutschen kann, werden sowohl in die Haltearme als auch in die seitlichen Kunststoff-Adapter Löcher gebohrt. Wenn der Boiler in den Rahmen gelegt wird, können durch diese Bohrungen Splints geführt werden. Diese dienen dann als Sicherung gegen Verrutschen. Der 3D-

Druck wird mit HP MJFS durchgeführt. Da diese Fertigungsmethode eine Toleranz von 0,3 mm aufweist beträgt der Spalt, welcher über den 2 mm starken Haltearm gesteckt wird, 2,1 mm. Dadurch ist selbst bei einer „Worst-Case“- Betrachtung der Toleranzen das Einführen möglich.

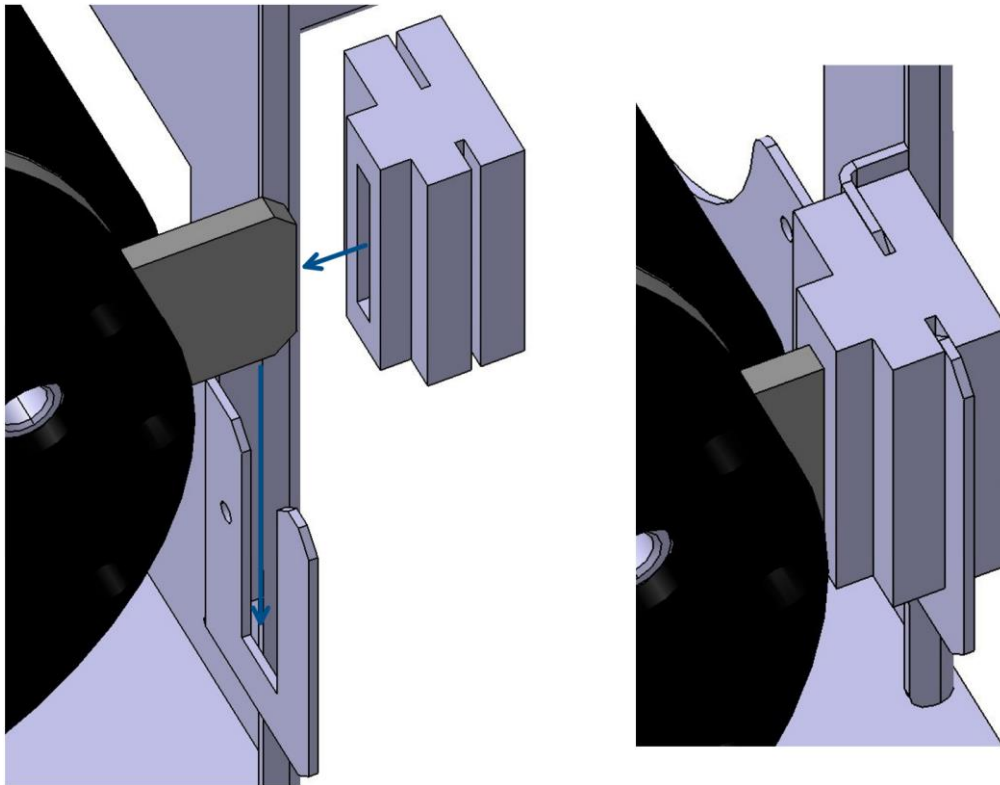


Abbildung 2.13 Boilerdeckel-Halterung Zusammenbau rechts [Eigene Darstellung]

Der Boiler-Bock wird mit dem Boiler über drei Gewindestifte, welche auf der Rückseite des Boilers zu finden sind, mithilfe von drei ISO 4032 M6 Muttern verschraubt, siehe Abbildung 2.14. Nach dem erfolgreichen Einführen in die Rahmenkonstruktion wird die Verbindung zum Bodenblech über zwei ISO 4762 M5 x 25 Schrauben sowie zwei ISO 4032 M5 Muttern gewährleistet [pageid=13857].

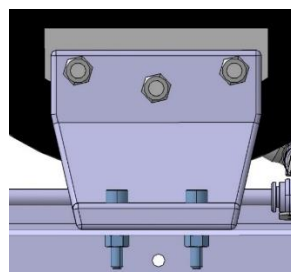


Abbildung 2.14 Boilerbock [Eigene Darstellung]

### 2.2.7 Brühgruppenhalterung

Die Konstruktion der Brühgruppenhalterung geht mit der des Rahmens einher. Es existiert eine Schnittstellendefinition ~~von Felix Kistler~~. Die Halterung besteht aus einem Halteblech und einem Verstärkungsblech. Die Brühgruppe ist zwischen diesen beiden Blechen positioniert und mit Senkkopfmuttern verschraubt. Dieses Konzept wird bei der labortechnischen Maschine übernommen. Wie bereits erwähnt, wird die obere Brühgruppenhalterung aus dem Seitenblech gebogen und die Untere aus dem Halteblech. Da die geforderte Steifigkeit der Konstruktion erfüllt werden soll, wird ein Festigkeitsnachweis durchgeführt [pageid=13850].



#### Festigkeitsnachweis

Für eine grobe Berechnung der Absenkungen der Brühgruppe infolge der maximalen Krafteinwirkungen auf diese, ~~wird das Berechnungsprogramm zur Vorauslegung der freitragenden Brühgruppe [pageid=13896] verwendet. Die geometrischen Abmaße der labortechnischen Maschine wird in die Eingabemaske eingetragen.~~ Auf die Brühgruppe wirkende Maximalkräfte werden mit 100 N in z- und 75 N in y-Richtung angenommen. Zur Berechnung werden folgende Vereinfachungen angenommen:

Die Absenkung in z-Richtung setzt sich aus einem Biegebalken und einer konstanten Absenkungskomponente zusammen. Eine Verbiegung der Seitenblech-Front wird zunächst als signifikant gering eingestuft und die Wand deshalb als unendlich steif angenommen.

~~Durch Anwendung des Programms~~ ergibt sich eine maximale Absenkung in z-Richtung von näherungsweise 0,135 mm. Dieses Ergebnis ist plausibel, da im Vergleich zur freitragenden Brühgruppe der Glasboilermaschine die Länge der Brühgruppenhalterung deutlich geringer ausfällt und deshalb die Kraft mit einem geringeren Hebelarm einwirkt. Da bei der Berechnung des Trägheitsmoments die Höhe in dritter Potenz eingeht, ergibt sich in y-Richtung eine zu vernachlässigende Absenkung von näherungsweise 0,0 mm. Aufgrund dieser Erkenntnis wird auf eine detaillierte FEM-Analyse verzichtet [pageid=13850].

### 2.2.8 Nietauslegung

Es wird eine grobe Nietauslegung nach **Roloff-Matek** durchgeführt, siehe Berechnung Nietauslegung unten. Hierbei wird angenommen, dass handelsübliche Blindnieten aus Aluminium mit dem Durchmesser von 4,8 mm verwendet werden. Als maximal zu übertragende Scherkraft



werden 1000 N angenommen. Dabei ergab sich, dass aufgrund der sehr guten Scherkraftübertragung von Nietverbindungen ein Stück ausreichen würden, um der maximal angenommene Krafteinwirkung standzuhalten. Jedoch werden an mehreren Stellen Nietpunkte gesetzt, da verschiedene Flächen miteinander verbunden werden müssen, um eine zufriedenstellende Robustheit des Zusammenbaus zu erlangen. Da gewährleistet werden muss, dass es zu keinem Versagen der Bauteil-Verbindungen kommt, und Nieten kaum Mehrkosten hervorrufen, werden mehr als die berechnete Menge an Nietpunkten eingeplant. Als Nebeneffekt werden dadurch potenziell störende Vibrationen vorgebeugt. Aufgrund dessen wird, wie in Abbildung 2.15 erkennbar, Nietpunkte ins Boden-, Seiten- und Halblech mit einem zu den Nieten passenden Bohrungs-Durchmesser von 4,9 mm eingefügt [pageid=13850].

Die erforderliche Niezanzahl aufgrund der Abschertragfähigkeit ist in Formel (2.1) dargestellt.

$$n_a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{0,6 \cdot m \cdot R_{mNiet} \cdot A_0} \quad (2.1)$$

mit

$F_{Ed}$	von Nietverbindung zu übertragende Bemessungskraft → 1000 N angenommen
$m$	Anzahl der Scherfugen → $m = 1$ bei einschnittiger Verbindung
$R_{mNiet}$	Zugfestigkeit des Bauteilwerkstoffs → $R_{mNiet} = 180 \text{ N/mm}^2$ bei kaltverfestigtem Aluminium
$\gamma_{M2}$	$\gamma_{M2} =$ Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit → $\gamma_{M2} = 1,25$
$A_0 = \frac{(\pi \cdot d_0^2)}{4}$	Querschnittfläche des Nietloches
$d_0$	Durchmesser Bohrung → $d_0 = 4,9 \text{ mm}$

Die Berechnung führt zu einem Ergebnis von  $n_a \geq 0,6$ .

Die erforderliche Nietanzahl aufgrund der Lochleibungstragfähigkeit ist in Formel (2.2) dargestellt.

$$n_1 \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{k_1 \cdot \alpha_b \cdot R_m \cdot d_0 \cdot t} \quad (2.2)$$

mit

$k_1$                     Beiwert für quer zur Krafrichtung liegende Niete  $\rightarrow k_1 = 2,5$

$\alpha_b$                     Beiwert für in Krafrichtung liegende Niete  $\rightarrow \alpha_b = 1,0$

$t$                         Bauteildicke einer Wand  $\rightarrow t = 2 \text{ mm}$

Die Berechnung führt zu einem Ergebnis von  $n_1 \geq 0,3$ .

Da das Ergebnis der Nietzahl-Berechnung aufgrund der Abschertragfähigkeit höher ist als das der Lochleibungstragfähigkeit, muss dieses berücksichtigt werden. Da diese Zahl sehr gering ist wird auf eine detailliertere Berechnung verzichtet und sicherheitshalber deutlich mehr Nietpunkte gesetzt. Die drei Bleche werden wie in Abbildung 2.15 zu erkennen zusammgebaut und vernietet.

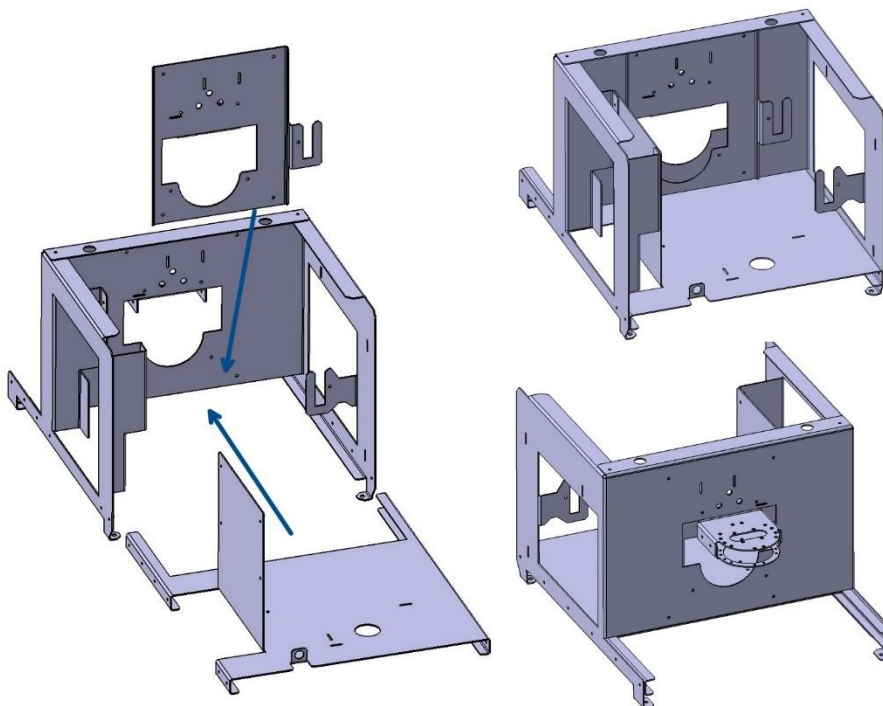


Abbildung 2.15 Rahmenkonstruktion Zusammenbau [Eigene Darstellung]

## 2.2.9 Langlöcher für Magnetventilhalterungen

Für die Befestigung der Magnetventilhalterungen wurden Langlöcher passend zur jeweiligen Magnetventil-Position in die Bleche eingefügt. Die Langlöcher werden orthogonal zu den Langlöchern der Halterungen positioniert. Dadurch können die Magnetventile am Blech befestigt werden, auch wenn sich die Position der Magnetventile beim Zusammenbau marginal ändern sollte [pageid=13850].

## 2.2.10 Blexon Check und Preise

Bei einem abschließenden Blexon Check wurden das Seitenblech, das Bodenblech sowie das Halteblech als OK eingestuft und sind somit problemlos fertigbar. Die Preise für die Bleche aus Edelstahl (1.4301) geschliffen 2,0 mm mit Folie sind in der Tabelle 2-2 nachzulesen. Die Originalpreislisten sind im Anhang 4A zu finden.

Tabelle 2-2 Staffelpreise Seitenblech, Halteblech, Bodenblech bei Blexon [Eigene Darstellung]

Modul: Seitenblech				Modul: Halteblech				Modul: Bodenblech			
Blexon Nr: 439150				Blexon Nr: 439148				Blexon Nr: 438947			
Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €		Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €		Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €	
		Schnell	Preiswert			Schnell	Preiswert			Schnell	Preiswert
1	Blexon	389,14	356,11	1	Blexon	112,27	104,05	1	Blexon	150,47	130,30
2		233,13	205,03	2		65,03	58,62	2		94,41	78,31
5		140,69	85,77	5		37,73	26,28	5		68,37	46,25
10		110,46	66,08	10		28,33	16,78	10		57,20	35,78
25		91,93	56,96	25		22,39	13,74	25		52,13	33,31
50		85,64	53,84	50		20,27	12,64	50		49,97	32,20
100		82,50	52,28	100		19,88	12,52	100		48,96	31,68

## 2.3 Stückliste

Es wurde eine Stückliste des labortechnischen Espressomaschinen Zusammenbaus mit dem Stand vom 07.02.2023 erstellt. Unterteil ist diese Liste in Zusammenbau, ELSA-Verschraubungen AVS-Römer, Elektronikbauteile und in Normteile. Die Stückliste ist im Anhang 2 zu finden.

## 2.4 Zusammenfassung

Der Hydraulikplan vom 16.06.2022 wurde umgesetzt und die Neuordnung der Bauteile und Baugruppen abgeschlossen. Dabei wurde sowohl auf einen geradlinigen Rohrleitungsverlauf als auch auf Wartungsfreundlichkeit geachtet. Durch eine systematische Anordnung der Magnetventile konnten auf zusätzliche Abfluss-Ventile verzichtet werden. Um die Leitungswege besser nachvollziehen zu können, wurden provisorische Leitungen in den CAD-Zusammenbau eingefügt.



Die Rahmen- und Brühgruppenkonstruktion wurde mit drei einzelnen Blechbiegeteilen umgesetzt. Das Konzept, das Elektronikblech aus dem Bodenblech zu biegen, wurde umgesetzt. Bei der Konstruktion der Brühgruppenhalterung wurde die Schnittstellendefinition von Felix Kistler verwendet. Die Brühgruppenhalterung wurde so ausgelegt, dass diese durch außen einwirkende vorgegebene Kräfte eine nur geringe Verbiegung erfährt. Es wurden Boiler-Halterungen konstruiert, mit welchen der Boiler im Rahmen fixiert werden kann. Die Boiler-Halterung besteht aus drei 3D gedruckten Einzelteilen sowie aus zwei Blecharmen, welche in dem Seitenblech und dem Halteblech enthalten sind. Die 3D gedruckten Teile setzen sich aus zwei seitlichen Boiler-Deckel-Aufnehmern und einem Boiler-Auflage-Bock zusammen. Die Blechteile wurden fertigungsgerecht konstruiert und sind bei dem Hersteller Blexon bestellbar.

## 2.5 Ausblick

Im nächsten Schritt müssen die Anschlüsse an die Dampf- und Teelanzen festgelegt werden. Die Magnetventil-Halterungsbleche sollen so angepasst werden, dass Magnetventile am Rahmen befestigt werden können, auch wenn diese direkt über dem Blech positioniert sind. Dabei würde es ausreichen, wenn der U-Ausschnitt tiefer ins Blech ragt.

Die Leitungsverbindung hin zur Brühgruppe gilt es zu vervollständigen, sobald ein fertiges Konzept dafür besteht. Bevor die Bleche bestellt werden, sollten Bohrungen für die Elektronikkomponenten in die Blechkonstruktion eingefügt werden. Dies kann erledigt werden, sobald die Größen der Elektronikplatinen festgelegt sind. Alternativ können die Löcher nachträglich vom Labormeister gebohrt werden. Ebenso sollten, sobald die Größe der Abtropfwanne feststeht, Bohrungen ins Bodenblech eingefügt werden, damit die Abwasserleitungen in der Wanne münden können.

Zudem muss bei den verbauten 3,6 l Boiler-Konstruktionen noch eine Überhitz-Sicherung implementiert werden. Die Sicherungsumsetzung kann mithilfe eines Anlage Thermometers erfolgen.

## 3 Glasboilermaschine

~~Dieses Kapitel umfasst die Bearbeitung der Arbeitspakete für die Glasboilermaschine.~~ Die Arbeitspakete umfassen den Glasboiler, die freitragende Brühgruppe mit dem Brühlturm, die Abtropfwanne mit dem Abtropfblech, den Unterbau sowie die Bodenplatte. Als Übersicht dient die überarbeitete Baugruppe der Glasboilermaschine in Abbildung 3.1.

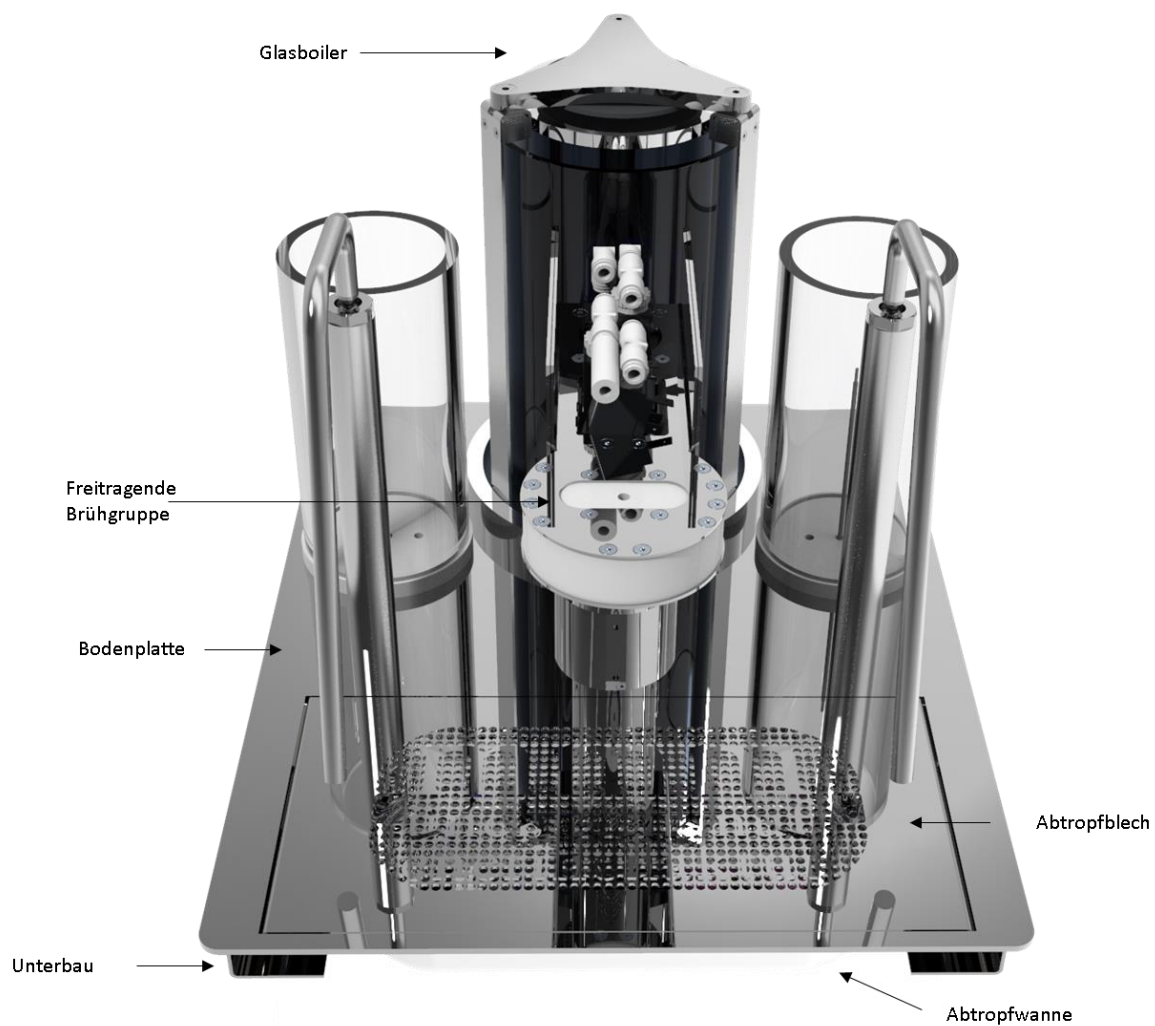


Abbildung 3.1 Glasboilermaschine [Eigene Darstellung]



### 3.1 Glasboiler (Stefanie Diener)

Der Glasboiler ist sowohl optisch als auch funktional eine wichtige Baugruppe der Glasboilermaschine. Mit seiner Eigenschaft, dem Benutzer den Anblick des kochenden Wassers zu ermöglichen, ist er das herausstichtende Merkmal dieser Kaffeemaschine. In diesem Kapitel werden Teile dieser Baugruppe betrachtet und überarbeitet. Dazu gehören die Spannhaken, welche zur Befestigung des Verspannmechanismus dienen sowie der Boden des Boilers.

#### 3.1.1 Leistungsvereinbarungen und Ausgangssituation

Die Boilerkonstruktion ist bezüglich der mechanischen und thermischen Festigkeit der Spannhaken zu prüfen. Sollte sich die Konstruktion der Spannhaken durch die Analyse als nicht tauglich erweisen, muss eine Alternativlösung gefunden werden. Der grundlegende Mechanismus inklusive Boilerdeckel und Verspanndeckel ist dabei zu erhalten. Der Boilerboden ist so umzukonstruieren, dass der Boiler flächig auf der Bodenplatte aufliegt. Die eingeklebten metallischen Durchführungen beziehungsweise Hülsen sind so umzugestalten, dass möglichst wenig, bestenfalls keine, eingeklebten Hülsen benötigt werden. In jedem Fall ist ein dichter Boiler zu gewährleisten. ~~Der Bestellvorgang des Boilerbodens ist für das Jahr 2023 geplant.~~



#### 3.1.2 Spannhaken

~~Dieser Abschnitt befasst sich mit den Spannhaken der Boilerkonstruktion. Dabei wird zunächst die bestehende Konstruktion überprüft. Zeigen sich hierbei Unzulänglichkeiten in Bezug auf die mechanische und thermische Festigkeit der Spannhaken, wird eine Neukonstruktion mit anderem Material erstellt.~~ Aufgrund der hohen Belastung durch die Vorspannkraft der Feder und die Erwärmung im Betrieb, sind die Ansprüche an dieses Bauteil besonders hoch. Ein Versagen der Spannhaken würde ein ~~enormes~~ Sicherheitsrisiko darstellen, was in jedem Fall ausgeschlossen werden muss.



##### 3.1.2.1 Festigkeitsberechnung der bestehenden Konstruktion

Die bestehende Konstruktion der Spannhaken muss auf Festigkeit überprüft werden. Dafür wird im Folgenden betrachtet, welche Belastungen am Bauteil auftreten und ob das Bauteil diesen über einen gewissen Zeitraum standhält. Die hier untersuchte Geometrie bezieht sich auf den CAD-Stand vom 05.01.2022 sowie die Bachelorarbeit [44].



Dazu werden zunächst die auf das Bauteil wirkenden Kräfte untersucht und der am stärksten gefährdete Querschnitt ermittelt. An diesem Querschnitt wird ein statischer Festigkeitsnachweis durchgeführt. Anschließend wird die dynamische Festigkeit geprüft, das heißt die Festigkeit des Bauteils unter Einbezug der Lebensdauer, der Anzahl der Schwingspiele und der Temperatur. In dem folgenden Abschnitt sind diese Berechnungen zusammengefasst und die Ergebnisse dargestellt. Die vollständige Berechnung ist ~~im Dokument~~ [87] ~~zu finden~~.



### **Belastungen und kritischer Querschnitt**

~~Zunächst werden die auf das Bauteil wirkenden Kräfte betrachtet.~~ Bei der Kraft  $F_V$  handelt es sich um die Vorspannkraft der Tellerfeder, welche aufgrund der Anzahl der Spannhaken (drei Stück) gedrittelt und aufgerundet wird.

$$F_V = \frac{2500 \text{ N}}{3} \approx 834 \text{ N} \quad (3.1)$$

Aufgrund der komplexen Geometrie und der schwierigen exakten Vorhersage des Kraftflusses wird zur Worst-Case-Betrachtung die komplette Kraft über den äußeren Spannhaken abgeleitet. Es ergibt sich aufgrund von Biege- und Schubbeanspruchungen eine Vergleichsspannung nach Mises am kritischen Querschnitt von

$$\sigma_V = 35,3 \text{ MPa}. \quad (3.2)$$

### **Beanspruchungen und Lastfall**

Es handelt sich um eine schwellende Belastung. Dabei wirkt die Vorspannkraft der Schraube im Normalzustand, es wirkt die Maximalspannung. Erhitzt sich das Wasser im Boiler, steigt der Innendruck an, womit eine Kraft entgegen der Vorspannkraft wirkt. Bei maximalem Innendruck sinkt die Kraft theoretisch auf null Newton. Somit liegt eine dynamische Beanspruchung vor. Ein Schwing- oder Lastspiel liegt vor, wenn die Spannung, nachdem sie auf null gesunken ist, wieder den Ausgangswert erreicht hat. In diesem Fall ist ein Schwingspiel also gleichzusetzen mit dem einmaligen An – und Ausschalten der Kaffeemaschine. Für die weitere Rechnung wird als Worst-Case-Fall angenommen, dass die Maschine 10x täglich angeschaltet wird und auf eine Lebensdauer von 10 Jahren ausgelegt ist.

### Festigkeitsnachweis

Die maximal am Bauteil auftretende Spannung beträgt  $\sigma_o = 35,3 \text{ MPa}$ . Die Zugfestigkeit von dem Werkstoff PA-12 liegt bei  $\sigma_\gamma = 48 \text{ MPa}$ . Für die statische Festigkeit gilt dann

$$\sigma_{stat} = \sigma_\gamma \cdot A_S = 48 \text{ MPa} \cdot 0,8 = 38,4 \text{ MPa} \quad (3.3)$$

mit dem Abminderungsfaktor  $A_S = 0.8$  für teilkristalline, unverstärkte Kunststoffe. Somit gilt

$$\sigma_o = 35,3 \text{ MPa} < 38,4 \text{ MPa} = \sigma_{stat} = \sigma_{zul}. \quad (3.4)$$

Damit ist die statische Festigkeit des Bauteils gegeben.

Für die dynamische Festigkeit wird zunächst ein Temperatur-Abminderungsfaktor bestimmt, um den Einfluss der Temperaturerhöhung während des Betriebs einzubeziehen. Aus Versuchen vom 26.10.2022 zeigt sich, dass sich die untersuchten Spannhaken auf maximal 60°C erwärmen. Für das verwendete Material PA-12 sind vom Hersteller HP keine Materialdaten unter Temperatureinfluss vorhanden. Daher wird anhand von Daten ähnlicher Materialien eine Abschätzung vorgenommen. Daraus ergibt sich für eine Erwärmung von 23°C auf 60°C der Temperatur-Abminderungsfaktor  $A_T = 0,57$ .

Weiterhin muss die Ermüdungsfestigkeit des Bauteils geprüft werden, also auf die Festigkeit in Bezug auf die zyklisch auftretende Belastung. Die Grenzspannungsamplitude  $\sigma_G$  für PA-12 liegt bei

$$\sigma_G = 9,6 \text{ MPa}. \quad (3.5)$$

Unter Einbezug des Temperatur-Abminderungsfaktors und der Lastspielzahl ergibt sich eine zulässige Spannung von

$$\sigma_{zul} = 8,87 \text{ MPa}. \quad (3.6)$$

Damit ~~ist eindeutig zu erkennen, dass~~ gilt

$$\sigma_o = 35,3 \text{ MPa} > 8,87 \text{ MPa} = \sigma_{zul}. \quad (3.7)$$

Die Ermüdungsfestigkeit des Bauteils ist somit nicht gegeben.

Bei dem Temperatur-Abminderungsfaktor handelt es sich hier um einen abgeschätzten Wert, da keine expliziten Materialdaten vorhanden sind. Die Genauigkeit der Abschätzung ist an dieser Stelle allerdings irrelevant, da auch ohne den Einfluss der Temperatur die auftretende Spannung die zulässige Spannung (bei Raumtemperatur) überschreitet:

$$\sigma_0 = 35,6 \text{ MPa} > 15,56 \text{ MPa} = \sigma_{zul,23^\circ\text{C}} \quad (3.8)$$

Daher sollte ein anderer Werkstoff gewählt und eine Neukonstruktion in Betracht gezogen werden.

### 3.1.2.2 Neukonstruktion der Spannhaken

~~Wie im vorangehenden Kapitel gezeigt, weist die ursprüngliche Konstruktion der Spannhaken eine unzureichende Betriebsfestigkeit auf.~~ Daher wird ein neues Konzept entwickelt, in welchem der Spannhaken ein Blechbiegeteil aus Edelstahl ist. Der geplante Verspannmechanismus wird dabei erhalten.

Anstelle getrennter Elemente zur Verbindung des Verspanndeckels und des Glaszylinders sowie des Glaszylinders und des Bodens besteht die neue Konstruktion aus einer Einheit, welche sowohl die obere als auch die untere Verbindung übernimmt. In Abbildung 3.2 ist die bisherige Konstruktion sowie die neue Konstruktion der Spannhaken dargestellt.

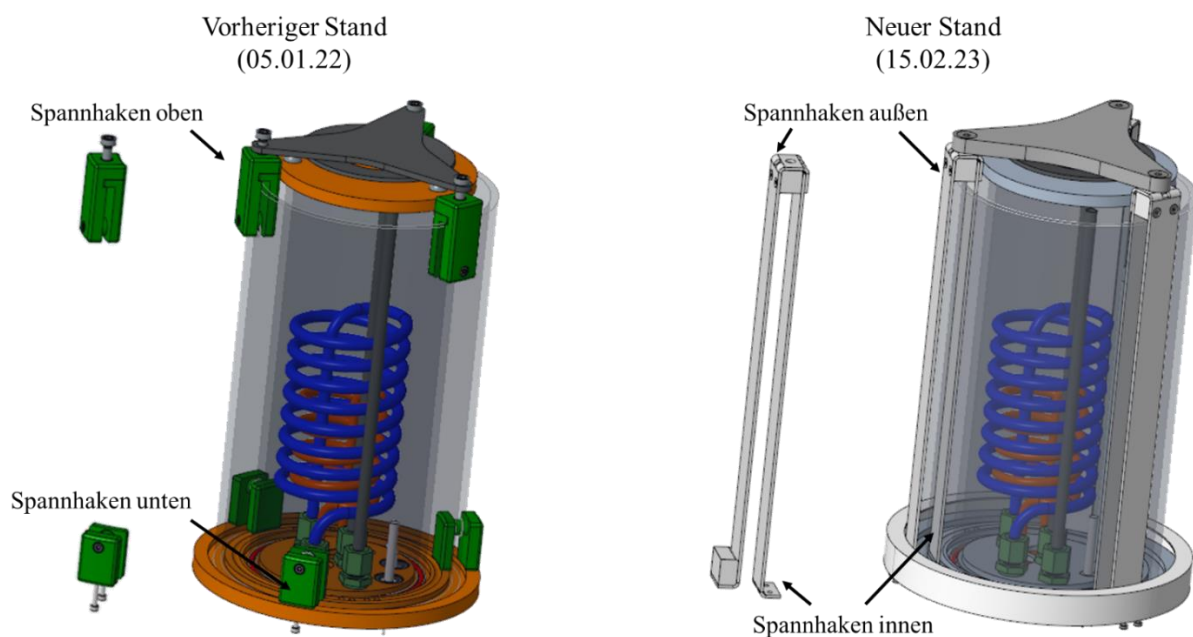


Abbildung 3.2 Vergleich bisheriger Spannhaken und neuer Spannhaken [Eigene Darstellung]

Das neue Konzept für die Spannhaken ist genauer in Abbildung 3.3 dargestellt. Es besteht aus zwei Biegeblechteilen ① und ② sowie zwei Versteifungselementen ③ und ④. Die Versteifungselemente dienen zum Verhindern der Durchbiegung der Spannhaken und gleichzeitig als Gegenstücke für die Befestigungsschrauben. Aufgrund des mangelnden Platzes zwischen dem inneren und äußeren Glaszylinder, insbesondere unter Anbetracht der recht hohen Toleranzen, wird die Befestigungslasche des inneren Spannhakens ② unter das Bodenblech verlegt.

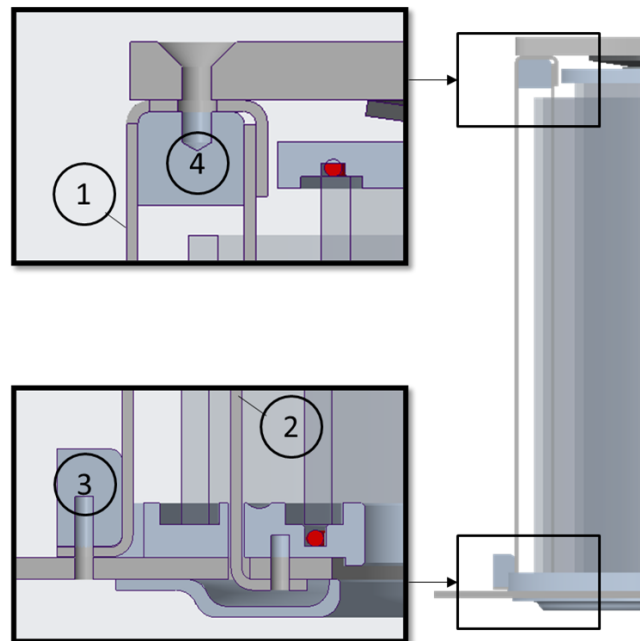


Abbildung 3.3 Skizze - Konzept Spannhaken [Eigene Darstellung]

Um die Montage zu ermöglichen, wird daher der innere Spannhaken als L-Stück konstruiert. Somit kann dieser bei der Montage von unten durch das Bodenblech und den Boilerboden geführt werden. Der äußere Spannhaken ① dagegen wird als passendes Gegenstück dazu ausgeführt, so dass die beiden Einzelteile oben verschraubt werden können. Das untere Versteifungselement ③, das mit dem äußeren Spannhaken verschraubt wird, könnte in zukünftigen Versionen beispielsweise als Ring ausgeführt werden, um ein optisch ansprechenderes Design zu erlangen [pageid=13918].

## Wirkungsweise der Versteifungselemente

Die zwei zum Einsatz kommenden Versteifungselemente wirken als Gegenstücke für die Verschraubungen des Bauteils mit der Bodenplatte beziehungsweise des Verspanndeckels. Ihre Hauptfunktion besteht allerdings darin, die Verformung der Spannelemente unter der Belastung zu verhindern. In Abbildung 3.4 ist dies schematisch dargestellt. Die linke Skizze zeigt den

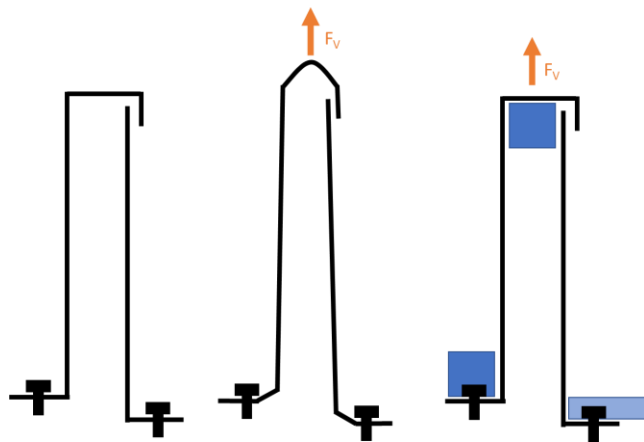


Abbildung 3.4 Schematische Darstellung der Wirkungsweise der Versteifungselemente unter Belastung [Eigene Darstellung]

groben Aufbau der beiden Spannhaken sowie die Verschraubung am Boden (belastungsfrei). Wirkt ~~nun~~ im Betrieb die angreifende Kraft, würden sich die Bauteile wie in der mittleren Skizze überdimensioniert dargestellt verbiegen. Um diese aus der Zugkraft resultierende Deformation zu verhindern, werden die Versteifungselemente verwendet. Ihre Positionierung ist in der rechten Skizze zu erkennen. Sie sind dabei durch die beiden blauen Rechtecke dargestellt. Das obere Element unterbindet, dass die beiden Spannhaken zueinander gezogen werden und möglicherweise mit dem dazwischenliegenden Glaszylinder in Kontakt kommen könnten. Das untere Element verhindert eine Vergrößerung des Biegewinkels der unteren Lasche über 90°. Da der innere Spannhaken unterhalb der Bodenplatte verschraubt ist, wird hier diese Funktion von der Bodenplatte und dem Boilerboden übernommen, sodass kein weiteres Versteifungselement benötigt wird [pageid=13918].

## Schraubenauswahl

Da die Mindestmaße der Spannhaken durch die Bohrungen limitiert werden, wird zunächst für jede Position eine Schraubenauswahl durchgeführt. Dafür wird die benötigte Schraubenlänge über die zu durchdringenden Komponenten und die Mindesteinschraubtiefe gemäß DIN 76 bestimmt. An Positionen, an denen im späteren Gesamtaufbau der Schraubenkopf sichtbar ist, werden aus optischen Gründen Schrauben mit Senkkopf verwendet. Aufgrund der einfacheren Montage bei geringem Freiraum werden an einigen Stellen Schrauben mit Innensechskant benötigt. Um die zur Montage notwendige Anzahl an Werkzeugen gering zu halten, wird für alle Positionen eine

Schraube mit Innensechskant gewählt. Die detaillierte Begründung zur Schraubenauswahl ist im Wiki [pageid=13918] zu finden. Insgesamt werden folgende Schrauben benötigt, siehe Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1 Benötigte Schrauben Spannhaken

Anzahl pro Spanneinheit	Anzahl pro Gesamtbauteil	Bezeichnung
1	3	Senkschraube ISO 10642 - M6x25 - 8.8
2	6	Senkschraube ISO 10642 - M3x8 - 8.8
2	6	Senkschraube ISO 10642 - M3x10 - 8.8
4	12	Zylinderschraube ISO 7984 - M3x12 - 8.8

## Konstruktionsdetails

Die Abmaße der beiden Spannhaken werden zum einen durch die notwendigen Bohrungen, zum anderen durch die Konstruktionsregeln gemäß des Herstellers Blexon für Blechbiegeteile bestimmt. Die Form des äußeren Spannhakens ist in Abbildung 3.5 links zu sehen. An der oberen Lasche wird der Verspanndeckel verschraubt. Dazu dient die obere zentrierte Durchgangsbohrung. Es werden in beiden Biegebereichen Entlastungsschnitte eingefügt, um die Form der Bohrung nach dem Biegen zu sichern.

Weiterhin dient die Lasche zur Verbindung mit dem inneren Spannhaken, wofür zwei Senkbohrungen vorgesehen sind. Diese sind so angeordnet, dass keine Kollision mit der oberen Schraube des Verspanndeckels entsteht. Außerdem sind sie außerhalb der Biegezone positioniert, so dass keine weiteren Entlastungsschnitte notwendig sind. Die obere Lasche bestimmt maßgeblich die Größe des gesamten Spannhakenzusammenbaus. Diese soll möglichst geringgehalten werden. Zum einen aus optischen Gründen, zum anderen um den entstehenden Hebelarm zu minimieren. Daher richtet sich die Größe der oberen Lasche nach den Vorgaben zum Mindestabstand von Biegungen. Bei dem Hersteller Blexon gilt für eine Blechdicke von 2 mm der Mindestabstand von 12,5 mm. Die untere Lasche dient zur Befestigung am Bodenblech.

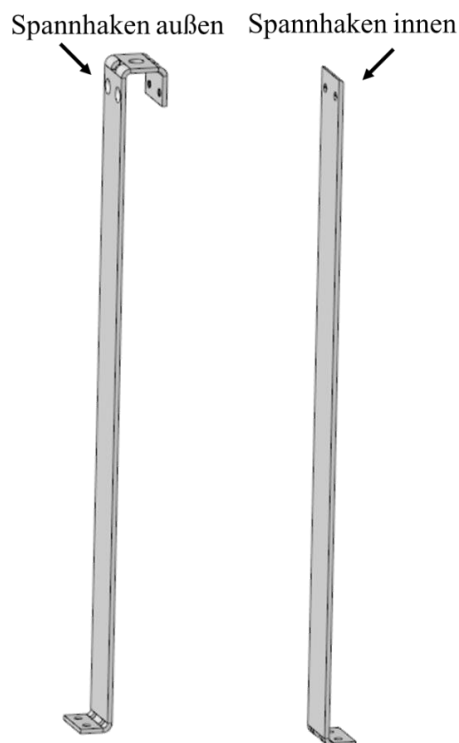


Abbildung 3.5 Äußerer und innerer Spannhaken [Eigene Darstellung]

Es sind zwei Bohrungen vorgesehen, um die Komponente gegen Verdrehen zu sichern. In der Biegezone werden zwei Entlastungsschnitte benötigt. Der innere Spannhaken ist in Abbildung 3.5 links dargestellt. Die Befestigungslasche des inneren Spannhakens wird von unten an die Bodenplatte geschraubt. Durch Aussparungen in der Bodenplatte und im Boilerboden wird der Spannhaken nach oben geführt, wo er mit dem äußeren Spannhaken verschraubt wird. Für die obere und untere Befestigung werden jeweils zwei Befestigungsschrauben verwendet. In der Biegezone werden zwei Entlastungsschnitte hinzugefügt, um die Form der Bohrungen zu gewährleisten [pageid=13918].

### Längenänderungen aufgrund von Erwärmung und Krafteinwirkung

Durch die Erwärmung im Betrieb sowie die wirkende Zugkraft ergibt sich eine Längenänderung des Bauteils. Es muss geprüft werden, ob trotz dieser Längenänderung die Federkraft im Betrieb gewährleistet ist. Die Maße, die zur Berechnung verwendet werden, **entstammen der ersten Konstruktion** und Auslegung und können sich eventuell noch verändern. Da die möglichen Änderungen aber maximal wenige Millimeter betragen, können sie für diese Rechnung als vernachlässigbar betrachtet werden.

Aufgrund der Erwärmung des Außenzylinders im Betrieb muss geprüft werden, ob die thermische Längenänderung des neu konstruierten Spannhakens als kritisch zu bewerten ist. Die Erwärmung des äußeren Glaszylinders **wurde in Versuchen vom 26.10.22** ermittelt und im Wiki dokumentiert. Demnach wird als maximale Temperatur des äußeren Glaszylinder 65°C angenommen. Die genauen Berechnungen sind im Wiki-Beitrag [pageid=13918] zu finden. Zusammenfassend ergeben sich für die neue Spannhakenkonstruktion folgende Gesamt-Längenänderungen, siehe Tabelle 3-2.

Tabelle 3-2 Längenänderungen Spannhaken

Längenänderung aufgrund von	Spannhaken außen	Spannhaken innen
Erwärmung	0,220 mm	0,218 mm
Krafteinwirkung	0,013 mm	0,012 mm
Gesamtlängenänderung	0,233 mm	0,230 mm



Die Längenänderung der vorherigen Spannhakenkonstruktion betrug 0,229 mm [44]. Für den Mindestvorspannweg ergibt sich daraus folgende Änderung:

Vorspannweg bisher  $s_{min} = 0,925 \text{ mm} \approx 0,93 \text{ mm}$

Vorspannweg neu  $s_{min} = 0,929 \text{ mm} \approx 0,93 \text{ mm}$



Die Änderung der Längenausdehnung ist so gering, dass die Federkraft nicht wesentlich beeinflusst wird. Eine Anpassung des Vorspannwegs ist somit nicht notwendig [pageid=13918].

### 3.1.2.3 Montage des Borosilikatglasboilers

Die Montage der Glasboiler-Baugruppe ist in ~~der Abschlussarbeit~~ [44] beschrieben. Durch die Umkonstruktion der Spannhaken ergeben sich Änderungen in der Montagereihenfolge, ~~welche hier dokumentiert werden.~~

Eine Übersicht der Montageschritte ist in der nachfolgenden Tabelle 3-3 zu sehen.

Tabelle 3-3 Übersicht Montageschritte Borosilikatglasboiler [Eigene Darstellung]

Montageschritt	Änderungen
Montage der inneren Boilerelemente	Montage des Temperatursensors
Montage der Spannhaken am äußeren Borosilikatglasboiler	entfällt
Montage der Zylinderstifte im Boilerdeckel	-
Montage der Unterbodenkonstruktion	-
Montage der inneren Spannhaken	Neuer Schritt
Montage des inneren Borosilikatglaszylinders	Boilerdeckel wird erst später montiert
Montage des äußeren Borosilikatglaszylinders am Boilerboden	Nur Glaszylinder einsetzen
Zuschnitt und Anbringen des Dämmmaterials	-
Montage der äußeren Spannhaken und Versteifungselemente	Neuer Schritt
Montage der Spannkomponten und des Verspanndeckels	Boilerdeckel wird montiert

Zuerst werden die inneren Boilerelemente montiert. Dieses Vorgehen bleibt bis auf die Montage des Temperatursensors unverändert. Der Temperatursensor wird nicht mehr über eine eingeklebte Muffe befestigt, sondern durch ein direktes Gewinde im Boilerboden. Bei der Montage muss hierfür das Innengewinde in dem dafür vorgesehenen Kernloch geschnitten werden. Zusätzlich wird zur Abdichtung eine Gewindeklebemasse verwendet.

Die ursprüngliche Montage der Spannhaken am äußeren Glaszylinder entfällt durch die Neukonstruktion. Der innere Spannhaken wird zunächst von unten durch die dafür vorgesehene Aussparung durch das Bodenblech geführt. Dies ist in Abbildung 3.6 dargestellt. Anschließend wird von oben der Boilerboden über die inneren Spannhaken geführt und verschraubt. Dafür sind an der Befestigungslasche des Spannhakens sowie in der Bodenplatte und im Boilerboden Bohrungen vorgesehen. Die ursprünglich beschriebene Montage der Spannhaken am äußeren Glaszylinder entfällt durch die Neukonstruktion.

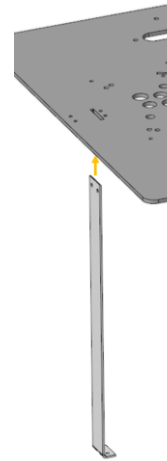


Abbildung 3.6 Montage innerer Spannhaken [Eigene Darstellung]

Das obere Versteifungselement wird zunächst durch zwei Senkschrauben an dem äußeren Spannhaken befestigt (Abbildung 3.7, Schritt 1). Anschließend wird der äußere Spannhaken inklusive den Versteifungselement über den bereits montierten inneren Spannhaken geführt (Abbildung 3.7, Schritt 2). Zur Erleichterung dieses Schritts ist am Versteifungselement eine Fase angebracht. Nun werden durch die zwei inneren Schrauben der äußere und der innere Spannhaken über das Versteifungselement verschraubt. Beim Anziehen der Schrauben muss darauf geachtet werden, die beiden Glaszylinder nicht zu beschädigen.

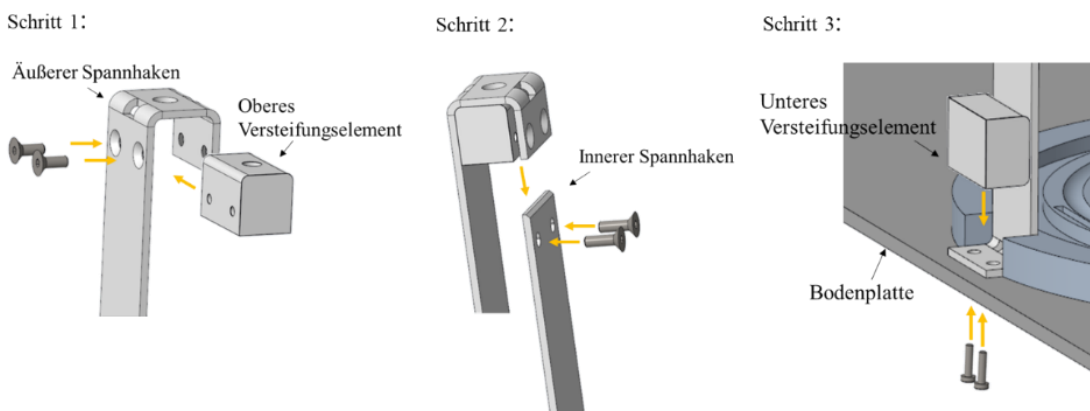


Abbildung 3.7 Montageschritte äußerer Spannhaken [Eigene Darstellung]

Anschließend wird das zweite Versteifungselement auf der unteren Lasche des äußeren Spannhakens positioniert. Die beiden ~~ausgewählten~~ Schrauben werden von unten durch die Bodenplatte und die Befestigungslasche geführt, und im Versteifungselement verschraubt (Abbildung 3.7, Schritt 3) [pageid=13918].

## Herstellkosten

Die beiden Spannhaken werden durch Blechbiegen gefertigt. Voraussichtlich wird hierfür der Hersteller Blexon gewählt. Die Fertigbarkeit wurde überprüft und es ergaben sich folgende Stückpreise für die einzelnen Bauteile, siehe Tabelle 3-4. ~~Eine Gesamtübersicht der Preise ist im Anhang 4B zu finden.~~

Tabelle 3-4 Staffelpreise Innerer und äußerer Spannhaken bei Blexon [Eigene Darstellung]

Modul: Glasboiler - Baugruppe: Innerer Spannhaken				Modul: Glasboiler - Baugruppe: Äußerer Spannhaken			
Blexon Nr: 428296				Blexon Nr: 428290			
Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €		Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €	
		Schnell	Preiswert			Schnell	Preiswert
1	Blexon	75,52	70,78	1	Blexon	110,11	104,32
2		39,76	37,06	2		58,39	55,11
5		18,30	15,12	5		27,35	22,60
10		11,15	6,60	10		17,01	11,36
25		6,86	4,28	25		10,80	7,39
50		5,43	3,51	50		8,74	6,06
100		4,84	3,22	100		7,83	5,49

### 3.1.3 Boilerboden

~~Dieses Kapitel befasst sich mit der Weiterentwicklung der bestehenden Konstruktion des Boilerbodens.~~ Dabei soll zum einen eine flächige Auflage des Boilerbodens auf der Bodenplatte erreicht werden. Zum anderen soll eine Alternativlösung zu den bisher verwendeten eingeklebten metallischen Durchführungen gefunden werden.

#### Flächige Auflage des Boilerbodens

**Bisher war an der** Unterseite des Boilerbodens ein Absatz angebracht. Dieser diente zur Positionierung des Boilerbodens auf der Bodenplatte, welche eine dafür vorgesehene Aussparung enthielt. In der unten gezeigten Abbildung ist dies in einer Seitenansicht im Schnitt dargestellt. Dadurch ergab sich als Auflagefläche lediglich der Randstreifen, um die Gewichtskraft des Boilers zu tragen. Um diese Fläche zu vergrößern und somit eine bessere Kraftverteilung und eine höhere Steifigkeit der Bodenplatte zu erreichen, wurde die Auflagefläche vergrößert. Der Vergleich der Auflagefläche des Boilerbodens auf der Bodenplatte ist ebenfalls in der folgenden Abbildung 3.8

dargestellt. Die linke Darstellung zeigt die bisherige Auflagefläche, das rechte Bild die vergrößerte Auflagefläche nach den angebrachten Änderungen. Durch die flächige Auflage des Boilerbodens konnte die Auflagefläche näherungsweise verdoppelt werden. Somit kann eine geringere Belastung für die Bodenplatte erreicht werden.

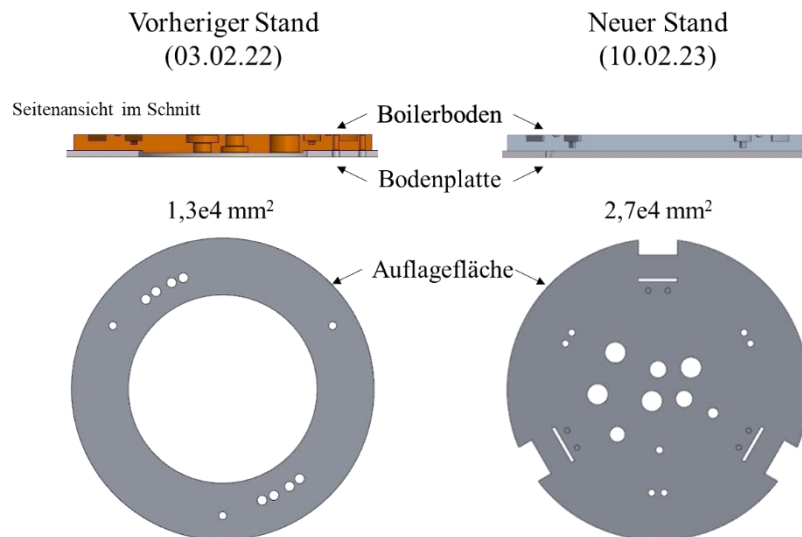


Abbildung 3.8 Vergleich der Auflagefläche zwischen Boilerboden und Bodenplatte [Eigene Darstellung]

## Reduzierung eingeklebter Hülsen

Um eine sichere Verklebung und damit eine sichere Abdichtung des Boilerbodens zu erreichen, sollen die bisher verwendeten eingeklebten **metallischen Durchführungen** ersetzt werden. Diese haben den Nachteil, dass die Verklebung glatter Flächen miteinander keine gute Haftung aufweist. Daher werden stattdessen direkt in den Boilerboden Gewinde angebracht. Bei der Fertigung des Boilerbodens wird lediglich das Kernloch gefertigt. Daher werden stattdessen direkt in den Boilerboden Gewinde angebracht. ~~Bei der Fertigung des Boilerbodens wird lediglich das Kernloch gefertigt.~~ Das Innengewinde selbst wird bei der Montage geschnitten. Zur zusätzlichen Abdichtung wird eine Gewindeklebmasse verwendet. Hierbei muss darauf geachtet werden, lebensmitteltaugliche Gewindeklebmasse zu verwenden. Die Dichtheit dieser Verbindung soll im weiteren Projektverlauf mithilfe eines Prototyps getestet werden.



## Weitere Anpassungen

Durch die neue Konstruktion der Spannhaken und weitere kleine Anpassungen haben sich Änderungen an dem Boilerboden ergeben. Diese wurden im CAD-Modell angepasst und sind hier vermerkt. Die folgende Abbildung 3.9 zeigt im Vergleich den bisherigen und den aktuellen Stand des Boilerbodens in Draufsicht (obere Abbildungen) sowie in Seitenansicht (untere Abbildungen).

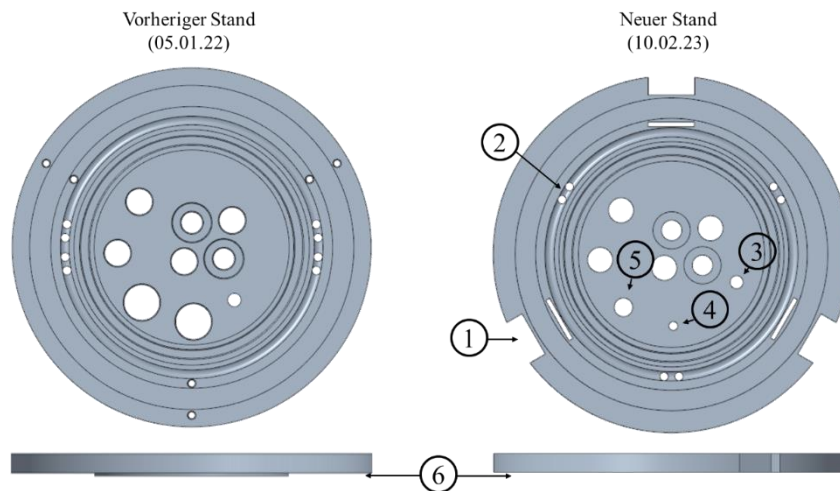


Abbildung 3.9 Vergleich bisheriger und neuer Stand des Boilerbodens [Eigene Darstellung]

Um die äußeren Spannhaken nahe am Glaszylinder positionieren zu können und somit den wirkenden Hebel zu reduzieren, wird eine Aussparung im Boilerboden angebracht, sodass die Spannhaken gerade nach unten zur Bodenplatte geführt werden können (1). Um die inneren Spannhaken durch den Boilerboden führen zu können, wird auch hierfür Aussparungen im Boilerboden eingefügt. An der Unterseite des Boilerbodens sind zusätzliche Bohrungen zur Befestigung angebracht. Details siehe im Wiki unter [pageid=13918]. Die Abflussbohrungen wird aus ~~Optik- und~~ Symmetriegründen neu positioniert (2). Die Position der Entschichtungs-bohrung wurde verändert, um im Unterbau eine geradlinigere Leitungsführung zu ermöglichen (3). Details sind im Wiki unter [pageid=13901] zu finden. Die Bohrung für den Füllstandssensor wird auf den aktuellen Sensor angepasst (4). Es handelt sich dabei um die Niveau-Sonde der Länge 250 mm von der Firma AVS-Römer (Artikelnummer: 390418). Der Temperatursensor wird statt mithilfe einer eingeklebten Muffe durch ein Gewinde im Boden befestigt. Die dafür vorgesehene Bohrung wurde entsprechend angepasst (5). Der Absatz auf der Unterseite des Boilerbodens wird entfernt, sodass er flächig auf der Bodenplatte aufliegt (6).

## 3.2 Freitragende Brühgruppe und Brühlturm (Martin Aspacher)

~~Dieses Kapitel widmet sich der Bearbeitung der freitragenden Brühgruppe, welche an dem Brühlturm montiert wird.~~ In der freitragenden Brühgruppe wird die Siebträgeraufnahme montiert und der Siebträger eingespannt. Hier erfolgt die spätere Extraktion des Kaffeemehls.

### 3.2.1 Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung

Als Ausgangszustand dient die grundlegende Konstruktion **der freitragenden Brühgruppe vom 04.11.2022** und des Brühlturms ~~vom 05.09.2022~~ [pageid=13905]. Die Ausgangssituation ist in Abbildung 3.10 dargestellt.

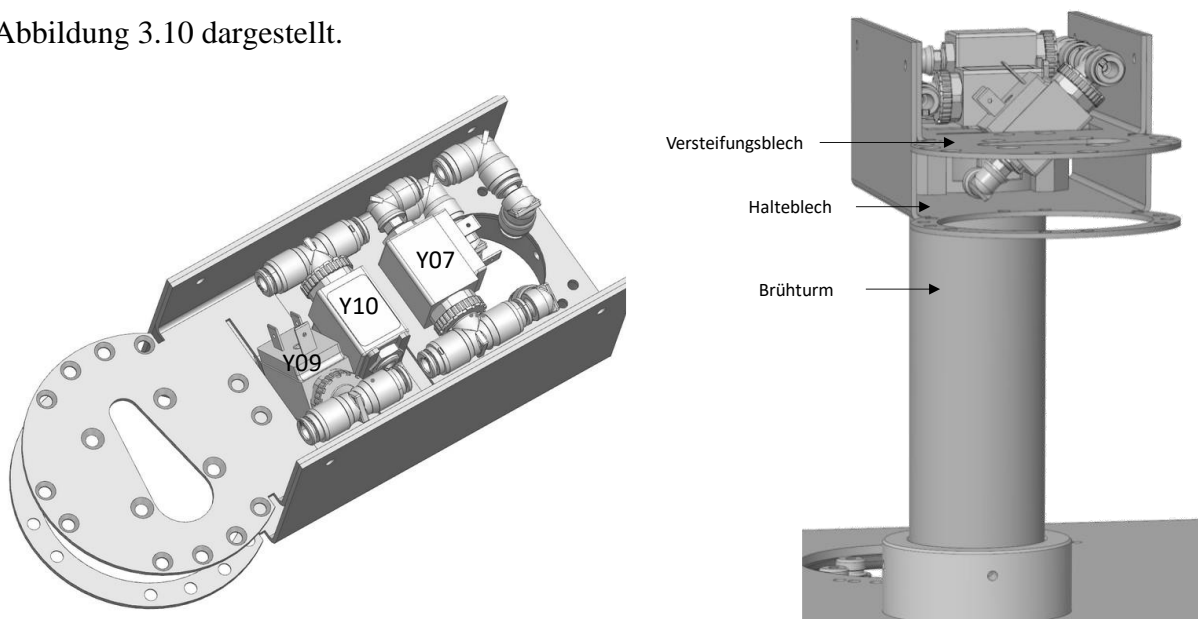


Abbildung 3.10 Ausgangssituation freitragende Brühgruppe (links); Baugruppe mit Brühlturm (rechts) [in Anlehnung an 10]

Für eine präzisere Beschreibung dienen die Bezeichnungen der Magnetventile Y07, Y09 und Y10 gemäß des Hydraulikplans [64]. Bei den Blechteilen der freitragenden Brühgruppe handelt es sich um das Versteifungs- und das Halteblech. Bei dem Werkstoff für die Bleche wird Edelstahl 1.4301 vorgesehen. **Die Blechdicke beläuft sich zunächst auf 2,0 mm.**

### Freitragende Brühgruppe

Bei der freitragenden Brühgruppe gilt es insbesondere die Leitungsführung für einen möglichst geradlinigen Rohrleitungsverlauf zu vereinfachen. Hierzu ist es gestattet die Gesamtmaße der Brühgruppe anzupassen. Das Ziel der Vereinfachung ist es, dass in dem Leitungsverlauf, außer den zwingend erforderlichen Winkelstücken an den Magnetventilen, keine weiteren „Ecken“ vorhanden sind. Weiter gilt es die Siebträgeraufnahme zu überarbeiten, welche zwischen Halte- und Versteifungsblech befestigt wird [pageid=13976].

Eine ergänzende Zielforderung ergibt sich infolge der horizontalen Anordnung der Magnetventile, siehe Abbildung 3.10. Diese Anordnung führt zu einer relativ breiten Brühgruppe von 83 mm, welche es zu verringern gilt. Zur Umsetzung eines schlanken Designs sollen die Magnetventile neu angeordnet werden. Bei der Siebträgeraufnahme soll es sich um ein Gleichteil für die Glasboilermaschine und die labortechnische Maschine handeln. Hierbei ist das bestehende Befestigungskonzept zu validieren [pageid=13896].

## Brühturm

Der Brühturm soll an die Gegebenheiten der freitragenden Brühgruppe angepasst und finalisiert werden. Neben der Integration der CAD-Modelle wird vereinbart ein Steifigkeitsnachweis mittels FEM durchzuführen. ~~Anhand der Betätigungsnorm sind~~ die wirkenden Kräfte am Siebträgerende mit 100 N vertikal und 75 N horizontal anzunehmen. Die Durchbiegung beziehungsweise Verdrehung soll weniger als 0,1 mm betragen. Dynamische Anforderungen wie beispielsweise Eigenfrequenzen und Frequenzfenster sind nicht definiert und müssen nicht betrachtet werden [pageid=13976].



### 3.2.2 Neuanordnung der Magnetventile

Die Neuanordnung der Magnetventile erfolgt iterativ über mehrere Schleifen. Limitiert wird die Neuanordnung beispielsweise durch den Abstand zwischen Brühgruppenkante und Kante des Abtropfblechs gemäß der Gaggia TE mit einem gemessenen Abstandsmaß von 14 mm. Die Neuanordnung der Magnetventile führt zu folgenden Ergebnissen, siehe Abbildung 3.11.

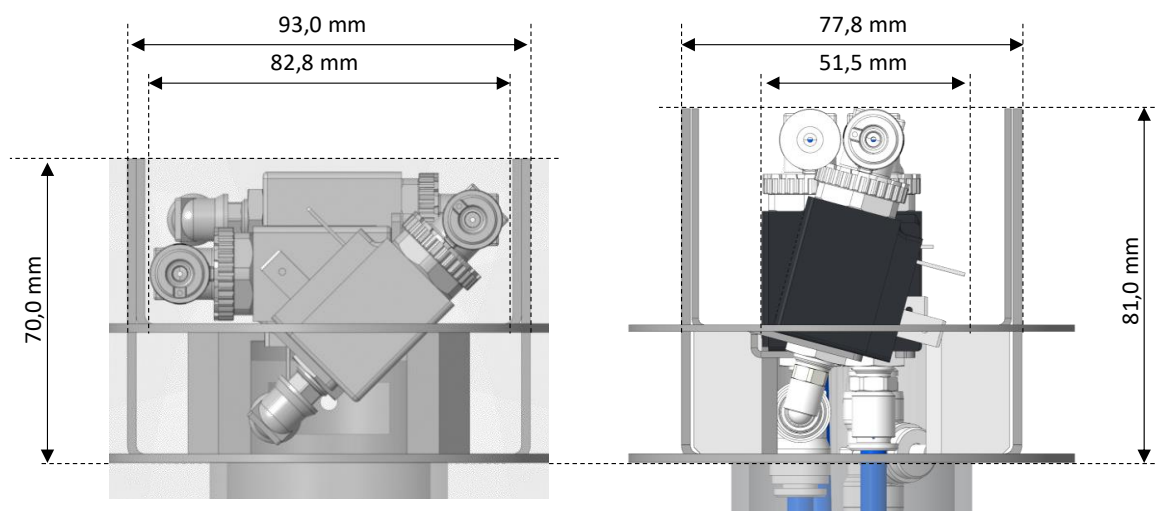


Abbildung 3.11 Neuanordnung Magnetventile: Alter Stand (links) , Neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung]

Das Umsetzen der Magnetventile Y07, Y09 und Y10 in eine vertikale Anordnung führt zu einer signifikanten Reduzierung der benötigten Breite der Magnetventile von 83,0 mm auf 51,5 mm. Dies entspricht näherungsweise 38 %. Die Brühgruppenbreite reduziert sich von 93,0 mm auf 77,8 mm, was ungefähr 17 % entspricht, siehe Abbildung 3.11 [pageid=13896]. Limitiert wird eine weitere Reduktion durch den vorgegebenen Mindestabstand zur Biegung von 12,5 mm durch das Versteifungsblech (vgl. Abbildung 3.14 auf Seite 43), was durch den Hersteller Blexon vorgegeben wird [pageid=13769].

Durch die vertikale Anordnung ergibt sich zunächst eine Steigerung der Bauhöhe von 70 mm auf 85 mm. Durch Einführen einer Aussparung in das Versteifungsblech und Positionieren des hinteren Magnetventils Y07 über dem Brühlturm kann die Bauhöhe auf 81 mm reduziert werden. Die Höhe der Brühgruppe steigt somit um 16 %, siehe Abbildung 3.11 [pageid=13896].

Mit der vertikalen Anordnung der Magnetventile und einer Positionierung von Y07 über dem Brühlturm reduziert sich die Anzahl von acht Winkelstücke auf vier. Drei ELSA-Winkelstücke können durch eine gerade ELSA-Verbindung (Best. Nr. 385021) ersetzt werden [pageid=13767, Produktkatalog, S. 42]. Ein weiteres ELSA-Winkelstück kann bei Y10 eingespart werden, siehe Abbildung 3.12.

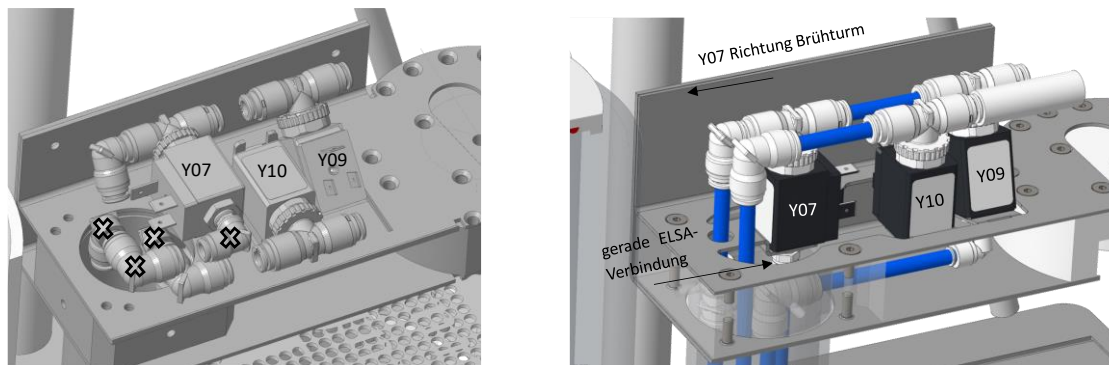


Abbildung 3.12 Vereinfachter Leitungsverlauf: Alter Stand (links) [in Anlehnung an 20], Neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung]

Hierbei gilt zu erwähnen, dass eine komplette Verlagerung von Y07 in den Brühlturm zu einer signifikanten Erhöhung des Brühlturm-Außendurchmessers führen würde, was als nicht ästhetisch bewertet wird [pageid=13896].



### 3.2.3 Vorauslegung freitragenden Brühgruppe mit erzielten Absenkungen

Aufgrund der geometrischen Änderungen des Versteifungsblechs ist eine Vorauslegung durchzuführen. Gemäß der Leistungsvereinbarung werden die Absenkungen der freitragenden Brühgruppe in z- und in y- Richtung untersucht. Die vordefinierten Belastungen betragen in vertikaler Richtung  $F_Z = 100 \text{ N}$  und in horizontaler Richtung  $F_Y = 75 \text{ N}$  [pageid=13976].

~~Für die Vorauslegung wird ein parametrisiertes Programm mit dem Berechnungsprogramm Mathcad entwickelt. Über eine Eingabemaske können neben den Belastungen wesentliche Parameter wie beispielsweise der E-Modul und die Geometrie des Halte- und Versteifungsblechs geändert werden, womit mehrere Iterationsschleifen ressourcensparend durchlaufen werden können.~~



Die Ermittlung der Absenkung in z-Richtung basiert im Wesentlichen auf der ~~in der technischen Mechanik bekannten~~ Biegelinie eines Biegebalkens  $w_z$  (3.9) mit der Verwendung des Flächenträgheitsmoments  $I_y$  (3.10). ~~Die Formeln lauten wie folgt:~~

$$w_z = \frac{F_Z \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_y} \quad (3.9)$$

$$I_y = \frac{B_i \cdot H_i^3}{12} + z_i^2 \cdot A_i \quad (3.10)$$

Für die Absenkung in y-Richtung wird zusätzlich der Drehwinkel  $\alpha$  infolge von Torsion (3.13) benötigt sowie das Torsionsträgheitsmoment  $I_t$  (3.14). ~~Die Formeln lauten wie folgt:~~

$$w_y = \frac{F_Y \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_z} \quad (3.11)$$

$$I_z = \frac{H_i \cdot B_i^3}{12} + y_i^2 \cdot A_i \quad (3.12)$$

$$\alpha = \frac{M_t \cdot L_{\text{Turm}}}{G \cdot I_t} \quad (3.13)$$

$$I_t = 2 \cdot \pi \cdot R_m^3 \cdot s \quad (3.14)$$

~~Da es sich hierbei um Standardformeln handelt, wird an dieser Stelle auf die Dokumentation in Wiki verwiesen [pageid=13896]. Das Programm ist in der Datensammlung von Wiki hinterlegt.~~

~~Durch Anwendung des Programms zeigt sich,~~ dass bereits die Geometrie des Halte- und Versteifungsblechs des Ausgangszustandes die zunächst geforderten Absenkungen von 0,1 mm nicht einhält. Ein ~~Selbsttest~~ an der Gaggia TE zeigt, dass eine Absenkung von 0,1 mm sehr konservativ gewählt ist. Um den Konstruktionsaufwand und die Dimensionen nicht weiter zu erhöhen, wurde einer Erhöhung der Absenkungen stattgeben. **Auf eine FEM-Analyse kann zunächst verzichtet werden [pageid=13976].**

Mit der überarbeiteten Brühgruppegeometrie wird eine Absenkung in z-Richtung von 0,28 mm erreicht. Da die Breite bei einer Absenkung in z-Richtung lediglich in erster Potenz eingeht (vgl. Formel (3.10)), hat die Ausparung hier einen geringen Einfluss. Die Absenkung in y-Richtung beläuft sich auf 0,82 mm. Weiter zeigt sich, dass die Absenkung in y-Richtung durch den Brühurm dominiert wird. Grund hierfür ist die hohe Steifigkeit des Halte- und Versteifungsblechs in diese Richtung, da die Breite in dritter Potenz eingeht (vgl. Formel (3.12)). Des Weiteren liegt ein geschlossenes Profil mit einem relativ großem Abstand vor.

### 3.2.4 Anpassung der Siebträgeraufnahme

Gemäß der Leistungsvereinbarung gilt es die Siebträgeraufnahme anzupassen. Dies beinhaltet die Reduktion der Bauhöhe von 30 mm auf 28 mm an der Unterseite. Die sich ergebende Differenz von 2 mm beruht auf ~~einem alten~~ Projektstand [pageid=13871] vor der Einführung des Versteifungsblechs [pageid=13976]. Die überarbeitete Siebträgeraufnahme ist in Abbildung 3.13 dargestellt.

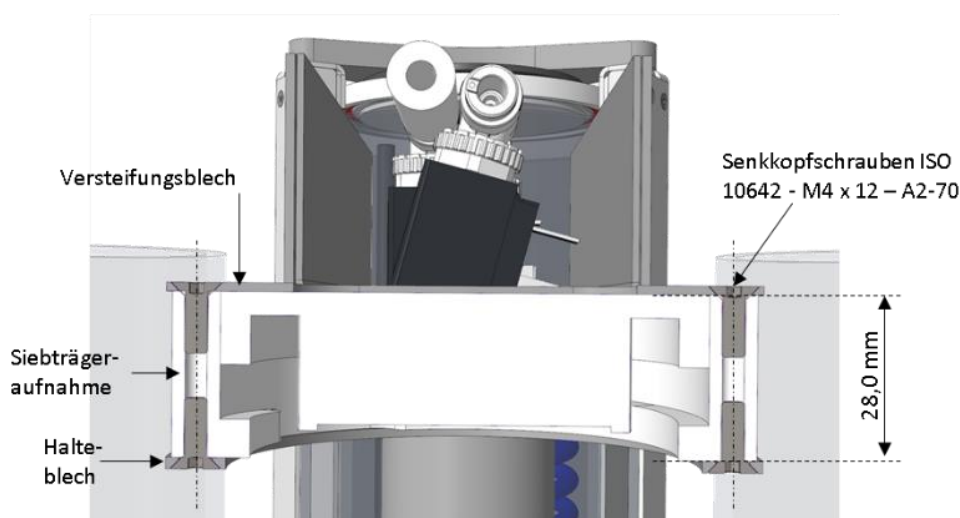


Abbildung 3.13 Überarbeitete Siebträgeraufnahme [Eigene Darstellung]

Eine weitere konstruktive Maßnahme ist die Überarbeitung des bisherigen Befestigungskonzepts der Siebträgeraufnahme, welches mit Hülsenmuttern und Gewindestäben realisiert wurde. Nachteilig zeigt sich hier insbesondere der hohe Montageaufwand [pageid=13976].

Nach einer Gegenüberstellung von zwei Befestigungskonzepten wird die Verwendung von Senkkopfschrauben und Innengewinden empfohlen. Besonders vorteilhaft zeigt sich hier die einfache Montage und die kostengünstigen Normteile. Bei den Normteilen handelt es sich um 24 Senkkopfschrauben ISO 10642 - M4 x 12 aus Edelstahl, siehe Abbildung 3.13 [pageid=13896]. An dieser Stelle gilt zu erwähnen, dass die Auslegung der Schraubenauslegung von der vorherigen Projektgruppe übernommen wurde [pageid=13871]. Eine erneute Schraubenauslegung sollte daher durchgeführt werden.



### 3.2.5 Finale Geometrie des Versteifungs- und Halteblechs

Bei der Konstruktion des Versteifungsblechs wird das Ziel verfolgt, die Laschen zur Befestigung der Magnetventile Y07, Y09 und Y10 sowie das Versteifungsblech selbst aus einem Biegeteil zu fertigen. Begründet wird dies beispielsweise mit geringeren Montagekosten, welche für das Montieren und Ausrichten der Laschen anfallen würden [pageid=13896]. Zur Überprüfung der Herstellbarkeit dient die Analysesoftware von Blexon [pageid=13769]. Das finale Versteifungs- und Halteblech ist in Abbildung 3.14 dargestellt.

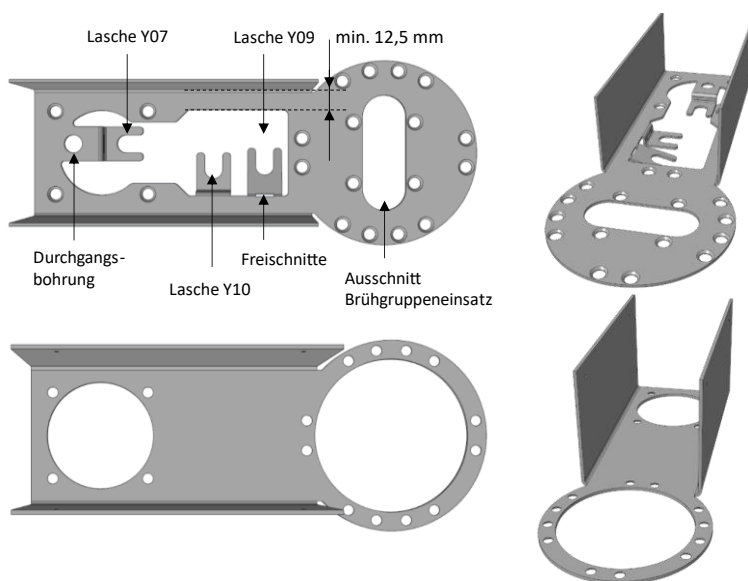


Abbildung 3.14 Versteifungsblech (oben); Halteblech (unten) [Eigene Darstellung]

Im Folgenden wird auf diverse Details des Versteifungsblechs eingegangen.


## Laschen


Die beiden Laschen für die Magnetventile Y07 und Y10 sind als Absetzungen realisiert. Grund hierfür ist die Bauhöhe der freitragenden Brühgruppe möglichst gering zu halten und einen geraden Leitungsverlauf zu ermöglichen. Eine Konstruktion ohne Absetzungen führt zu einer Erhöhung der freitragenden Brühgruppe von 81 mm auf 88 mm. Des Weiteren würde die Wasserleitung zwischen Y07 und Y09 nicht mehr fluchten und einen Höhenunterschied von 4,7 mm ausgleichen müssen. Aufgrund der hohen Steifigkeit des Wasserrohres resultiert eine aufwendigere Montage und eine Belastung der Laschen von Y07 und Y09 [pageid=13769].

Die Montage der Magnetventile erfolgt über die jeweilige Aussparung. Im Vergleich zu einer Bohrung ermöglicht die offene Geometrie die Montage und Demontage des jeweiligen Magnetventils durch ledigliches Lösen der Mutter an der Unterseite.

Gemäß der Konstruktionsrichtlinien von Blexon sind infolge des geringen Abstandes zur Biegung an jeder Lasche Freischnitte eingeführt. Die Durchgangsbohrung an der Lasche Y07 dient als Leitungsdurchführung und somit für den Erhalt des realisierten geradlinigen Leitungsverlaufs.

## Blechdicke

Wie bereits erwähnt sind zwei der drei Laschen als Absetzungen realisiert. Anders als es auf der Homepage von Blexon vermerkt ist, sind ~~seit Neustem~~ Absetzungen aufgrund von zu hohen Presskräften bei Edelstahlblechen nur noch bis zu einer Blechdicke von 1,5 mm möglich [Informationsübermittlung erfolgte am 08.02.2023 durch Blexon Mitarbeiter]. 

Nach einer Abwägung von mehreren Möglichkeiten wird entschieden, die Blechdicke des Versteifungsblechs von 2,0 mm auf 1,5 mm zu reduzieren. Begründet wird diese Entscheidung durch einen relativ geringen Einfluss der Blechdicke auf die Absenkungen. So erhöht sich die erwartete Absenkung in z-Richtung zwar von 0,28 mm auf 0,37 mm, im direkten Vergleich zur Gaggia TE ist dies jedoch vernachlässigbar gering. Die Absenkung in y-Richtungen wird nur geringfügig beeinflusst und erhöht sich um 2 % [pageid=13896]. 



### Aussparung Brühgruppeneinsatz

Bei Arbeiten an der labortechnischen Maschine zeigt sich, dass die Aussparung der früheren Brühgruppenhalterung an der schmalsten Stelle zu gering ist. Um die Montage zu erleichtern, wird die Aussparung auf eine konstante Breite von 24 mm angepasst, siehe Abbildung 3.14 [pageid=13976].

### Toleranzen

Grundsätzlich gelten bei dem Hersteller Blexon für Blechteile die Allgmeintoleranzen gemäß DIN 6930-2-m, wobei in der Regel eine höhere Genauigkeit erzielt wird [pageid=13769]. Um die Montierbarkeit in 100 % der Fälle zu gewährleisten, wird die Toleranzrechnung nach der Worst-Case-Methode durchgeführt. Die sich ergebenden Höchst- und Mindestmaße sind in dem Modell berücksichtigt.

### Herstellkosten

Nach einer Überprüfung der Herstellbarkeit über Blexon ergeben sich die in Tabelle 3-5 dargestellten Staffelpreise. Im Anhang 4B sind alle Preise zu finden.

Tabelle 3-5 Staffelpreise Halte- und Versteifungsblech bei Blexon [Eigene Darstellung]



Modul: Brühurm - Baugruppe: Halteblech				Modul: Brühurm - Baugruppe: Versteifungsblech			
Blexon Nr: 439951				Blexon Nr: 440715			
Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €		Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €	
		Schnell	Preiswert			Schnell	Preiswert
1	Blexon	109,56	103,03	1	Blexon	125,22	119,27
2		61,64	56,96	2		69,34	65,44
5		32,89	26,83	5		35,82	28,24
10		23,78	16,64	10		25,12	17,29
25		17,73	12,82	25		18,63	13,31
50		15,89	11,68	50		16,31	11,89
100		14,70	10,91	100		15,33	11,30

### 3.3 Abtropfwanne und Abtropfblech (Martin Aspacher)

~~Dieses Kapitel widmet sich der Bearbeitung des Abtropfbereiches bestehend aus der Abtropfwanne und des Abtropfblechs.~~ Die Abtropfwanne dient als Auffangbehälter für den nachtropfenden Kaffeebezug und das anfallende Schmutzwasser. Durch das Abtropfblech ist die Abtropfwanne kaum sichtbar. Außerdem ermöglicht das Abtropfblech das Abstellen des Trinkgefäßes [pageid=13892].

### 3.3.1 Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung

Als Ausgangssituation dient die Baugruppe der Zusammengebauten Glasboilermaschine vom 06.10.2022 mit der grundlegenden Implementierung der Abtropfwanne und des Abtropfbleches, siehe Abbildung 3.15 [pageid=13905].

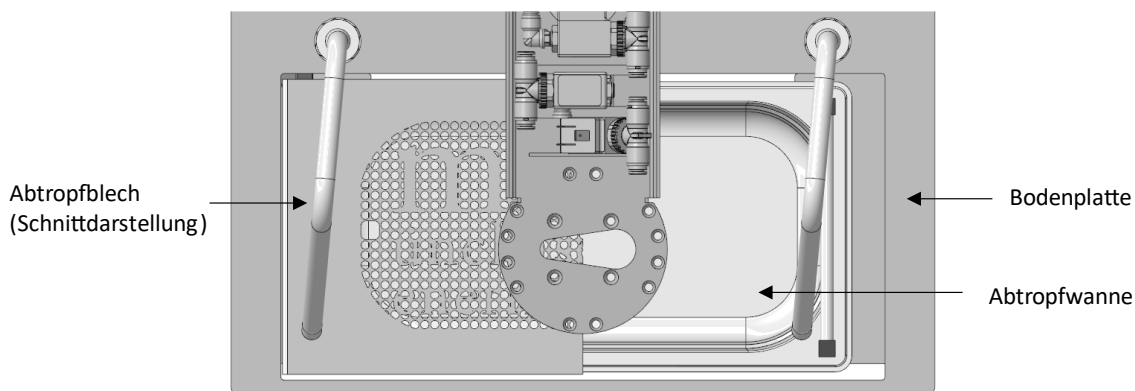


Abbildung 3.15 Ausgangssituation Abtropfwanne und Abtropfblech [in Anlehnung an 10]

Zur Umsetzung einer einfachen Schmutzwassersammlung soll untersucht werden, ob die Abtropfwanne ein Stück unter das Bodenblech geschoben werden kann. Dadurch soll es ermöglicht werden, die Schmutzwasserleitung im nicht sichtbaren Bereich ohne komplizierte Leitungsführung in die Abtropfwanne abzuleiten. Aufgrund dieser Funktionsweise muss die Abtropfwanne bei Herausnahme ein Stück nach vorne gezogen und anschließend nach oben herausgenommen werden. Zur Fixierung der Abtropfwanne wird eine Lagesicherung verlangt. Eine mögliche Umsetzung erfolgt über das Abtropfblech [pageid=13976].

Für die Abtropfwanne soll ein Gastro-Normbehälter verwendet werden. Umkonstruieren des Normbehälters, wie zum Beispiel das Anbringen eines Griffes, wäre möglich. Ein Fach für Zubehörteile soll nicht eingeplant werden. Bei den konstruktiven Maßnahmen gilt es die maximale Bauraumtiefe von 520 mm einzuhalten. Um die Geräuschentwicklung möglichst gering zu halten, ist auf eine Entkopplung der Abtropfwanne und des Abtropfblechs zu achten [pageid=13918].

### 3.3.2 Reduzieren der Schmutzwasserleitungen

Um die Schmutzwasserleitungen im nichtsichtbaren Bereich abzuleiten, wird die Anzahl der in die Abtropfwanne führenden Schmutzwasserleitungen zusammengefasst. Dies wird ermöglicht, indem die Leitungen der Magnetventile Y07 und Y10 über ein T-Stück verbunden werden. Als Folge ist ein Rückschlagventil (Best-Nr. 634920) **vor oder nach** dem Magnetventil Y10 zu integrieren [pageid=13767, Produktkatalog S.118]. Durch diese Maßnahme kann die Anzahl der Schmutzwasserleitungen zunächst auf zwei reduziert werden, siehe Abbildung 3.16 (orange) [pageid=13892].

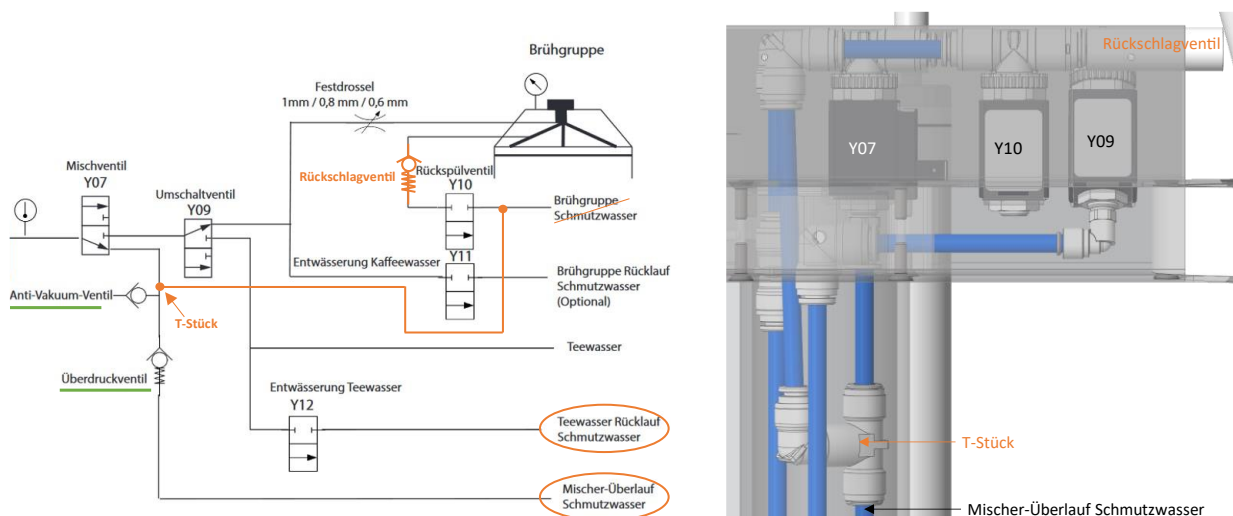


Abbildung 3.16 Reduzieren von Schmutzwasserleitungen, Hydraulikplan (links) [in Anlehnung an 15], CAD (rechts) [Eigene Darstellung]

Des Weiteren zeigt sich der Bauraum des Multifunktionsventils (Best-Nr. 499129) [pageid=13767, Produktkatalog S.130] welches das Anti-Vakuum und das Überdruckventil kombiniert, als problematisch, siehe Abbildung 3.16 und Abbildung 3.17.

~~Über mehrere Iterationsschleifen ergibt sich die vorteilhafteste Einbauposition des Multifunktionsventils im Unterbau unterhalb des Brühurms (vgl. Kapitel 3.5). Insgesamt bietet das Multifunktionsventil **drei Anschlussmöglichkeiten**, siehe Abbildung 3.17. Dies ermöglicht es, die verbleibenden zwei Schmutzwasserleitungen am tiefsten Punkt zu einer zusammenzufassen, welche in die Abtropfwanne geleitet wird [pageid=13892].~~

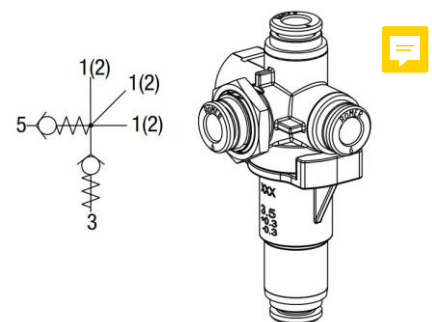


Abbildung 3.17 Multifunktionsventil [pageid=13767, Produktkatalog S.130]

### 3.3.3 Ableiten der Schmutzwasserleitung im nicht sichtbaren Bereich

Unter Einhaltung der Leistungsanforderungen gelingt es durch geometrische Anpassungen die Abtropfwanne unter die Bodenplatte zu schieben und eine Ableitung der Schmutzwasserleitung im nicht sichtbaren Bereich zu ermöglichen. Die Umsetzung ist in Abbildung 3.18 dargestellt [pageid=13892].

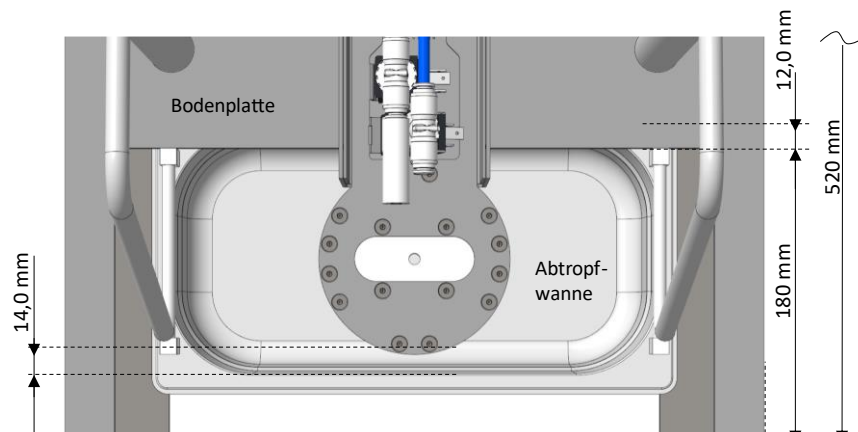


Abbildung 3.18 Abtropfwanne unter Bodenblech [Eigene Darstellung]

Bei den Anpassungen handelt es beispielsweise um die Vergrößerung der Bodenplatte von 495 mm auf 520 mm. Des Weiteren wird gemäß der Gaggia TE der Abstand zwischen Siebträgeraufnahme und Kante Abtropfwanne auf 14 mm reduziert. Ebenfalls reduziert wird der Ausschnitt für die Abtropfwanne auf 180 mm. Durch diese Maßnahmen wird ein Überhang von 12 mm zwischen Kante Bodenplatte und inneren Kante Abtropfwanne erzielt, siehe Abbildung 3.18. Durch den Überhang ist die Ableitung des Schmutzwassers für den Anwender nicht sichtbar [pageid=13892]. Infolge des geänderten Ausschnittes der Abtropfwanne sind die Abmaße des Abtropfblechs anzupassen, siehe Abbildung 3.19.



Um dem Anwender ein angenehmes Einsetzen und Herausnehmen des Abtropfblechs zu ermöglichen, werden die Abmaße auf 363 mm x 178 mm geändert. Die Allgmeintoleranzen nach DIN 6930-2-m sind mitberücksichtigt.

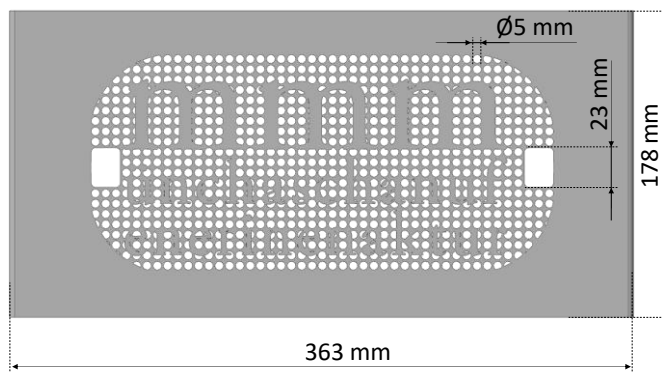


Abbildung 3.19 Angepasstes Abtropfblech [Eigene Darstellung]



Um die Herstellung bei Blexon zu ermöglichen, wird die Schenkelhöhe auf 30 mm erhöht. Außer einer Gewichtserhöhung von 0,820 kg auf 0,932 kg hat dies für den Anwender keinen Einfluss. ~~Die Staffelpreise sind in Anhang 4B dargestellt.~~

Eine weitere Änderung ist die Vergrößerung der Aussparung zur Herausnahme des Abtropfblechs. Gemäß DIN 33402-2 beträgt die 95-Perzentil der körperfernen Mittelfingerbreite maximal 19 mm und die körperferne Zeigefingerbreite 20 mm [24]. In Übereinstimmung mit den Durchgangsbohrungen mit einem Durchmesser von 5 mm ergibt sich eine Aussparungsbreite von 23 mm. Ein Großteil der Anwender könnten somit auch den Daumen verwenden, siehe Abbildung 3.19 [pageid=13892].

### 3.3.4 Lagesicherung der Abtropfwanne mittels Mechanismus

Gemäß der Leistungsvereinbarungen gilt es die Lage der Abtropfwanne abzusichern. Eine mögliche Umsetzung erfolgt über einen Anschlag im Zusammenspiel mit einem Mechanismus. Die grundlegende Motivation eines Mechanismus ist die mögliche Integration weiterer Zusatzfunktionen. So kann durch Abfrage der Endlage der Betrieb der Glasboilermaschine bei nicht eingesetzter Abtropfwanne verhindert werden. Als Zusatzfunktion ist das Integrieren eines Füllstandsensors möglich, wodurch der Bediener informiert werden könnte, falls die Abtropfwanne entleert werden muss.

~~Das Funktionsprinzip der Lagesicherung wird im Folgenden in chronologischer Reihenfolge dargestellt.~~ Der Beginn stellt das Einsetzen der Abtropfwanne dar, siehe Abbildung 3.20.

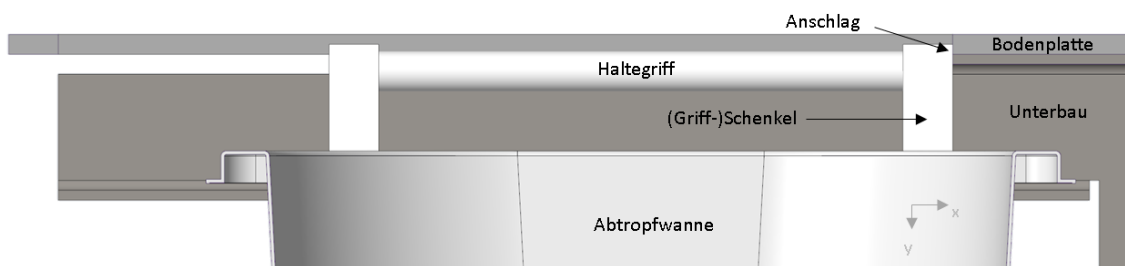


Abbildung 3.20 Lagesicherung Abtropfwanne [Eigene Darstellung]

Durch Einsetzen und nach vorne Schieben der Abtropfwanne stoßen die (Griff-) Schenkel, welche mit der Abtropfwanne verbunden sind, gegen die Bodenplatte [pageid=13892]. **Hierbei gilt es zu erwähnen, dass es sich bei den (Griff-) Schenkeln um ein überarbeitetes Konzept einer vorherigen Projektgruppe handelt.** Ursprünglich beinhaltete der Funktionsumfang der Abstandhalter, um ein



fluchtendes Abtropfblech zur Bodenplatte zu ermöglichen. Hergestellt werden die Schenkel aus PTFE, um eine Entkopplung des Abtropfblechs zu ermöglichen. Durch geometrische Anpassungen wird der Funktionsbereich mit der zusätzlichen Verwendung als Endanschlag ergänzt [in Anlehnung an pageid=13892].

Nachdem die Abtropfwanne an ihre Endposition geschoben und das Abtropfblech aufgesetzt wurde, beginnt die Lagesicherung mittels Mechanismus. Der Mechanismus besteht aus einem schwenkbaren Haken, welcher über ein Getriebe-Schrittmotor [pageid=13771, Getriebe-Schrittmotor SM149-25T-21] angetrieben wird. Das Funktionsprinzip soll mittels entriegeltem und verriegeltem Zustand in Abbildung 3.21 verdeutlicht werden.

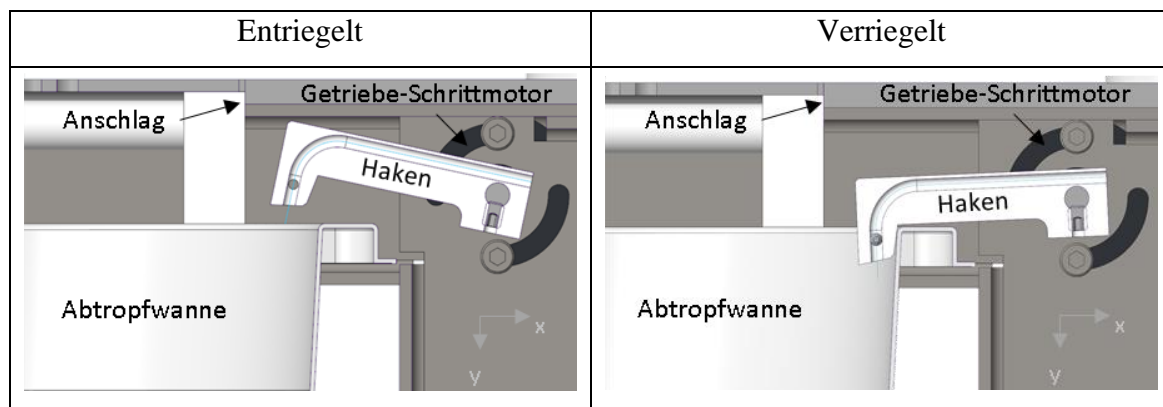


Abbildung 3.21 Entriegelte und Verriegelter Mechanismus [Eigene Darstellung]

Falls der Bediener die Abtropfwanne nicht ordnungsgemäß gegen die Anschläge und somit die Endposition gebracht hat, besitzt der Haken an der Kontaktfläche zur Abtropfwanne eine schiefe Ebene inklusive Fase. Durch diese schiefe Ebene resultiert eine Kraftkomponente in x-Richtung, wobei geringfügige Positionskorrekturen durchgeführt werden können [pageid=13892].

~~Im Nachfolgenden werden Details des Mechanismus näher erläutert.~~ Dies gliedert sich in die Punkte Befestigung, Integration der Schmutzwasserleitung und Füllstandserkennung.

## Befestigung

Die Befestigung des Getriebe-Schrittmotors SM149-25T-21 erfolgt über das bereits vorhandene Anbindungsblech, welches mit einer Aussparung modifiziert wird, siehe Abbildung 3.22.

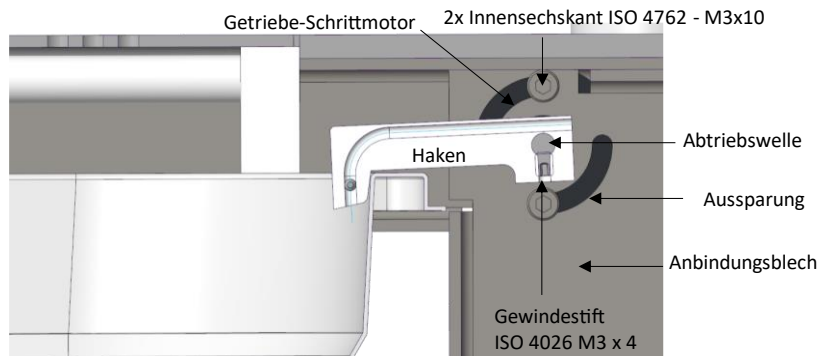


Abbildung 3.22 Schnittdarstellung Mechanismus [Eigene Darstellung]

~~Eine Alternative Befestigungsmöglichkeit des Schrittmotors könnte durch ein Winkelblech realisiert werden. Hierbei würde es sich jedoch um ein zusätzliches Bauteil handeln, welches montiert werden müsste.~~

Wie der Abbildung 3.22 zu entnehmen ist, erfolgt die Befestigung des Schrittmotors mit dem Anbindungsblech über zwei Innensechskantschrauben ISO 4762 – M3x10. Die Befestigung des Hakens erfolgt mit einem Gewindestift ISO 4026 – M3x4 mit der Abtriebswelle des Schrittmotors. Die Aussparungen für den Schrittmotor sind um 45° gedreht. Im Vergleich zu einer symmetrischen Anordnung liegen so die Schraubenköpfe der Befestigungsschrauben auch nach montiertem Haken frei. Im Vergleich zu Durchgangsbohrungen ermöglichen die Aussparungen die Justierung des Motors und somit die Feineinstellung des Hakens gegenüber der Abtropfwanne. Des Weiteren können auftretende Fertigungstoleranzen ausgeglichen werden [pageid=13892].



## Integration der Schmutzwasserleitung

Neben einer kostengünstigeren Herstellung der komplexen Hakengeometrie wird durch eine Fertigung mittels 3D-Druck die Integration der Schmutzwasserleitung ermöglicht. Die Grundidee ist, die Schmutzwasserleitung möglichst im Drehpunkt des Hakens zu positionieren, um somit eine rein rotatorische Bewegung der Schmutzwasserleitung zu erhalten. Aufgrund des geringen Druckes der Schmutzwasserleitung kann im Vergleich zum PFA-Rohr ein sehr flexibles Rohr verwendet werden, welches mehr einem Schlauch ähnelt. Durch die Positionierung im Drehpunkt wird dieser Schlauch rein auf Torsion belastet [pageid=13892]. Die Umsetzung soll durch Abbildung 3.23 verdeutlicht werden.

Das Verbindungsstück zwischen der Hakengeometrie und der Schmutzwasserleitung ist ein gerader Einschraub-Stutzen der Firma AVS Römer (Best. Nr. 383811). Das über den Stutzen eintretende Schmutzwasser gelangt durch den Haken in die Abtropfwanne [pageid=13892].

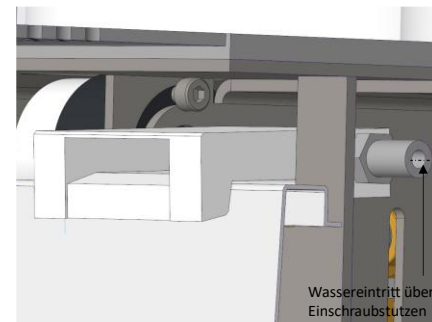


Abbildung 3.23 Umsetzung integrierte Schmutzwasserleitung [Eigene Darstellung]

Um Stauwasser im Inneren des Hakens zu vermeiden, wird durch konstruktive Maßnahmen der Wassereintrittspunkt auf dem selbem Niveau wie der Drehpunkt positioniert, siehe Abbildung 3.24

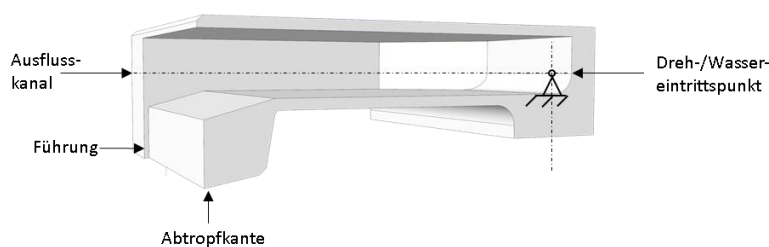


Abbildung 3.24 Schnittdarstellung Haken Abflusskanal [Eigene Darstellung]

Bei der Konstruktion der Hakengeometrie wird ein relativ breiter Ausflusskanal vorgesehen, um die Strömungsgeschwindigkeiten und den Strömungswiderstand gering zu halten. Für einen kontrollierten Abfluss wird eine Führung und eine Abtropfkante vorgesehen. Im Inneren des Hakens sind keine Kanten vorhanden, um einen Strömungsabriss und Turbulenzen zu vermeiden, siehe Abbildung 3.24 [pageid=13892].

## Füllstandserkennung

Zur Erkennung des Schmutzwasserstandes in der Abtropfwanne zeigt eine Recherche diverse kapazitive Sensoren aufgrund ihrer Baugröße als ungeeignet. Eine platzsparende Alternative, welche sich in der Vergangenheit als Füllstandserkennung bewährt hat, ist ein Kurzschluss-Stab. Bei dem Kurzschluss-Stab kann es sich um zwei dünne, flexible Drähte handeln [pageid=13892].

Bei der Endposition **des Drahtes** ist darauf zu achten, dass dieser über die Unterseite des Hakens hinausragt, um somit Kontakt mit dem Schmutzwasser bei maximalem Pegelstand zu erhalten. Definiert wird der Abstand durch die gewünschte Füllstandshöhe der Abtropfwanne und dem zur Verfügung stehenden Platz, um die Entnahme der Abtropfwanne nicht zu behindern [pageid=13976].

Da der Haken mittels 3D-Druck hergestellt wird, kann die Integration der Drähte über zwei Leitkurven im inneren der Geometrie ermöglicht werden, siehe Abbildung 3.25.

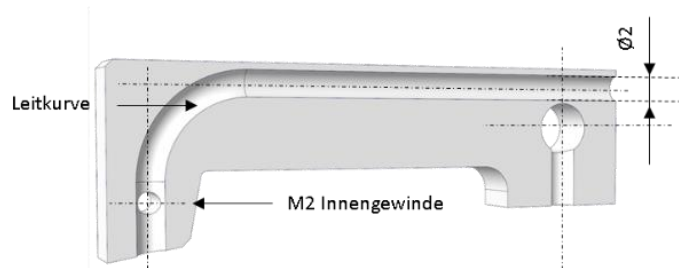


Abbildung 3.25 Schnittdarstellung Haken Füllstandserkennung [Eigene Darstellung]

Die Leitkurven ermöglicht eine einfache Montage der Drähte, welche lediglich durch den jeweiligen Kanal geführt werden müssen. Die Fixierung der Drähte erfolgt über klemmen mit jeweils einem Gewindestift ISO 4026 – M2 x 4 [pageid=13892].

Hierbei gilt zu erwähnen, dass der Durchmesser der Leitkurve vorerst mit 2 mm angenommen wird. Die Montage der Drähte wurde anhand eines selbst hergestellten Prototypen des Hakens mittels FDM-Druck getestet und als erfolgreich bewertet. Abhängig vom zukünftig gewählten 3D-Druck-Verfahrens könnte der Durchmesser vergrößert werden müssen. Eine weitere Optimierung könnte das Reduzieren der Masse des Hakens sein.

### 3.4 Bodenplatte (Stefanie Diener)

Die Bodenplatte trennt den sichtbaren Bereich der Glasboilermaschine von dem nicht sichtbaren Unterbau. Da sie mit fast allen Baugruppen der Maschine in direktem Kontakt steht, müssen bei Konstruktionsänderungen anderer Baugruppen stets die Auswirkungen auf die Bodenplatte beachtet werden.

#### 3.4.1 Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung

Die Konstruktion des Bodenblechs ist im Einklang mit dem Brühlturm zu finalisieren. Um eine hohe Steifigkeit zu erreichen, sollen die Ausschnitte in der Bodenplatte möglichst geringgehalten werden.

#### 3.4.2 Konstruktive Anpassungen

Durch die Konstruktionsarbeiten an Glasboiler und Brühlturm sowie die Änderungen am Unterbau haben sich Anpassungen an der Bodenplatte ergeben. Diese wurden im CAD-Modell (Stand 15.02.23) eingepflegt und sind hier zusammengefasst. Abbildung 3.26 zeigt als Übersicht den Vergleich zwischen der bisherigen und der neuen Version der Bodenplatte.

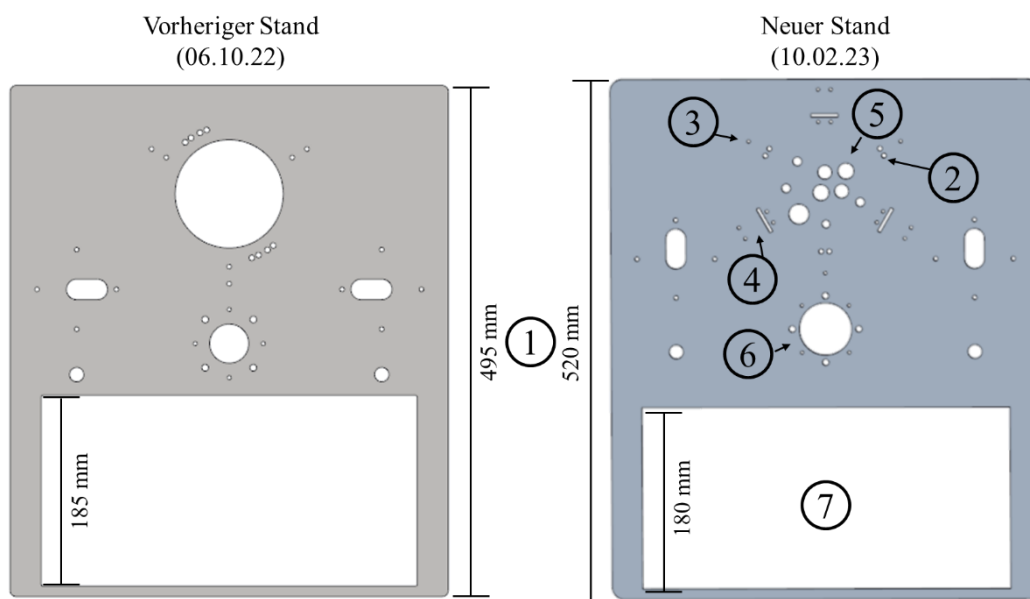


Abbildung 3.26 Anpassungen der Bodenplatte [Eigene Darstellung]

Die Position des Brühlturms hat sich verändert, siehe [pageid=13896]. Um die gewünschte Position der Siebträgeraufnahme über dem Abtropfblech zu erreichen, wurde die Tiefe der Bodenplatte vergrößert ①. Die Abflussbohrungen wurden aus Optik- und Symmetriegründen neu positioniert ②. Die für die Befestigung der Abtropfwanne notwendigen Bohrungen wurden hinzugefügt ③. Für die Neukonstruktion der Spannhaken wurden Aussparungen und Bohrungen eingefügt. Für



Details siehe [pageid=13918]. Um eine höhere Steifigkeit der Bodenplatte zu erreichen, wurde die große Aussparung für den Boilerboden so reduziert, dass nur noch die notwendigen Bohrungen für die Durchführungen vorhanden sind ⑤. Um den benötigten Freiraum zur Unterbringung des Multifunktionsventils am unteren Ende des Brühturns zu gewinnen und um die Montage zu erleichtern, wurde die Größe der Aussparung in der Bodenplatte angepasst ⑥. Die für die Abtropfwanne und das Abtropfblech vorgesehene Aussparung wurde von 185 mm auf 180 mm reduziert ⑦. So wird ermöglicht, dass die Schmutzwasserleitungen im nicht sichtbaren Bereich abgeleitet werden können.

### 3.5 Unterbau (Stefanie Diener)

Die Baugruppe Unterbau umfasst alle Hydraulik- und Steuerkomponenten, Rohrleitungen, den Anbindungsrahmen sowie das Versteifungsblech.

#### 3.5.1 Ausgangssituation und Leistungsvereinbarung

Die Konstruktion des Unterbaus ist im Einklang mit dem Brühturn zu finalisieren. Der aktuelle Hydraulikplan ist korrekt und zu verwenden. Dabei ist insbesondere auf eine geradlinige Rohrleitungsverlegung zu achten. Durch die Integration des Unterbaus in eine Küchenplatte ist die Baugröße ein limitierender Faktor. Der Bauraum mit einer Tiefe von 520 mm und einer Höhe von 85 mm gilt es einzuhalten. In den folgenden Abschnitten wird die Platzierung der Komponenten überarbeitet. Dadurch werden Änderungen an dem Versteifungsblech und dem Anbindungsrahmen notwendig. Diese beiden Bauteile werden zusätzlich auf ihre Fertigungsgerechtigkeit geprüft, woraus sich gegebenenfalls weitere Änderungen ergeben.

#### 3.5.2 Platzierung der Komponenten und Leitungsführung

In dem bisherigen Stand der Komponentenplatzierung im Unterbau [pageid=13902] ergaben sich mehrere Kollisionen von Bauteilen. Der Plan wurde so überarbeitet, dass alle Positionen realisierbar sind. ~~Im Folgenden ist der neue Aufbau dargestellt und kurz erklärt.~~ Eine detaillierte Übersicht und Beschreibung der Umsetzung der Hydraulikplans ist im Wiki unter [pageid=13902] zu finden. Die Abbildung 3.27 zeigt die Anordnung der Komponenten im Unterbau in Untersicht. Zur besseren Nachvollziehbarkeit ist der Hydraulikplan mit farblichen Hervorhebungen eingefügt.



Er dient hier zur Hilfe der Zuordnung der einzelnen Leitungsabschnitte und ist in [64] in Originalgröße zu finden.

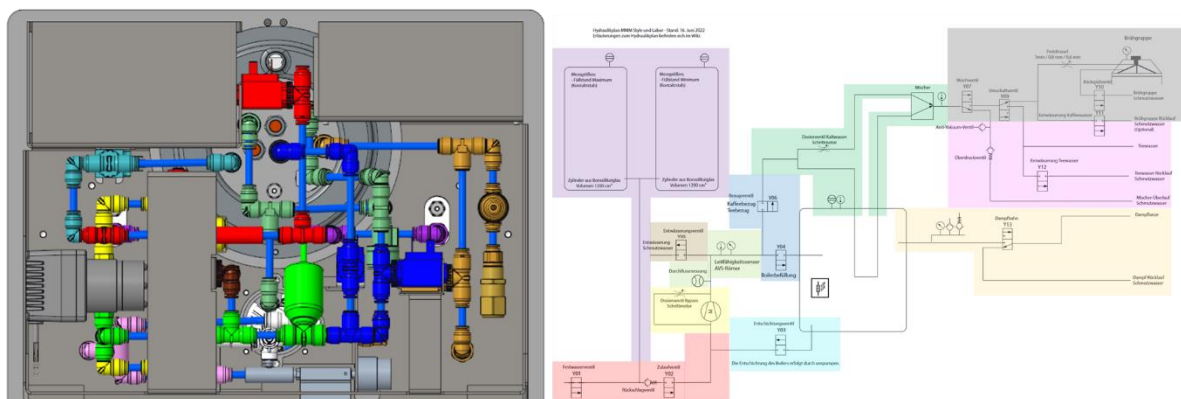


Abbildung 3.27 Neue Anordnung der Ventile und Leitungen im Unterbau [Eigene Darstellung]

Rot markiert ist die Leitungsführung des Festwasseranschlusses zur Pumpe. **Zusätzlich zum Festwasseranschluss besteht die Möglichkeit des Wasserbezugs aus den beiden Tanks.** Hierfür sind die beiden Anschlüsse der Tanks mit der Festwasserleitung verbunden, welche lila gekennzeichnet sind. Zwischen der Pumpe und dem Boiler befindet sich außerdem die Entschichtungsleitung, dargestellt in hellblau. Hierüber kann Wasser aus dem Entschichtungsablauf des Boilers zur Pumpe fließen. Ein weiterer Leitungsabschnitt ist der gelb markierte Bypass der Pumpe. Hier kann das Wasser durch ein Dosierventil an der Pumpe vorbei geleitet werden. Nach der Pumpe führt die Leitung weiter über einen Durchflusssensor sowie einen Leitfähigkeitssensor, welche hellgrün dargestellt sind. Um Wasser abzuleiten, folgt nach der Pumpe außerdem eine **Schmutzwasserleitung.** **Diese führt über das Multifunktionsventil** am Fuße des Brühturms in die Abtropfwanne. Dieser Abschnitt ist in braun markiert. Nach dem Leitfähigkeitssensor (hellgrün) führt die Leitung (dunkelblau), welche über ein T-Verbindungsstück aufgeteilt wird, zum einen zur Boilerbefüllung. Zum anderen dient sie als Kaffee – beziehungsweise Teebezug. Um die gewünschte Wassertemperatur zu erreichen, werden über einen als T-Verbindungsstück realisierten Mischer eine Kaltwasserleitung und eine Warmwasserleitung zusammengeführt. **Die Kaltwasserleitung folgt direkt, während die Warmwasserleitung zunächst durch die Wasserwendel im Boiler geführt wird.** Die Leitungen dieses Bereichs sind blassgrün gekennzeichnet. Nach dem Mischer führt die Leitung in den Brühturm. Der Leitungsverlauf im Brühturm und in der Brühgruppe sind in Kapitel 3.2.2 näher beschrieben. Eine weitere Leitung aus dem Boiler dient zum Dampfbezug. Diese ist in der obigen Abbildung orange gekennzeichnet. Hier ist ein Drucksensor sowie eine Überdrucksicherung





integriert. Die Leitung führt über ein 3/2-Wege-Magnetventil zur Dampfplanze beziehungsweise als Dampf-Rücklaufleitung zur Abtropfwanne. Zur Teelanze führt die rosane Leitung. Hierrüber kann Teewasser in die Lanze geleitet werden sowie als Teewasser-Rücklauf in die Abtropfwanne.



### 3.5.3 Versteifungsblech

Das Versteifungsblech des Unterbaus wird aufgrund konstruktiver Änderungen anderer Bauteile angepasst. Die größten Änderungen resultieren hierbei aus der Neuordnung der Komponenten im Unterbau. In Abbildung 3.28 ist ein Vergleich zwischen dem vorherigen Stand und dem neuen Stand des Versteifungsbleches dargestellt.

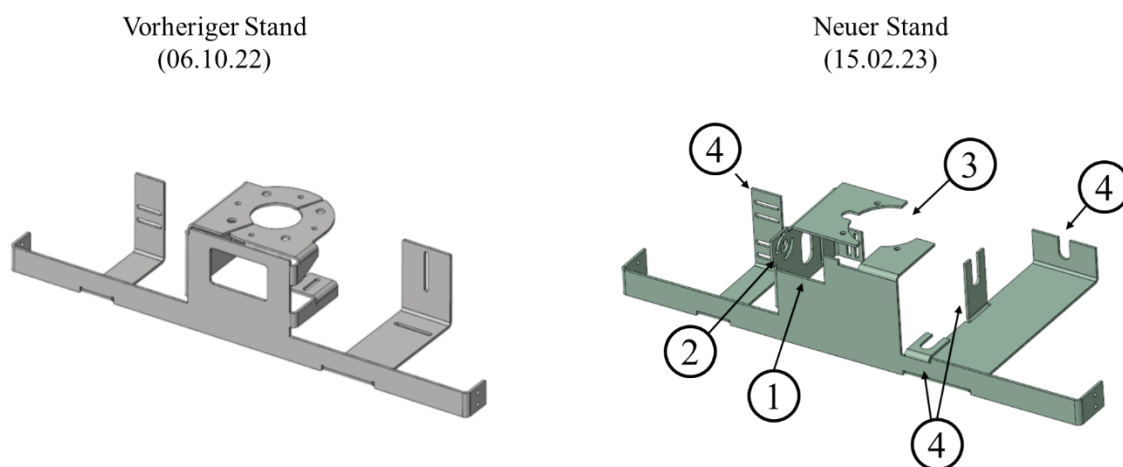


Abbildung 3.28 Vergleich Versteifungsblech alter Stand (links) und neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung]

Ein Teil der Änderungen entstehen durch die Lagesicherung der Abtropfwanne. Diese wird durch einen neuen Mechanismus umgesetzt, welcher mithilfe eines schwenkbaren Hebels funktioniert.

Details hierzu sind in Kapitel 3.3.4 und im Wiki unter [\[pageid=13892\]](#) zu finden. Durch den neuen Mechanismus ergeben sich folgende Änderungen am Versteifungsblech. Die ehemals für die Schmutzwasserleitung vorgesehene Aussparung wird neu positioniert und dient nun zur Durchführung des Hebels ①. Der Hebel wird durch einen Schrittmotor betrieben. Dieser wird am Versteifungsblech befestigt. Dafür werden zwei Langlochbohrungen angebracht, sodass der Motor ohne notwendige Vorpositionierung montiert werden kann ②. Die Aussparung für den Brühurm wird zur einfacheren Montage angepasst ③. So ist eine separate Montage von Brühurm und Bodenplatte sowie Bodenplatte und Versteifungsblech möglich. Durch die Umpositionierung der Ventile und Leitungen im Unterbau werden die Ventilhalterungen hinzugefügt beziehungsweise neu positioniert. Diese sind an den mit ④ gekennzeichneten Stellen in der obigen Abbildung zu sehen.



Da das Versteifungsblech als Blechbiegeteil gefertigt werden soll, wurden außerdem alle notwendigen Entlastungsschnitte angebracht. Die Fertigbarkeit wurde über den Hersteller Blexon geprüft [pageid=13769]. Nach aktuellem Stand ergeben sich bei diesem Hersteller folgende Preise, siehe Tabelle 3-6.

Tabelle 3-6 Staffelpreise Versteifungsblech bei Blexon [Eigene Darstellung]

Modul: Unterbau - Baugruppe: Versteifungsblech			
Blexon Nr: 441685			
Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €	
		Schnell	Preiswert
1	Blexon	132,67	121,83
2		76,98	69,03
5		47,68	31,97
10		33,06	19,29
25		25,48	15,30
50		23,13	14,10
100		22,25	13,68

### 3.5.4 Anbindungsrahmen

Bei der bisherigen Konstruktion des Anbindungsrahmen ergaben sich Unzulänglichkeiten bei der Fertigungsprüfung. Daher mussten kleine konstruktive Anpassungen vorgenommen werden, wie beispielsweise das Einfügen von Entlastungsschnitten. Außerdem ergaben sich diverse Änderungen an der Geometrie des Unterbaus infolge einer überarbeiteten Ventilanordnung. Die folgende Abbildung zeigt im Vergleich den vorherigen Stand (links) und den neuen Konstruktionsstand (rechts).

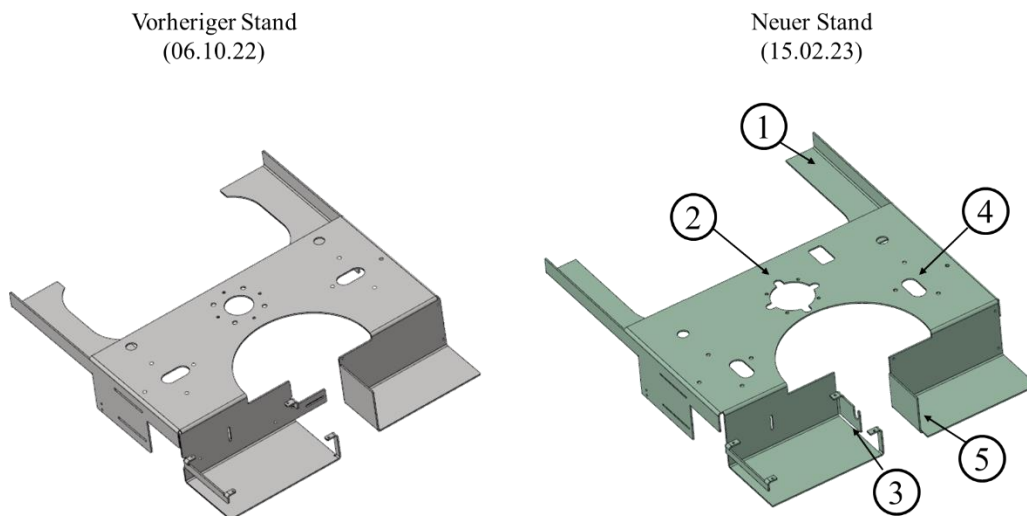


Abbildung 3.29 Vergleich Anbindungsrahmen alter Stand (links) und neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung]

Aufgrund der veränderten Positionierung der Abtropfwanne unter dem Bodenblech ergibt sich eine Anpassung der Aussparung hierfür ①. Die Aussparung für den Brühlturm wird zur einfacheren Montage angepasst ②. So ist eine separate Montage von Brühlturm und Bodenplatte sowie Bodenplatte und Versteifungsblech möglich. Die Komponenten im Unterbau werden neu angeordnet. Durch diese Änderungen im Unterbau wird die Ventilhalterung für das 2/2-Wege-Magnetventil Y01 (Festwasseranschluss) angepasst ③. Als weitere Änderung resultiert daraus die veränderte Aussparung für die beiden Tanks ④. Um Kollisionen des Füllstandsensors mit Ventilen und Leitungen im Unterbau zu verhindern, muss die Position des Sensors und der Abflussbohrung im Tank verändert werden. Daher wird auch die Aussparung im Anbindungsrahmen angepasst. Die Maße des Anbindungsrahmens haben sich durch die Verlängerung der Bodenplatte leicht verändert. Um die Fertigung durch Biegen zu ermöglichen, mussten kleine konstruktive Änderungen vorgenommen werden. Dazu gehören das Hinzufügen von Entlastungsschnitten und das Einhalten der Mindestlaschenlänge. Außerdem mussten einige Laschenmaße angepasst werden, um Überschneidungen beim Abwickeln sowie Kollisionen mit den Biegewerkzeugen zu verhindern ⑤.

Die Fertigbarkeit des Bauteils wurde online über den Hersteller Blexon geprüft. Für den Anbindungsrahmen entstehen nach aktuellem Stand bei dem Hersteller Blexon folgende nach Stückzahl gestaffelte Herstellkosten, siehe Tabelle 3-7. Eine gesamte Übersicht ist im Anhang 4B aufzufinden.

Tabelle 3-7 Staffelpreise Anbindungsrahmen bei Blexon [Eigene Darstellung]

Modul: Unterbau - Baugruppe: Anbindungsrahmen			
Blexon Nr:			
Menge	Hersteller	Preis/Stk. in €	
		Schnell	Preiswert
1	Blexon	202,31	182,76
2		124,08	107,82
5		77,36	49,77
10		66,67	40,34
25		57,02	35,46
50		54,26	34,12
100		52,65	33,31

### **3.6 Zusammenfassung (Martin Aspacher und Stefanie Diener)**

Zur Erfüllung der Leistungsvereinbarungen für die freitragenden Brühgruppe galt es die Leitungsführung zu vereinfachen und einen möglichst geradlinigen Rohrleitungsverlauf zu realisieren. Des Weiteren sollte die Breite der Brühgruppe reduziert werden. Hierzu wurden die Magnetventile von einer horizontalen Anordnung in die Vertikale gedreht. Neben dem Einsparen von vier Winkelstücken konnte die Breite von 93,0 mm auf 77,8 mm reduziert werden. Das geänderte Versteifungs- und Halteblech wurde mit dem Analyse-Tool von Blexon auf Herstellbarkeit geprüft und können bestellt werden. Neben dem Versteifungs- und Halteblech änderten sich auch die Geometrie des Brühlturm sowie das obere und untere Verbindungsstück. Die Fertigungszeichnungen zur Fertigung befinden sich im Anhang. Weiter galt es die Siebräufaufnahme in der Höhe anzupassen. Hierbei sollte es sich um ein Gleichteil für die labortechnische als auch die Glasboilermaschine handeln. Das bestehende Befestigungskonzept aus Gewindehülsen und Gewindestifte zeigte sich als montageintensiv, weshalb ein neues Befestigungskonzept ausgearbeitet wurde. Die neue Befestigung erfolgt über genormte Innensechskantschrauben.

Im Abtropfbereich sollte untersucht werden, ob die Abtropfwanne ein Stück unter das Bodenblech geschoben werden kann. Dadurch sollte es ermöglicht werden, eine Ableitung des Schmutzwassers im nicht sichtbaren Bereich in den Gastro-Normbehälter umzusetzen. Durch geometrische Anpassungen konnte ein Überhang von 12 mm zwischen der Abtropfwanne und der Bodenplatte realisiert werden, wobei eine Ableitung im nicht sichtbaren Bereich erfolgreich umgesetzt werden konnte. Die Lagesicherung der Abtropfwanne, welche ebenfalls Teil der Leistungsvereinbarung war, wurde über einen Mechanismus realisiert. Der Mechanismus besteht aus einer Hakengeometrie, der über einen Getriebe-Schrittmotor betrieben wird. Nachdem die Abtropfwanne eingesetzt und nach vorne in ihre Endposition geschoben wurde, kann die Verriegelung erfolgen. Die Grundlegende Motivation für den Mechanismus war die mögliche Integration weiterer Zusatzfunktionen. So kann durch Abfrage der Endlage der Betrieb der Glasboilermaschine bei nicht eingesetzter Abtropfwanne verhindert werden. Die Schmutzwasserleitung wurde in die Hakengeometrie integriert. Weiter wurde die Möglichkeit geschaffen einen Füllstandsensors in Form eines Kurzschlussstab in der Hakengeometrie zu befestigen. Somit kann der Bediener informiert werden, wenn die Wanne entleert werden muss.

Ein weiterer Aufgabenbereich umfasste die Baugruppe des Glasboilers. Hier sollte zum einen die Spannhakenkonstruktion auf ihre Festigkeit untersucht werden. Da sich diese als unzulässig herausstellte, wurde eine neue Konstruktion aus Edelstahl entworfen. Edelstahl weist zum einen für diesen Anwendungsfall geeignetere Materialeigenschaften auf. Außerdem wird optisch ein hochwertiges Aussehen erreicht. Für den Boilerboden konnte eine flächige Auflage auf der Bodenplatte erreicht werden. Weiterhin ergaben sich veränderte Aussparungen durch die neue Spannhakenkonstruktion. Die in den Boden eingeklebten Hülsen können durch Direktgewinde ersetzt werden. Ob die zusätzliche Abdichtung durch Gewindeklebmasse ausreichend ist, muss im weiteren Projektverlauf mithilfe eines Prototyps überprüft werden.

Die Bodenplatte der Glasboilermaschine wurde an die finalisierte Version des Brühurms sowie an die neu angeordneten Komponenten des Unterbaus angepasst. Zusätzlich wurden die Aussparungen reduziert, um eine höhere Steifigkeit der Bodenplatte zu erreichen.

Die Ventilanordnung und Leitungsführung im Unterbau konnte so überarbeitet werden, dass keine Kollisionen von Komponenten bestehen. Eine geradlinige Leitungsführung konnte umgesetzt werden. Durch die Neuordnung einiger Ventile wurden die Ventilhalterungen an Versteifungsblech und Anbindungsrahmen verändert. Weitere Anpassungen an diesen beiden Bauteilen wurden vorgenommen, die aus Änderungen anderer Baugruppen wie der Bodenplatte und der Abtropfwanne resultierten.

### **3.7 Ausblick (Martin Aspacher und Stefanie Diener)**

In einem nächsten Schritt gilt es die neu konstruierten Bauteile herzustellen und einen ersten Prototypen der Glasboilermaschine aufzubauen. An diesem kann anhand von Versuchen die Funktionalität der Bauteile geprüft werden. Um den Prototypenbau zu beschleunigen, sind dem Anhang eine Stückliste und Fertigungszeichnungen beigelegt. Besonders zu erwähnen sind die Step-Dateien der Blechteile, welche zum Bestellen bei dem Hersteller Blexon benötigt werden. Diese sind, gemeinsam mit der gesamten Baugruppe, in Wiki zu finden. Im nachfolgenden werden Empfehlungen und Ideen vorgestellt, welche sich über das Semester ergaben.

## **Glasboiler**

Beim Entwurf der Versteifungselemente der Spannhaken des Glasboilers wurde bisher der Fokus auf die Funktionalität gesetzt. Um ein optisch ansprechenderes Erscheinungsbild zu erlangen, könnten insbesondere die unteren Versteifungselemente in einer zukünftigen Version durch einen geschlossenen Ring ersetzt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre das Anbringen einer rein optischen Abdeckung, welche am unteren Boilerrand positioniert wird. Für die Baugruppe des Glasboilers sollen in Zukunft alle (erreichbaren) Schrauben durch Schrauben mit Spezialkopf ersetzt werden. Dies verhindert ein Öffnen des Boilers mit handelsüblichem Werkzeug. Zugrunde liegt dieser Entscheidung, dass ein Öffnen des Boilers durch den Endnutzer verhindert werden soll. Die Verschraubung des Boilers ist durch den Verspannmechanismus sehr sensibel und muss genau auf den Vorspannweg der Tellerfeder ausgerichtet sein. Eine unsachgemäße Verschraubung führt somit zu einem erheblichen Sicherheitsrisiko. Somit muss geprüft werden, ob für die gewählten Schraubentypen ein passender Ersatz gefunden werden kann. Falls nicht, muss die Schraubenauswahl angepasst werden.

## **Freitragende Brühgruppe**

Mit dem Einführen eines neuen Befestigungskonzepts der Siebträgeraufnahme wird empfohlen, eine erneute Schraubenauslegung durchzuführen.

## **Abtropfwanne und Abtropfblech**

Bei der vorgestellten Hakengeometrie des Mechanismus handelt es sich um einen ersten Konstruktionsvorschlag. Weitere Anpassungen erfolgen in Abhängigkeit des gewählten 3D-Druck-Verfahrens. Des Weiteren könnte darüber nachgedacht werden, das Abtropfblech als Platte und nicht als Biegeteil zu realisieren, um somit Kosten (und auch Gewicht) zu sparen. An der Unterseite des Abtropfblechs könnte eine Trennschicht aus beispielsweise PTFE angebracht werden, um Kratzer auf der Bodenplatte zu vermeiden.

## **Hydraulikplan**

Weiterhin muss für die zukünftige Maschine ein Überhitzungsschutz implementiert werden. Dies kann durch ein Anlagethermometer umgesetzt werden, welches beim Erreichen von beispielsweise 145°C ein Abschalten der Maschine bewirkt.

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Vorderansicht labortechnische Espressomaschine [Eigene Darstellung] .....	7
Abbildung 2.2 Neuordnung der Bauteile und Baugruppen Vorderansicht [Eigene Darstellung]	10
Abbildung 2.3 Neuordnung der Bauteile und Baugruppen Rückansicht [Eigene Darstellung]...	10
Abbildung 2.4 Seitenblechkonstruktion Vorderansicht [Eigene Darstellung].....	12
Abbildung 2.5 Seitenblechkonstruktion Rückansicht [Eigene Darstellung] .....	12
Abbildung 2.6 Seitenblech mit Elektronikplatine und SSR [Eigene Darstellung] .....	13
Abbildung 2.7 Standbeine mit Bohrung [Eigene Darstellung] .....	13
Abbildung 2.8 Lanzenpositionierung Seitenansicht rechts [Eigene Darstellung] .....	14
Abbildung 2.9 Lanzenpositionierung Rückansicht [Eigene Darstellung] .....	14
Abbildung 2.10 Halteblechkonstruktion [Eigene Darstellung].....	15
Abbildung 2.11 Elektronikblech mit Komponenten [Eigene Darstellung].....	16
Abbildung 2.12 Bodenblechkonstruktion [Eigene Darstellung].....	17
Abbildung 2.13 Boilerdeckel-Halterung Zusammenbau rechts [Eigene Darstellung] .....	18
Abbildung 2.14 Boilerbock [Eigene Darstellung] .....	18
Abbildung 2.15 Rahmenkonstruktion Zusammenbau [Eigene Darstellung] .....	21
Abbildung 3.1 Glasboilermaschine [Eigene Darstellung] .....	24
Abbildung 3.2 Vergleich bisheriger Spannhaken und neuer Spannhaken [Eigene Darstellung] ....	28
Abbildung 3.3 Skizze - Konzept Spannhaken [Eigene Darstellung] .....	29
Abbildung 3.4 Schematische Darstellung der Wirkungsweise der Versteifungselemente unter Belastung [Eigene Darstellung] .....	30
Abbildung 3.5 Äußerer und innerer Spannhaken [Eigene Darstellung] .....	31
Abbildung 3.6 Montage innerer Spannhaken [Eigene Darstellung] .....	34
Abbildung 3.7 Montageschritte äußerer Spannhaken [Eigene Darstellung].....	34
Abbildung 3.8 Vergleich der Auflagefläche zwischen Boilerboden und Bodenplatte [Eigene Darstellung].....	36
Abbildung 3.9 Vergleich bisheriger und neuer Stand des Boilerbodens [Eigene Darstellung].....	37
Abbildung 3.10 Ausgangssituation freitragende Brühgruppe (links); Baugruppe mit Brühlturm (rechts) [in Anlehnung an 10] .....	38

Abbildung 3.11 Neuordnung Magnetventile: Alter Stand (links) , Neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung].....	39
Abbildung 3.12 Vereinfachter Leitungsverlauf: Alter Stand (links) [in Anlehnung an 20], Neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung] .....	40
Abbildung 3.13 Überarbeitete Siebträgeraufnahme [Eigene Darstellung] .....	42
Abbildung 3.14 Versteifungsblech (oben); Halteblech (unten) [Eigene Darstellung].....	43
Abbildung 3.15 Ausgangssituation Abtropfwanne und Abtropfblech [in Anlehnung an 10] .....	46
Abbildung 3.16 Reduzieren von Schmutzwasserleitungen, Hydraulikplan (links) [in Anlehnung an 15] , CAD (rechts) [Eigene Darstellung] .....	47
Abbildung 3.17 Multifunktionsventil [19, p. 130].....	47
Abbildung 3.18 Abtropfwanne unter Bodenblech [Eigene Darstellung].....	48
Abbildung 3.19 Angepasstes Abtropfblech [Eigene Darstellung].....	48
Abbildung 3.20 Lagesicherung Abtropfwanne [Eigene Darstellung] .....	49
Abbildung 3.21 Entriegelte und Verriegelter Mechanismus [Eigene Darstellung] .....	50
Abbildung 3.22 Schnittdarstellung Mechanismus [Eigene Darstellung] .....	51
Abbildung 3.23 Umsetzung integrierte Schmutzwasserleitung [Eigene Darstellung] .....	52
Abbildung 3.24 Schnittdarstellung Haken Abflusskanal [Eigene Darstellung] .....	52
Abbildung 3.25 Schnittdarstellung Haken Füllstandserkennung [Eigene Darstellung] .....	53
Abbildung 3.26 Anpassungen der Bodenplatte [Eigene Darstellung] .....	54
Abbildung 3.27 Neue Anordnung der Ventile und Leitungen im Unterbau [Eigene Darstellung] .	56
Abbildung 3.28 Vergleich Versteifungsblech alter Stand (links) und neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung].....	57
Abbildung 3.29 Vergleich Anbindungsrahmen alter Stand (links) und neuer Stand (rechts) [Eigene Darstellung].....	58



### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 Legende für Bilder Neuordnung der Bauteile und Baugruppen .....	10
Tabelle 2-2 Staffelpreise Seitenblech, Halteblech, Bodenblech bei Blexon [Eigene Darstellung] .	22
Tabelle 3-1 Benötigte Schrauben Spannhaken .....	31
Tabelle 3-2 Längenänderungen Spannhaken .....	32
Tabelle 3-3 Übersicht Montageschritte Borosilikatglasboiler [Eigene Darstellung].....	33
Tabelle 3-4 Staffelpreise Innerer und äußerer Spannhaken bei Blexon [Eigene Darstellung] .....	35
Tabelle 3-5 Staffelpreise Halte- und Versteifungsblech bei Blexon [Eigene Darstellung] .....	45
Tabelle 3-6 Staffelpreise Versteifungsblech bei Blexon [Eigene Darstellung] .....	58
Tabelle 3-7 Staffelpreise Anbindungsrahmen bei Blexon [Eigene Darstellung].....	59

### IV. Formelverzeichnis



<del>(1.1) Nietzahl aufgrund Abschertragfähigkeit .....</del>	<del>20</del>
<del>(1.2) Nietzahl aufgrund Lochleibungstragfähigkeit.....</del>	<del>21</del>
<del>(2.1) Kraft pro Spannhaken.....</del>	<del>26</del>
<del>(2.2) Mises-Vergleichsspannung am Spannhaken.....</del>	<del>26</del>
<del>(2.3) Zulässige Spannung.....</del>	<del>27</del>
<del>(2.4) Statischer Festigkeitsnachweis.....</del>	<del>27</del>
<del>(2.5) Grenzspannungsamplitude.....</del>	<del>27</del>
<del>(2.6) Zulässige Spannung.....</del>	<del>27</del>
<del>(2.7) Dynamischer Festigkeitsnachweis.....</del>	<del>27</del>
<del>(2.8) Zulässige Spannung ohne Temperatureinfluss.....</del>	<del>28</del>
<del>(2.9) Absenkung in z-Richtung.....</del>	<del>41</del>
<del>(2.10) Flächenträgheitsmoment.....</del>	<del>41</del>
<del>(2.11) Absenkung in y-Richtung.....</del>	<del>41</del>
<del>(2.12) Drehwinkel.....</del>	<del>41</del>
<del>(2.13) Nietzahl aufgrund Abschertragfähigkeit.....</del>	<del>41</del>
<del>(2.14) Torsionsträgheitsmoment.....</del>	<del>41</del>

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Studienarbeit selbständig verfasst habe. Ich versichere, dass ich keine andere als die angegebenen Quellen verwendet und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Aussagen als solche gekennzeichnet habe und dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist.

München, den 25.02.2023



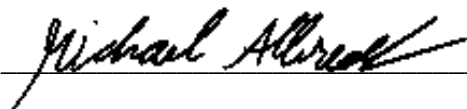
---

Unterschrift: Martin Aspacher (36533921)



---

Unterschrift: Stefanie Diener (12935721)



---

Unterschrift: Michael Albrecht (00695819)



## Anhang 1 Stücklisten Glasboiler

### Anhang 1A Freitragende Brühgruppe

Modul: Brühurm - Baugruppe: -					
Nr	Bezeichnung	Hersteller	Anzahl	Typ	Bestellnummer
1	Halteblech	Blexon	1		
2	Versteifungsblech	Blexon	1		
3	Siebträgeraufnahme	offen	1		
4	Siebträgerersatz	offen	1		
5	Oberes Verbindungsstück	offen	1		
6	Unteres Verbindungsstück	offen	1		
7	Brühurm	offen	1		
8	3/2-Wege-Magnetventil Typ EAV Baureihe 800	AVS-Römer	2	EAV-813P3-C12-6FFK-00	686636
9	2/2-Wege-Magnetventil Typ EAV Baureihe 800	AVS-Römer	1	EAV-813P3-A12-6FFK-00	686629
10	24 V DC Magnetspule	AVS-Römer	3	-	720016
11	Multifunktionsventil	AVS-Römer	1	MFV-984-P340-6PF-035	499129
12	Rückschlagventil mit ELSA-Steckanschluss	AVS-Römer	1	VNR-947-P340-6FF-D6	634920
13	Winkel-Einschraub-Verschraubung, drehbar	AVS-Römer	1	930P3-4FF-M5	367057
14	ELSA-Winkel-Steck-Verbindung	AVS-Römer	2	955P3-6FF	367090
15	ELSA-Gerade Einschraub-Verschraubung	AVS-Römer	1	951X44-6FF-M5	385024
16	ELSA-T-Steck-Verbindung	AVS-Römer	1	954P3-6FF	367095
17	ELSA-Winkel-Steckanschluss	AVS-Römer	2	911P3-6FF-D6	367004
18	Temperatursensoren Typ ITS PVDF	AVS-Römer	1	ITS-958V-4PF- X01-NTC10	390544
19	Senkschraube ISO 10642 – M4x12 – A2-70	offen	36		
20	Spannstift ISO 8752 -4 x 24	offen	4		
21	Spannstift ISO 8752 -4 x 16	offen	3		
22	Spannstift ISO 8752 -4 x 4	offen	4		

### Anhang 1B Abtropfwanne und Abtropfblech

Modul: Abtropfbereich - Baugruppe: -					
Nr	Bezeichnung	Hersteller	Anzahl	Typ	Bestellnummer
1	Abtropfwanne	offen	1	GN 1/3, Höhe 65 mm	
2	Abtropfblech	offen	1		
3	Griffschenkel	Xometry	4		
4	Griff	Laserhub	2		
5	Gleitstück	Xometry	4		
6	Zylinderschraube ISO 4762– M3x10 - A2-70	offen	4		
7	Haken	HM	1		
8	Gerader Einschraub-Stutzen	AVS-Römer	1	908X4-6FF-M5	383811
9	Getriebe-Schrittmotor	Stegia	1	SM149-25T.21	
10	Zylinderschraube ISO 4762– M3x10 - A2-70	offen	2		
11	Gewindestift ISO 4026 – M3x4	offen	1		
12	Gewindestift ISO 4026 – M2x4	offen	2		
13	Kurzschlussstab	offen	1		

## Anhang 1C Glasboiler – Spannhaken

Modul: Boiler - Gesamt						
Nr	Bezeichnung	Hersteller	Anzahl	Typ	Bestellnummer	Link
1	Innerer Glaszylinder (115 mm)	Gassner Glastech	1	K		
2	Äußerer Glaszylinder (160 mm)	Gassner Glastech	1	K		
3	Boilerboden	Xometry	1	K		Zeichnung im Anhang
4	Boilerdeckel	Xometry	1	K		
5	Passscheibe 50x62x1 mm (DIN 988)	Frantos	1	N		
6	Tellerfeder 100 (Reihe B Gruppe 2)	Febrotec	1	N		
7	Zylinderstifte 2,5x8 mm (DIN EN ISO 8734 Typ A)	Febrotec	3	N		
8	Äußerer Spannhaken	Blexon	3	K		
9	Innerer Spannhaken	Blexon	3	K		
10	Oberes Versteifungselement	offen	3	K		Zeichnung im Anhang
11	Unteres Versteifungselement	offen	3	K		Zeichnung im Anhang
12	Senkschraube ISO 10642 - M6x25	offen	3	N		
13	Senkschraube ISO 10642 – M3x8	offen	6	N		
14	Senkschraube ISO 10642 – M3x10	offen	6	N		
15	Zylinderschraube ISO 7984 – M3x12	offen	12	N		
16	Gewindeeinsatz M5	Kerb-Konus	1	N		
17	Verspanndeckel	Xometry	1	K		
18	Ringschnurdichtung MVQ	Arcus	2	N		
19	Rohr 8x1 mm	Rohre-Ketterer	2	K		
20	Wasserwendel	AMV Metall	1	K		
21	Heizwendel	HKE-tec	1	K		
22	MuffenG ¼	Heco	4	N		
24	Schneidringverschraubung (GEV 08 LR 1/4 WD)	Hydro24 GmbH	4	K		
25	Auffangbehälter	Xometry	1	K		
26	Temperatursensor	AVS Römer	1	K		
27	Niveau-Sonde 250 (Artikelnummer 390418)	AVS Römer	1	K		
28	Flachmutter M10x1	offen	2	N		

## Anhang 1D Unterbau

Modul: Unterbau					
Nr	Bezeichnung	Hersteller	Anzahl	Typ	Bestellnummer
1	Anbindungsrahmen	Blexon	1		
2	Versteifungsblech	Blexon	1		
3	Basisplatine		1		
4	SSR-Platine		2		
5	Netzteil	Mouser	1		709-LRS-150-24
6	Getriebepumpe mit Motor	Fluid-o-tech	1		FG304XDOPN10000 und 90-76-04/82040011
7	Drucksensor	AVS-Römer	1	IPS-V36-958P3-6FF-016-51	930581
8	Leitfähigkeitssensor	AVS-Römer	1	ICS-2-958P3-6FF-200-020-U05-51	390662
9	Durchflusssensor	Digma	1		9NB-0100/01A
10	Dosierventil	AVS-Römer	2	EFC-20-958P310-6FF	691803
11	Anti-Vakuum (Rückschlagventil)	AVS-Römer	2		VNR-954-P340-6FF
12	Überdrucksicherung	LFersatzteile	1		1515002
13	Überdruckventil	AVS-Römer	1		VNR-958-P360-6FF
14	2/2-Wege-Magnetventil Typ EAV Baureihe 800	AVS-Römer	7	EAV-813P3-A12-6FFK-00	686629
15	3/2-Wege-Magnetventil Typ EAV Baureihe 800	AVS-Römer	1	EAV-813P3-C12-6FFK-00	686636
16	24 V DC Magnetspule	AVS-Römer	8	-	720016
17	Befestigungsblech für Magnetventile	Konstruktion	5		
18	Rückschlagventil	AVS-Römer	1	VNR-958-P360-8FF	635080
19	ELSA-Gerade-Einschraub-Verschraubung	AVS-Römer	4	951P3-6FF-1/8	367053
20	ELSA-Winkel-Einschraub-Verschraubung	AVS-Römer	1	930P3-6FF-1/8	367061
21	ELSA-Winkel-Einschraub-Verschraubung	AVS-Römer	6	930P3-6FF-1/4	367062
22	ELSA-Winkel-Steck-Verbindung	AVS-Römer	8	955P3-6FF	367090
23	ELSA-Winkel-Steckanschluss	AVS-Römer	19	911P3-6FF-D6	367004
24	ELSA-T-Steck-Verbindung	AVS-Römer	6	954P3-6FF	367095
25	ELSA-T-Steck-Anschluss	AVS-Römer	1	912P3-6FF-D6	367010
26	ELSA-L-Einschraub-Verschraubung	AVS-Römer	3	922P3-6FF-1/8	367073

## Anhang 2 Stücklisten Labortechnische Maschine

<b>Stückliste Zusammenbau</b>				
Nr.	Bezeichnung	Lieferant	Teilenummer	Menge
1	Seitenblech	Blexon	-	1
2	Bodenblech	Blexon	-	1
3	Halteblech	Blexon	-	1
4	Brühgruppeneinsatz	-	-	1
5	Dampf-Lanze	Italcoppie	R084001	1
6	Teewasser-Lanze	Italcoppie	H037001	1
7	3,6l Boiler Zusammenbau	bimap	-	1
8	Wasserpumpe	Crouzet	-	1
9	2-2Wege Ventil	AVS Römer	EAV-813P3-A12-6FFK-00	6
10	3-2Wege Ventil	AVS Römer	EAV-813P3-C12-6FFK-00	3
11	Durchflusssensor	Digma	9NB-0100/01A	1
12	Leitfähigkeitssensor	AVS Römer	ICS-2-958P3-6FF-200-020-U05-51	1
13	Überdruckventil	AIR TEK (LF Ersatzteile)	-	1
14	Dosierventil	AVS Römer	EFC-20-958P3	2
15	Temperatursensor	AVS Römer	-	1
16	Drucksensor	AVS Römer	IPS-V36-958P3-6FF-016-51	1
17	Multifunktionsventil	AVS Römer	MFV-984-P340-6PF-035	1
18	Muffe	AVS Römer	254X4-1/4	5
19	Gerade-Schott-Aufschraub-Verschraubung	AVS Römer	945M-6-1/4	1
20	Gerade-Schott-Aufschraub-Verschraubung	AVS Römer	945X44-6FF-3/8	1
21	Schlauch 6mm Durchmesser	AVS Römer	-	-
22	Halterungen Magnetventil	-	-	9

<b>Stückliste ELSA-Verschraubungen AVS Römer</b>				
Nr.	Bezeichnung	Teilenummer	Anschluss	Menge
1	Winkel-Einschraub-Verschraubung, drehbar	930P3-6FF-1/4	1/4	4
2	L-Einschraub-Verschraubung, drehbar	922P3-6FF-1/8	1/8	2
3	T-Einschraub-Verschraubung	921P3-6FF-1/4	1/4	1
4	T-Steckanschluss	912P3-6FF-D6	-	2
5	T-Steck-Verbindung	954P3-6FF	-	3
6	Winkel-Steck-Verbindung	955P3-6FF	-	7
7	Winkel-Steckanschluss	911P3-6FF-D6	-	8
8	Gerade Einschraub Verschraubung	951X44-6FF-M5	M5	2
9	Winkel-Einschraub-Verschraubung, drehbar	930P3-6FF-M5-S8	M5	1
10	Gerader Steckanschluss mit Filter	SMF-947P3-6PF-D6-100	-	1
11	Verschluss Stecker	971P-6	-	2

<b>Stückliste Elektronikbauteile</b>				
Nr.	Bezeichnung	Lieferant	Teilenummer	Menge
1	PWM-SSR	-	-	1
2	Netzteil	-	-	1
3	Assy Root Platine	-	-	1
4	MultiMCUBasisboard Platine	-	-	1
5	SSR-Stepper-Platine	-	-	1

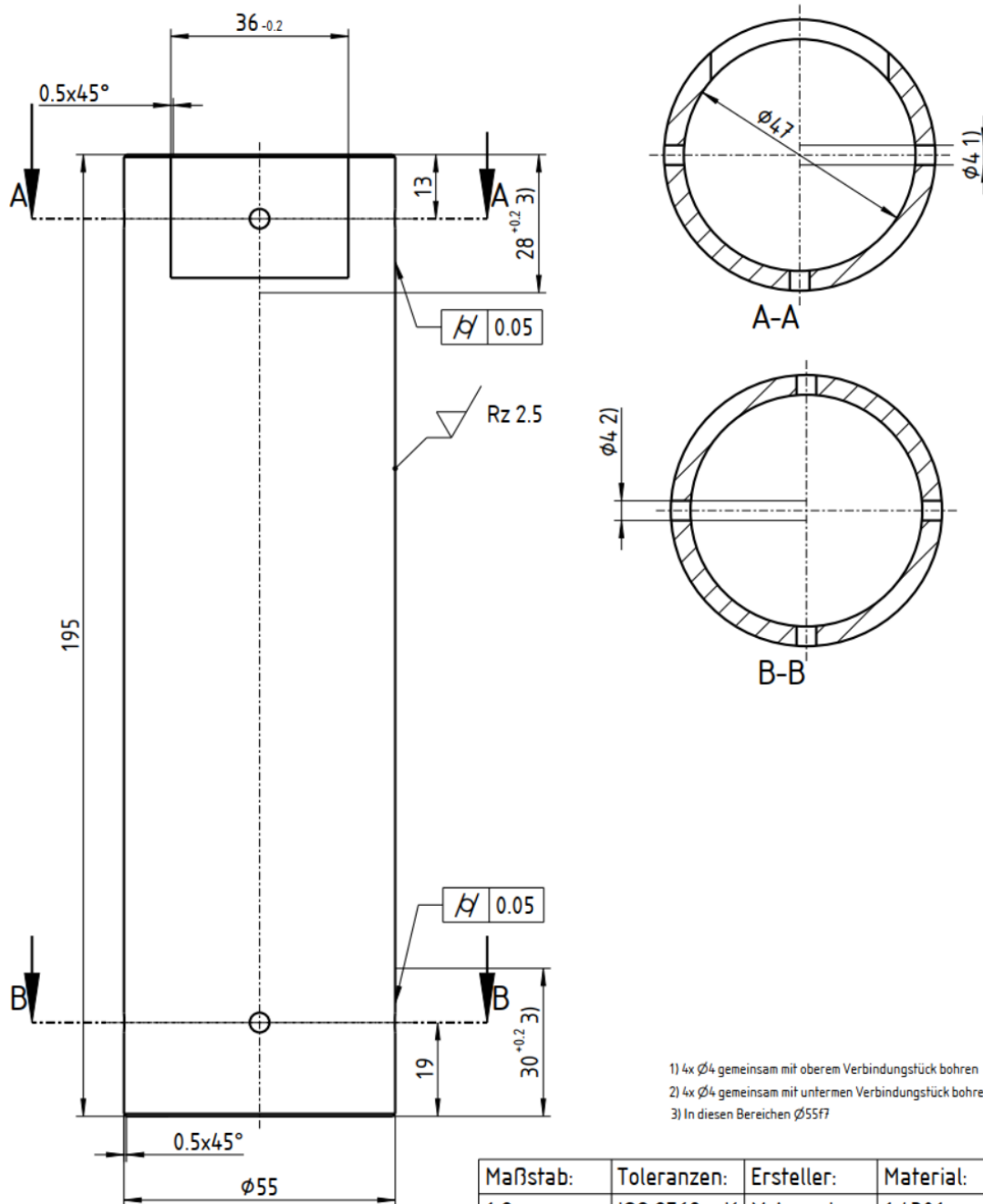
  

<b>Stückliste Normteile</b>				
Nr.	Bezeichnung	Einbauort	Menge	
1	Niete Aluminium 4,8mm Durchmesser	Rahmen	30	
2	Distanzhalter Länge 8mm/ Innend: 2,75mm Außendurchm: 6mm	Platinen	12	
3	M14x1 Mutter	Festwasseranschluss/Überdruckventil	2	
4	ISO 4762 M5x25 Schraube	Boilerbock-Bodenblech	2	
5	ISO 4032 M5 Mutter	Boilerbock-Bodenblech	2	
6	ISO 4032 M6 Mutter	Boilerbock-Boiler	3	

## Anhang 3 Technische Zeichnungen



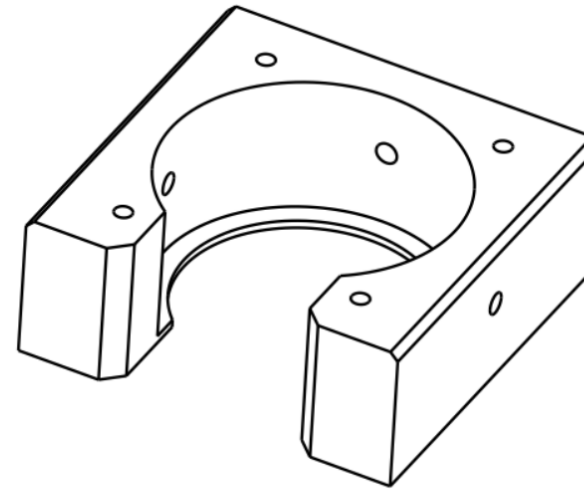
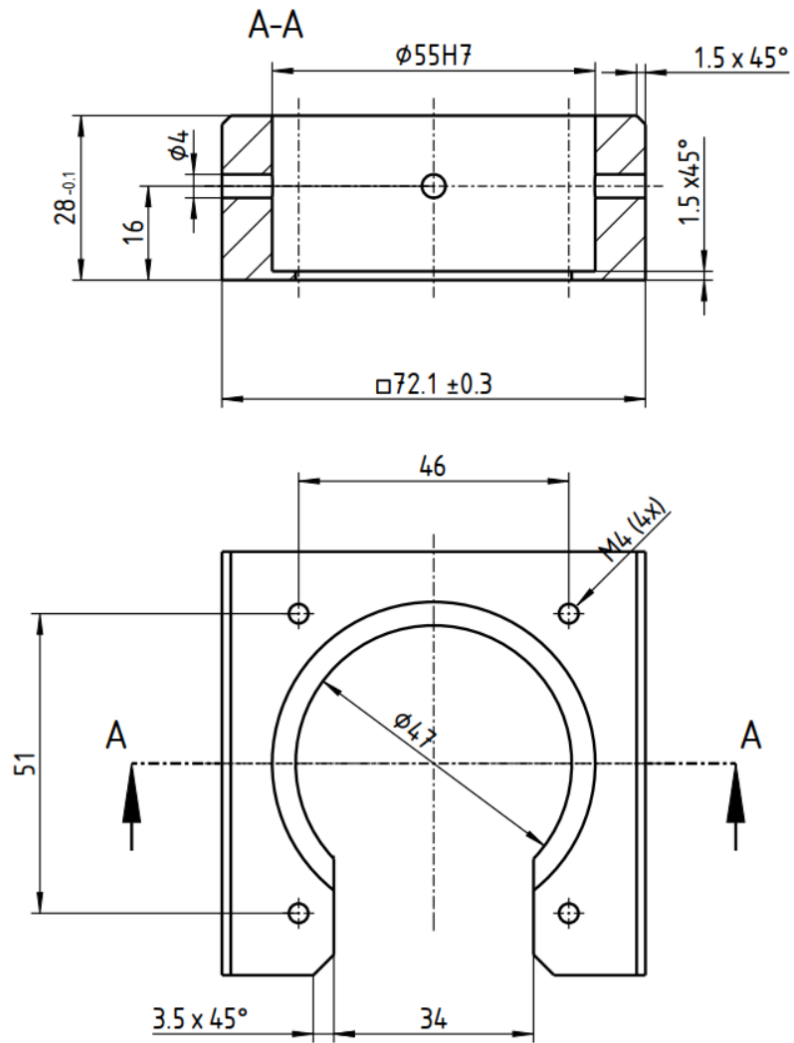
### Anhang 3A Brühlturm



- 1) 4x  $\phi 4$  gemeinsam mit oberem Verbindungstück bohren
- 2) 4x  $\phi 4$  gemeinsam mit unterem Verbindungstück bohren
- 3) In diesen Bereichen  $\phi 55f7$

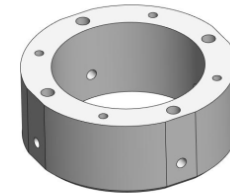
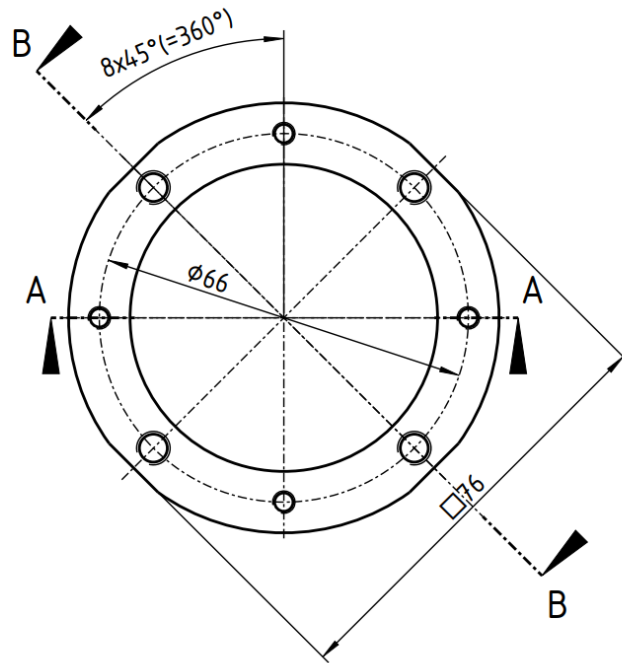
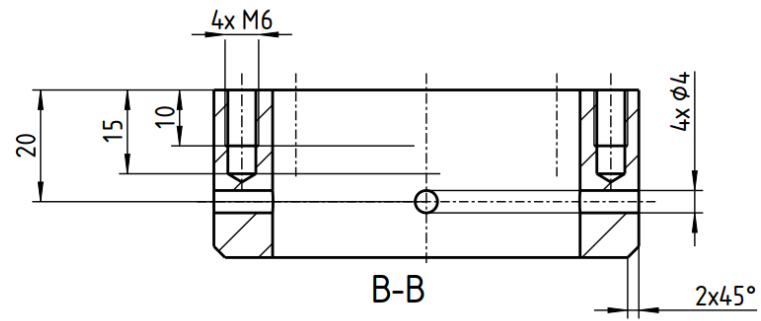
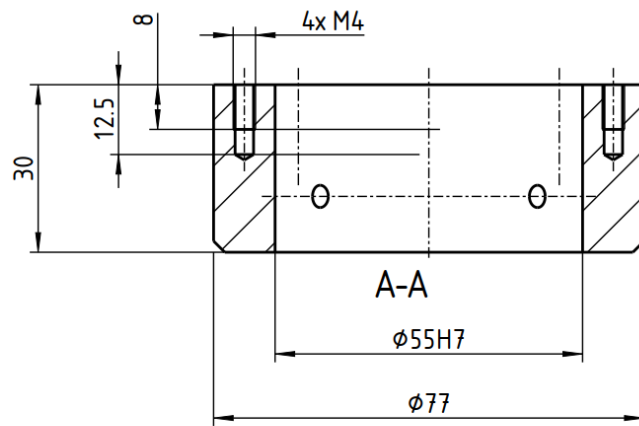
Maßstab:	Toleranzen:	Ersteller:	Material:
1:2	ISO 2768-mK	M.Aspacher	1.4301
Modul:			
Brühgruppe			
Teil:			
Brühlturm			
Rev. 2			13.02.2023

Anhang 3B Oberes Verbindungsstück



Maßstab	Toleranzen	Ersteller	Material
1:1	ISO 2768-mK	M. Aspacher	Aluminium
		Modul	
		Brühturm	
		Teil	
		Oberes Verbindungsstück	
		Rev. 1	13.02.2023

Anhang 3C Unteres Verbindungsstück

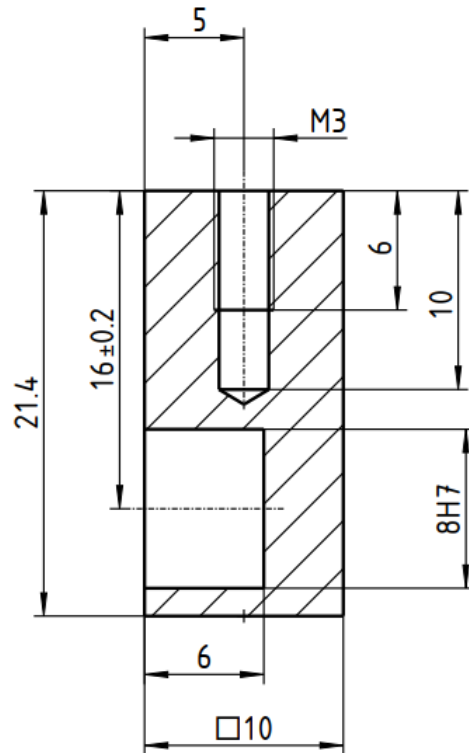


1:2

Maßstab:	Toleranzen	Ersteller:	Material:
1:1	ISO 2768-mK	M.Aspacher	Messing
Modul:			
Brühgruppe			
Teil:			
Unteres Verbindungsstück			
Rev. 2		13.02.2023	

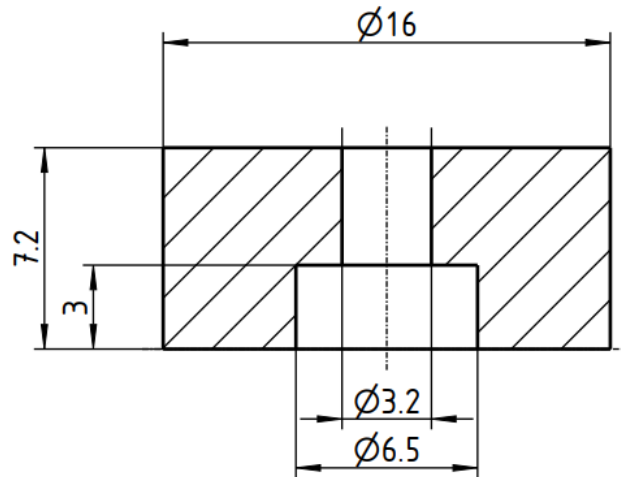


Anhang 3D (Griff-)Schenkel



Maßstab:	Toleranzen	Ersteller:	Material:
3:1	ISO 2768-mk	M.Aspacher	PTFE
		Modul:	
		Abtropfbereich	
		Teil:	
		(Griff-)Schenkel	
		Rev.2	13.02.2023

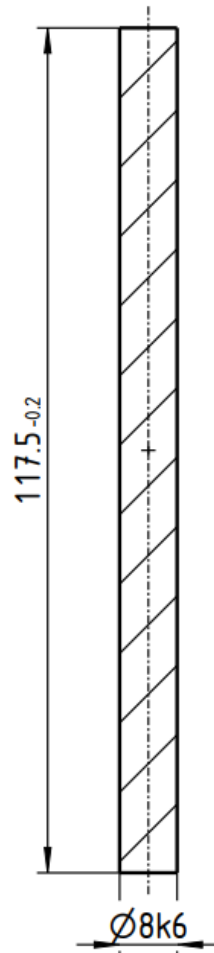
**Anhang 3E      Gleitstück**



Maßstab:	Toleranzen	Ersteller	Material
4:1	ISO 2768-mk	M.Apsacher	PTFE
		Modul:	
		Abtropfbereich	
		Teil:	
		Gleitstueck	
		Rev.1	17.02.2023

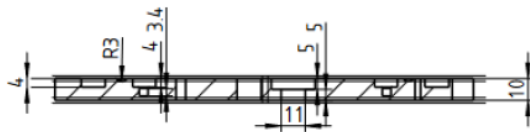
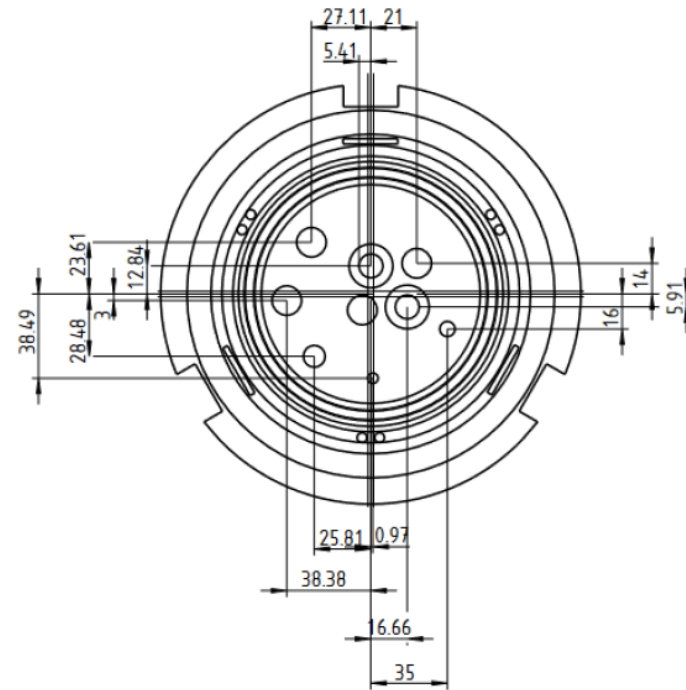
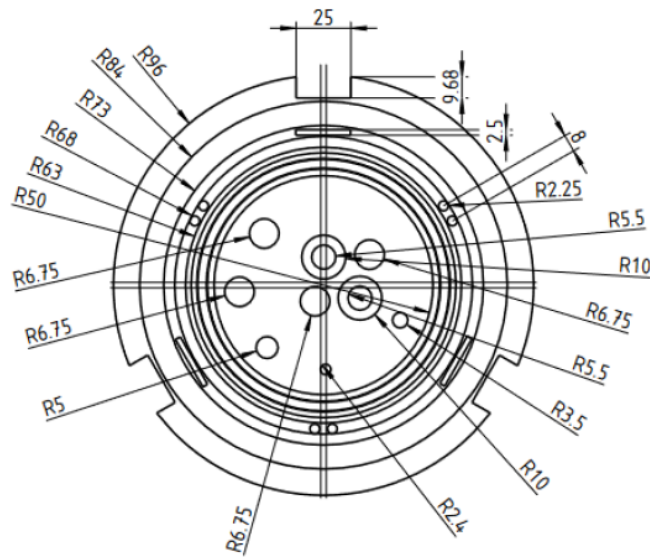
Anhang 3F

Griff



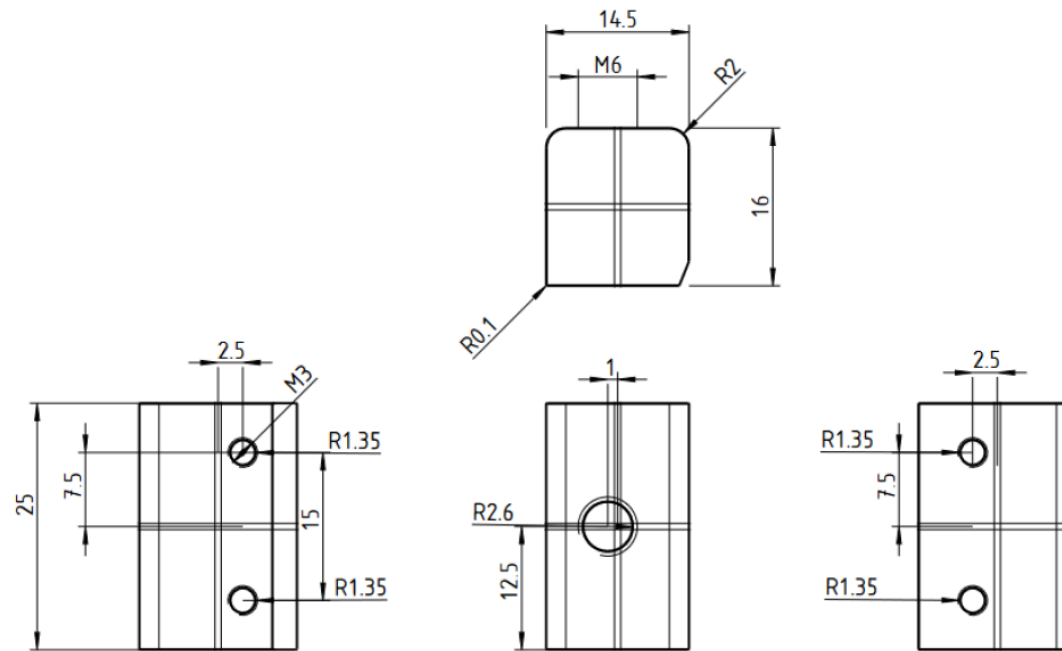
Maßstab:	Toleranzen	Ersteller	Material:
1:1	ISO 2768-mk	M.Aspacher	Aluminium
		Modul:	
		Abtropfbereich	
		Teil:	
		Griff	
		Rev.2	17.02.2023

# Anhang 3G Boilerboden



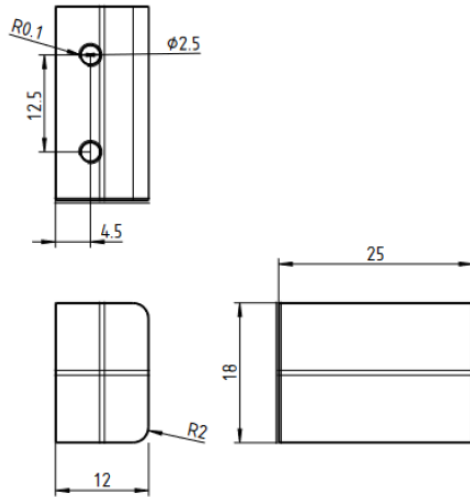
Maßstab:	Ersteller:	Material
1:2	S. Diener	PVDF
	Modul:	
	Glasboiler	
	Teil	
	Boilerboden	
	Rev. 2	14.02.2023

Anhang 3H Versteifungselement oben



Maßstab:	Ersteller:	Material
2:1	S. Diener	Aluminium
	Modul:	
	Glasboiler	
	Teil	
	Versteifungselement 1	
	Rev. 2	14.02.2023

## Anhang 3A Versteifungselement unten




Maßstab:	Ersteller:	Material
2:1	S. Diener	Aluminium
	Modul:	
	Glasboiler	
	Teil	
	Versteifungselement 2	
	Rev. 2	14.02.2023

# Anhang 4 Blexon-Checks mit Staffelpreisen

## Anhang 4A Labortechnische Maschine


**Seitenblechkonstruktion**



**Blexon Nr:** 439150  
 Edelstahl (1.4301) geschliffen 2.0mm  
 ■ Oberseite / Schliff / Folie  
 ■ Unterseite  
 LxBxH: 520.00 x 444.50 x 353.00mm  
 Gewicht: 5.812kg  
 Entgraten: Kein (Unterseite)  
 Pulverbeschichten: Nein

✓ OK


**Bodenblechkonstruktion**



**Blexon Nr:** 438947  
 Edelstahl (1.4301) geschliffen 2.0mm  
 ■ Oberseite / Schliff / Folie  
 ■ Unterseite  
 LxBxH: 520.00 x 439.50 x 278.00mm  
 Gewicht: 3.637kg  
 Entgraten: Kein (Unterseite)  
 Pulverbeschichten: Nein

✓ OK

**Halteblech**



**Blexon Nr:** 439148  
 Edelstahl (1.4301) geschliffen 2.0mm  
 ■ Oberseite / Schliff / Folie  
 ■ Unterseite  
 LxBxH: 285.00 x 279.25 x 154.00mm  
 Gewicht: 1.029kg  
 Entgraten: Kein (Unterseite)  
 Pulverbeschichten: Nein

✓ OK

1			
CAD Modell anze			
Preishinweis			
Preis / Stk. [EUR]			
Menge	Schnell	Preiswert	
1	389.14	356.11	★
2	233.13	205.03	★
3	181.29	154.88	★
4	156.87	131.01	★
5	140.69	85.77	★
6	130.43	79.93	★
7	123.89	76.42	★
8	117.91	72.96	★
9	113.39	70.35	★
10	110.46	66.08	★
15	99.92	60.81	★
20	94.85	58.35	★
25	91.93	56.96	★
30	89.66	55.79	★
40	87.25	54.65	★
50	85.64	53.84	★
100	82.50	52.28	★
500	80.02	51.06	★
ab 1000	79.72	50.91	★

1			
CAD Modell anze			
Preishinweis			
Preis / Stk. [EUR]			
Menge	Schnell	Preiswert	
1	150.47	130.30	★
2	94.41	78.31	★
3	82.05	65.43	★
4	71.13	55.73	★
5	68.37	46.25	★
6	63.36	42.68	★
7	61.70	41.37	★
8	59.52	39.87	★
9	58.66	39.17	★
10	57.20	35.78	★
15	54.17	34.27	★
20	52.53	33.43	★
25	52.13	33.31	★
30	51.06	32.71	★
40	50.04	32.16	★
50	49.97	32.20	★
100	48.96	31.68	★
500	48.17	31.27	★
ab 1000	48.07	31.22	★

1			
CAD Modell anze			
Preishinweis			
Preis / Stk. [EUR]			
Menge	Schnell	Preiswert	
1	112.27	104.05	★
2	65.03	58.62	★
3	49.29	43.49	★
4	41.39	35.90	★
5	37.73	26.28	★
6	34.40	23.78	★
7	32.07	22.02	★
8	30.29	20.68	★
9	29.50	20.11	★
10	28.33	16.78	★
15	25.25	15.23	★
20	23.41	14.26	★
25	22.39	13.74	★
30	21.62	13.32	★
40	21.09	13.10	★
50	20.27	12.64	★
100	19.88	12.52	★
500	19.10	12.12	★
ab 1000	19.04	12.09	★

## Anhang 4B Glasboilermaschine

**abtropfblech\_v3**



**Blexon Nr:** 441483  
Edelstahl (1.4301) F2B  
2.0mm  
Oberseite  
Unterseite  
**LxBxH:** 363.00 x 178.00 x 30.01mm  
**Gewicht:** 0.932kg  
**Entgraten:**  
Einseitig (Unterseite)  
**Pulverbeschichten:**  
Nein

OK Preisliste

1 In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

**VERSTEIFUNGSBLECH\_MARTIN...**



**Blexon Nr:** 440715  
Edelstahl (1.4301) F2B  
1.5mm  
Oberseite  
Unterseite  
**LxBxH:** 244.00 x 102.00 x 57.94mm  
**Gewicht:** 0.335kg  
**Bearbeitungen**  
**Entgraten:**  
Einseitig (Unterseite)  
**Pulverbeschichten:**  
Nein

OK Preisliste

1 In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

**20230208\_HALTEBLECH\_MARTIN**



**Blexon Nr:** 439951  
Edelstahl (1.4301) F2B  
2.0mm  
Oberseite  
Unterseite  
**LxBxH:** 244.00 x 102.00 x 81.00mm  
**Gewicht:** 0.559kg  
**Bearbeitungen**  
**Entgraten:**  
Einseitig (Unterseite)  
**Pulverbeschichten:**  
Nein

OK Preisliste

1 In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

Preishinweis			Preishinweis			Preishinweis		
Menge	Preis / Stk. [EUR]		Menge	Preis / Stk. [EUR]		Menge	Preis / Stk. [EUR]	
	Schnell	Preiswert		Schnell	Preiswert		Schnell	Preiswert
1	103.24	96.13	1	125.22	119.27	1	109.56	103.03
2	66.91	60.79	2	69.34	65.44	2	61.64	56.96
3	54.86	49.05	3	50.72	47.51	3	45.66	41.60
4	48.78	43.14	4	41.40	38.53	4	37.67	33.92
5	45.18	37.09	5	35.82	28.24	5	32.89	26.83
6	42.75	35.03	6	32.08	25.20	6	30.50	24.69
7	41.07	33.59	7	29.43	23.05	7	28.11	22.63
8	40.45	33.01	8	28.04	21.90	8	26.30	21.07
9	39.37	32.11	9	26.44	20.60	9	24.90	19.86
10	38.51	24.54	10	25.12	17.29	10	23.78	16.64
15	36.27	23.43	15	21.58	15.14	15	20.78	14.74
20	34.88	22.66	20	19.54	13.85	20	19.08	13.67
25	34.27	22.37	25	18.63	13.31	25	17.73	12.82
30	33.87	22.19	30	17.86	12.84	30	16.83	12.25
40	33.20	21.83	40	16.90	12.25	40	16.25	11.90
50	32.91	21.70	50	16.31	11.89	50	15.89	11.68
100	32.43	21.48	100	15.33	11.30	100	14.70	10.91
500	31.85	21.18	500	14.53	10.82	500	14.26	10.64
ab 1000	31.80	21.16	ab 1000	14.44	10.76	ab 1000	14.18	10.59



20221217\_spannhaken\_innen\_v9



**Blexon Nr:** 428296  
**Edelstahl (1.4301) F2B**  
 2.0mm  
 ■ Oberseite  
 ■ Unterseite  
**LxBxH:** 296.00 x 25.00 x 14.00mm  
**Gewicht:** 0.120kg  
**Entgraten:** *Beidseitig*  
**Pulverbeschichten:**  
*Nein*

✓ OK    Preisliste

1    In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

Preishinweis

Menge	Preis / Stk. [EUR]	
	Schnell	Preiswert
1	75.52	70.78
2	39.76	37.06
3	27.84	25.82
4	21.88	20.20
5	18.30	15.12
6	15.92	13.10
7	14.21	11.65
8	12.94	10.56
9	11.94	9.72
10	11.15	6.60
15	8.76	5.31
20	7.57	4.67
25	6.86	4.28
30	6.38	4.03
40	5.78	3.70
50	5.43	3.51
100	4.84	3.22
500	4.33	2.97
ab 1000	4.28	2.94

20221217\_spannhaken\_v9



**Blexon Nr:** 428290  
**Edelstahl (1.4301) F2B**  
 2.0mm  
 ■ Oberseite  
 ■ Unterseite  
**LxBxH:** 294.02 x 32.51 x 25.00mm  
**Gewicht:** 0.130kg  
**Entgraten:** *Beidseitig*  
**Pulverbeschichten:**  
*Nein*

✓ OK    Preisliste

1    In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

Preishinweis

Menge	Preis / Stk. [EUR]	
	Schnell	Preiswert
1	110.11	104.32
2	58.39	55.11
3	41.14	38.71
4	32.52	30.50
5	27.35	22.60
6	23.90	19.66
7	21.44	17.55
8	19.59	15.98
9	18.15	14.75
10	17.01	11.36
15	13.56	9.15
20	11.83	8.05
25	10.80	7.39
30	10.11	6.94
40	9.25	6.39
50	8.74	6.06
100	7.83	5.49
500	7.09	5.04
ab 1000	7.01	4.98

20230107\_versteif\_unten\_v10



**Blexon Nr:** 441685  
**Edelstahl (1.4301) F2B**  
 2.0mm  
 ■ Oberseite  
 ■ Unterseite  
**LxBxH:** 396.00 x 176.50 x 83.00mm  
**Gewicht:** 0.607kg  
**Entgraten:**  
*Einseitig (Unterseite)*  
**Pulverbeschichten:**  
*Nein*

✓ OK    Preisliste

1    In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

Preishinweis

Menge	Preis / Stk. [EUR]	
	Schnell	Preiswert
1	132.67	121.83
2	76.98	69.03
3	61.34	53.33
4	50.80	43.89
5	47.68	31.97
6	41.14	27.47
7	38.59	25.62
8	36.99	24.52
9	34.50	22.78
10	33.06	19.29
15	29.37	17.44
20	26.95	16.11
25	25.48	15.30
30	24.68	14.91
40	23.79	14.44
50	23.13	14.10
100	22.25	13.68
500	21.33	13.21
ab 1000	21.20	13.14

20221212\_anbindungsrahmen20



**Blexon Nr:** 441793  
**Edelstahl (1.4301) F2B**  
 2.0mm  
 ■ Oberseite  
 ■ Unterseite  
**LxBxH:** 495.50 x 400.00 x 87.01mm  
**Gewicht:** 2.752kg  
**Entgraten:**  
*Einseitig (Unterseite)*  
**Pulverbeschichten:**  
*Nein*

✓ OK    Preisliste

1    In Warenkorb

CAD Modell anzeigen / bearbeiten

Preishinweis

Menge	Preis / Stk. [EUR]	
	Schnell	Preiswert
1	202.31	182.76
2	124.08	107.82
3	101.36	85.20
4	85.92	71.13
5	77.36	49.77
6	71.71	46.07
7	71.28	45.87
8	70.29	45.19
9	68.53	44.11
10	66.67	40.34
15	61.35	37.64
20	58.57	36.25
25	57.02	35.46
30	56.03	34.96
40	55.01	34.50
50	54.26	34.12
100	52.65	33.31
500	51.43	32.71
ab 1000	51.28	32.63