Konstruktion einer gläsernen Brühkammer

Projektarbeit Mess- und Regelungstechnik rund um die Kaffeemaschine

Von

Schafberger Tobias
Matrikel-Nr. 2594745
Zacherl Matthias
Matrikel-Nr. 2594938
Kellendorfer Georg
Matrikel-Nr. 2594712

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Ketterl
Fakultät Maschinenbau
HS Regensburg

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 2

Vorgängerprojekt: 2

Ziele und Anforderungen 3

Morphologischer Kasten und Skizzen 3

CAD-Konstruktion 4

Berechnungen 7

Fertigung 9

Montage und Probelauf 12

Video Versuchslauf 12

Ausblick 13

Anhang 13

Einleitung

Durch eine transparente Ausführung der Brühkammer sollen Einblicke in die Herstellung von Espresso gewonnen werden, die normalerweise im Verborgenen bleiben.
Dadurch kann beobachtet werden wie das Kaffeepulver von Wasser durchsetzt wird und sich während des Brühvorganges verhält. Man kann die Auswirkungen verschiedener Parametereinstellungen auf das Kaffeepulver und Fließverhalten in der Brühkammer beobachten.

Vorgängerprojekt:

Bereits im Wintersemester 2011/2012 wurde ein Versuchsaufbau zur gläsernen Brühkammer erstellt.
Link:
http://homepages.fh-regensburg.de/~keh39187/versuchsaufbaubruehkammer.pdf

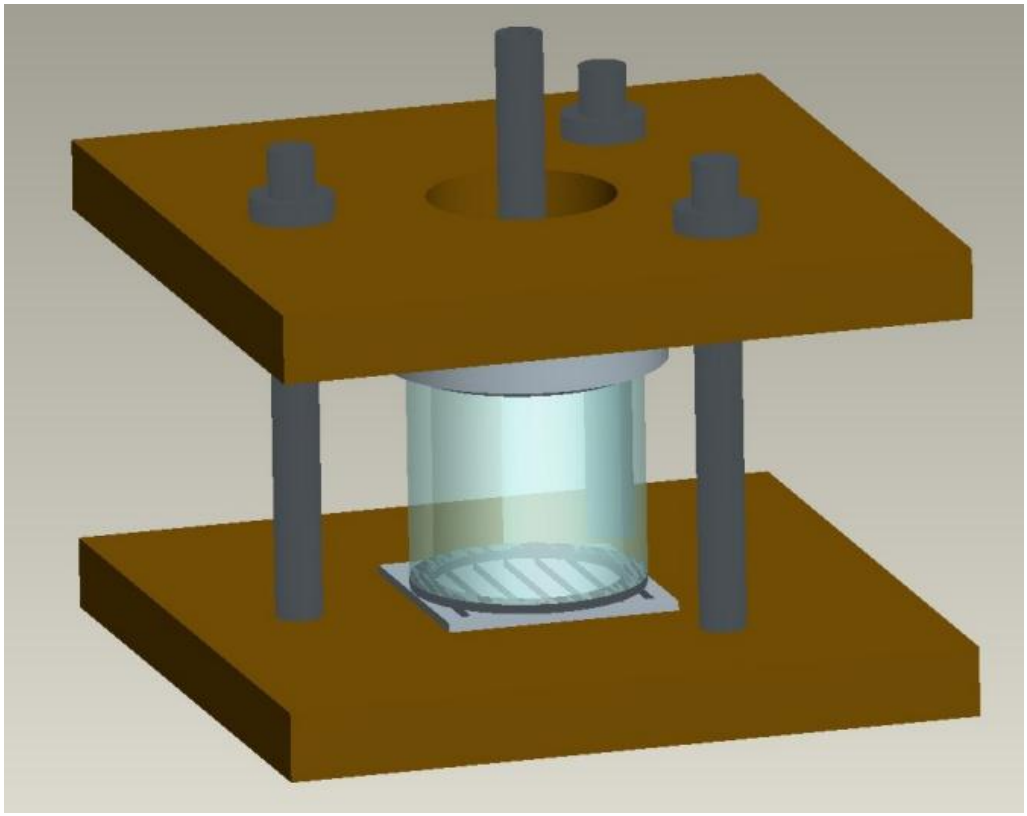


Bild 1: CAD-Modell Vorgängerprojekt

Dieser Aufbau hatte jedoch einige Schwachstellen, welche es so gut wie möglich zu beseitigen galt.

Probleme:

- Maximal erreichbarer Druck lediglich 2,5 bar, keine Espresso Herstellung möglich, hierzu werden ca. 10 bar benötigt

- umständliches und zeitaufwendiges Befüllen und Entleeren der Brühkammer, dazu musste die komplette Konstruktion demontiert werden
- der Blick in die Brühkammer wurde vom Aufbau eingeschränkt
- instabiler und unansehnlicher Aufbau

Ziele und Anforderungen

- Zubereitung von Espresso möglich
- einfache und schnelle Befüllung/Entleerung der Brühkammer
- optisch hochwertiger Versuchsaufbau
- guter Blick auf den kompletten Brühraum
- Verstellbarkeit des Luftspaltes zwischen Kaffeepulver und Duschsieb

Morphologischer Kasten und Skizzen

Um unsere Ideen für die verschiedenen Anforderungen sinnvoll zu gliedern und zu bewerten haben wir einen morphologischen Kasten erstellt.

Folgende Probleme mussten gelöst werden:

- Wasserzufuhr
- Befestigung der Flansche am Plexiglasroh (oben/unten)
- Befestigung der Siebe an den Flanschen (oben/unten)
- Abdichtung der Brühkammer

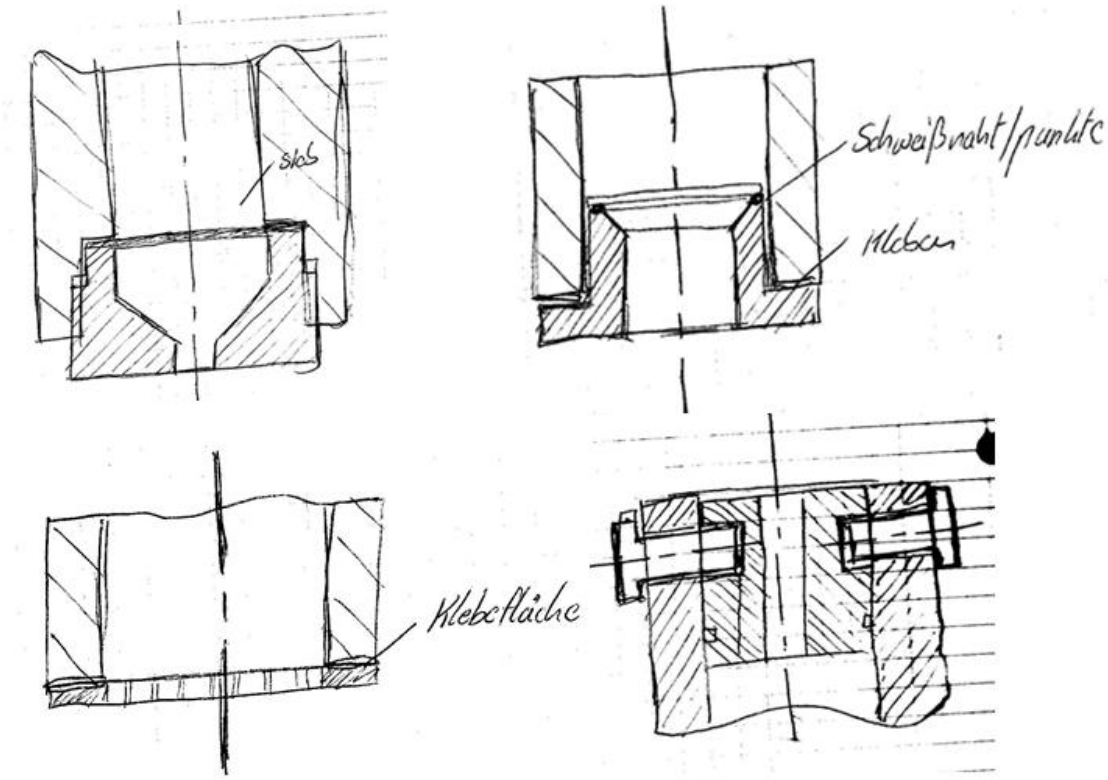


Bild 2: Skizzen

	1	2	3	4	5
Funktion 1 Wasserzufuhr	Senseo + neue Kolbenpumpe	Gastromaschine: Schlauch an Siebträger			
Funktion 2 Befestigung der Flansche	Schnellspanner	Schlauchschelle + Schnellspanner	Innengewinde im Rohr	Außengewinde am Rohr	Rahmen um Brühkammer
Funktion 3 Befestigung der Siebe	Hülse drückt Sieb an Flansch	schweißen	löten	kleben	leichtes Übermaß (geklemmt)
Funktion 4 Dichtung	Teflonband (bei Gewinde)	O-Ringe (radial dichtend)	O-Ringe (axial dichtend)	Flachdichtung	

unsere Lösung

Tabelle 1: Morphologischer Kasten

Wir haben uns entschieden, die Wasserzufuhr über einen Siebträger an einer Gastronomiemaschine zu realisieren, da dadurch sichergestellt ist, dass genügend Druck und eine ausreichende Wassertemperatur vorhanden ist. Ein Rahmen um die Brühkammer gibt der Konstruktion die nötige Stabilität, nimmt die Druckkräfte auf und ermöglicht eine einfache Demontage der Brühkammer. Er dient auch gleichzeitig als Standfuß der Konstruktion, unter den man eine Tasse stellen kann. Durch das Beilegen von Distanzscheiben lässt sich der Luftspalt zwischen Kaffeepulver und Duschsieb in einem gewissen Bereich variieren. Es besteht keine Notwendigkeit, dass das untere Sieb zusätzlich im Flansch befestigt wird, da es durch den, beim Brühvorgang entstehenden Druck in den Absatz gedrückt wird. Es sitzt jedoch durch ein leichtes Übermaß fest genug im Flansch, damit es sich beim Herausklopfen des Puks nicht löst. Das obere Sieb hingegen wird an den Flansch geklebt. Die Flansche werden gegenüber dem Rohr mittels O-Ringen radial abgedichtet, was eine schnelle Demontage der Flasche ermöglicht.

CAD-Konstruktion

Nachdem das Konzept für die Brühkammer festgelegt war, wurde damit begonnen, die Ideen in CAD umzusetzen. Dafür mussten zahlreiche Einbaumaße, zum Beispiel für die Abdichtung der Brühkammer mit den O-Ringen recherchiert werden. Das Pukvolumen von 15 g Espresso und somit die Höhe der Brühkammer wurde experimentell ermittelt.

Rahmen

Bild 3: CAD-Modell Rahmen

Brühkammer

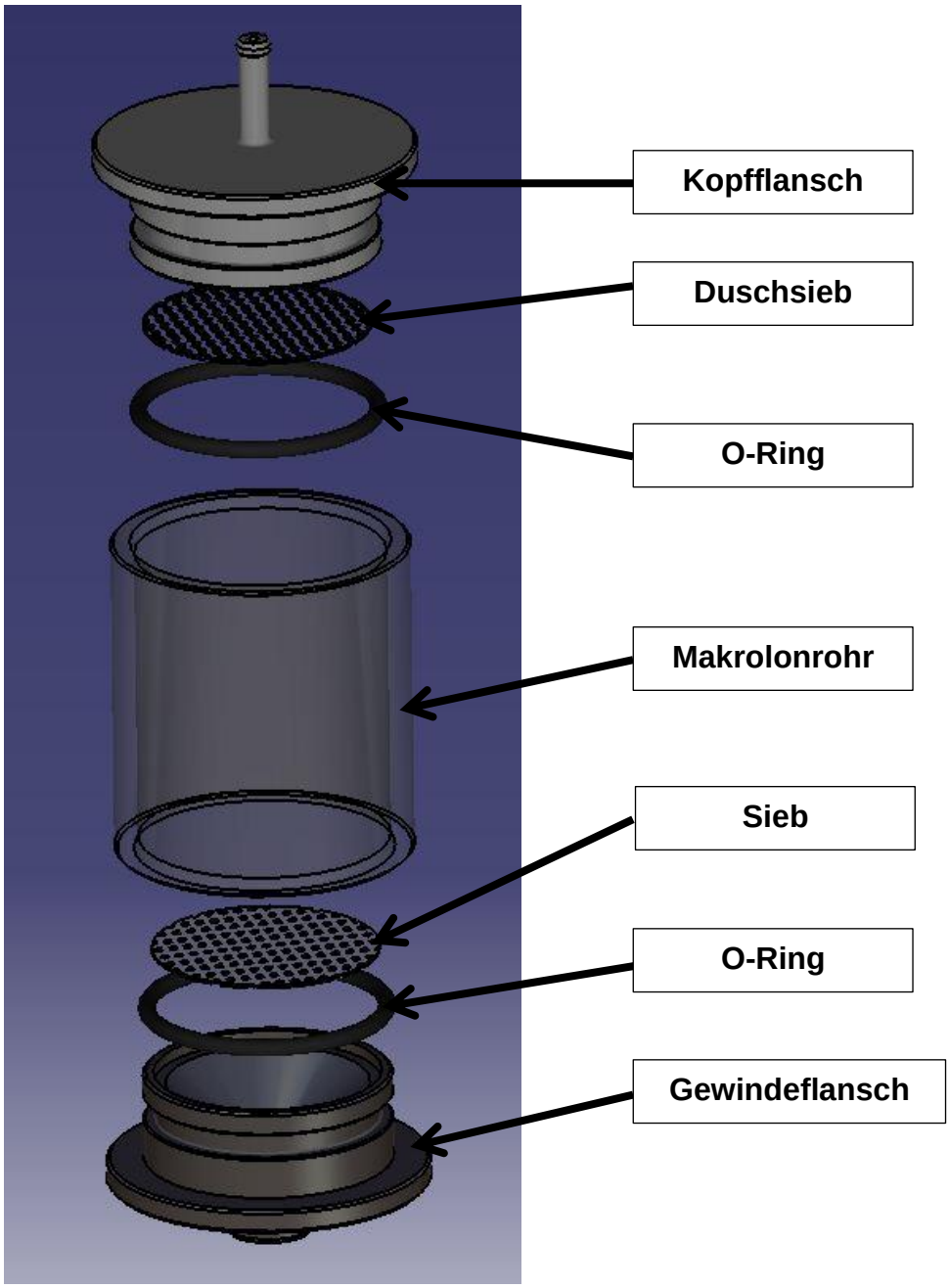


Bild 4: CAD-Explosionsdarstellung Brühkammer

Für die Brühkammer wurde das vorhandene Makrolonrohr mit einem Innendurchmesser von 42mm verwendet. An das Gewinde am Gewindeflansch wird später der Ausgießer des Siebträgers geschraubt, der unserer Brühkammer als Wasserzufuhr dient.

Tamper

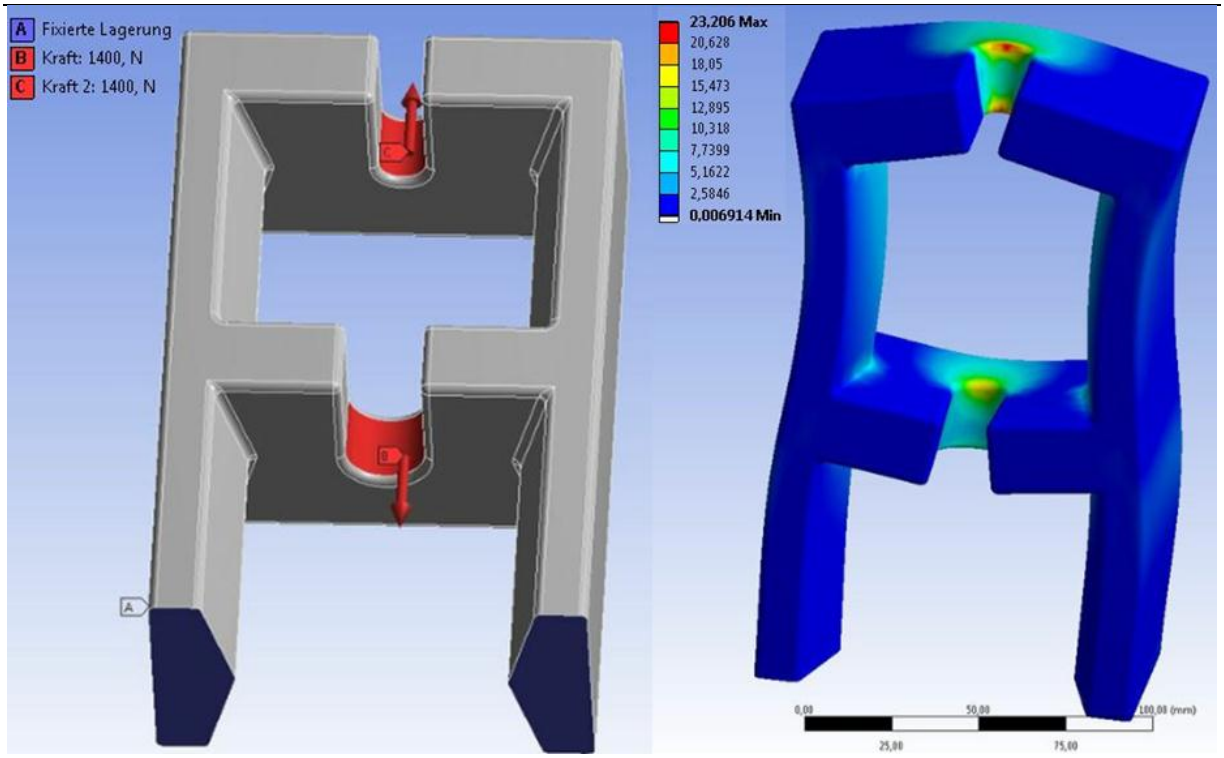
Bild 5: CAD-Modell Tamper

Berechnungen

Durch den hohen Druck von ca. 10 bar kommt es in der Brühkammer zu großen Kräften.

$$F = P * \mathrm{A}$$
$$A = \pi r^2 = \ 0{,}00138\ m^2$$
$$F = 1380N$$

Zum Ermitteln der auftretenden Spannung in Rahmen und Plexiglasrohr wurde eine FEM-Simulation durchgeführt.



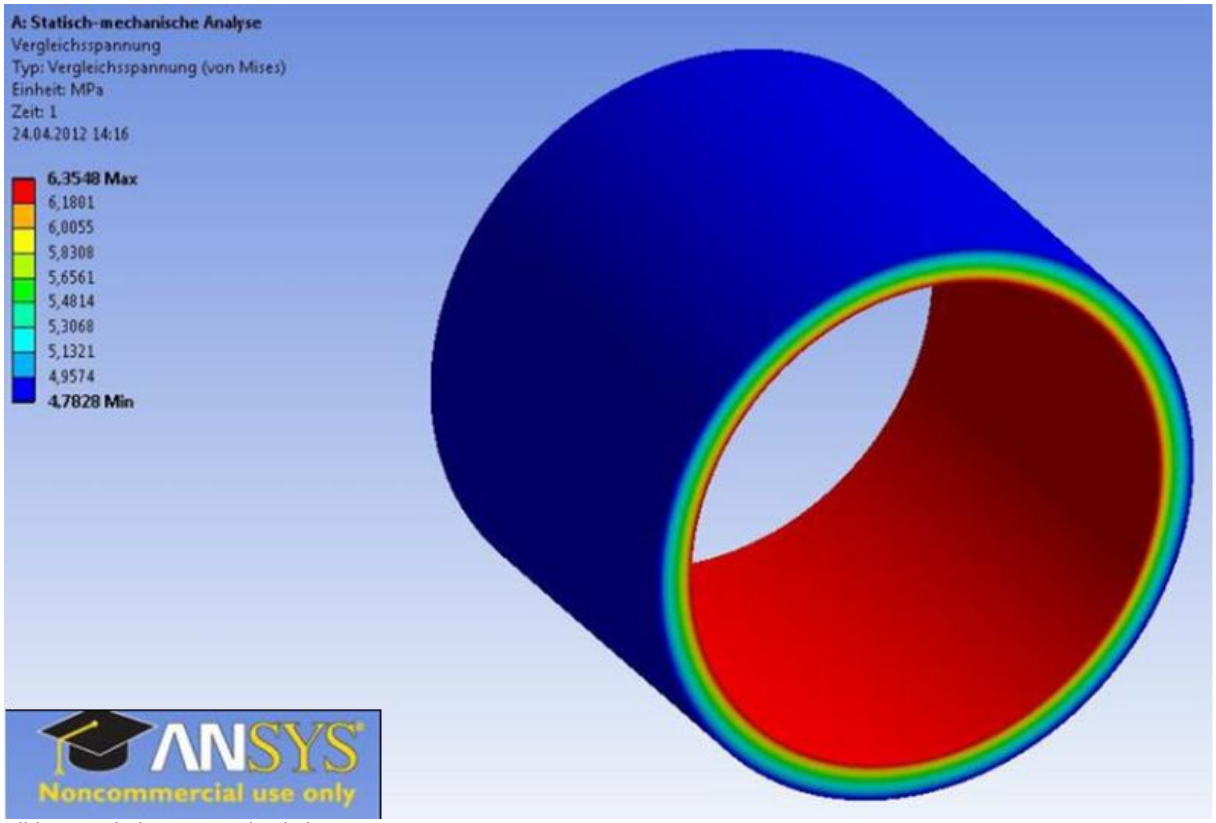


Bild 6: Ergebnisse FEM-Simulation

Die ermittelten Spannungen sollten für die Bauteile kein Problem darstellen und den reibungslosen Betrieb nicht beeinflussen.

Fertigung

Anschließend wurde die Konstruktion mit dem Werkstattleiter besprochen und gegebenenfalls abgeändert. Die Fertigung nahm aufgrund der hohen Werkstattauslastung ca. 4 Wochen in Anspruch.

Rahmen

Die obere Nut des Rahmens wurde noch ein wenig größer gefräst, damit eine Schlauchklemme problemlos Platz hat.
Der Kunststoffrahmen wurde anschließend sandgestrahlt.

Bild 7: Rahmen

Brühkammer

Die Flansche mit den O-Ringen passen anfangs noch nicht in das Makrolonrohr. Deshalb wurde das Rohr beidseitig etwas ausgedreht und so angepasst, dass die Flansche gut mit der Hand einzudrücken sind.

Bild 8: Brühkammer

Tamper

Der Tamper konnte nicht, wie im CAD geplant, gefertigt werden, da keine CNC-Drehmaschine zur Verfügung stand. Dafür wurde aus einem vorhandenen Kunststoffstück ein provisorischer Tamper auf einer konventionellen Drehmaschine gedreht.

Bild 9: Tamper

Wasseranschluss

Bild 10: Wasseranschluss

Montage und Probelauf

Der erste Zusammenbau der Brühkammer funktionierte ohne Probleme.
Bei den ersten Probeläufen wurden ein paar Undichtigkeiten am Wasseranschluss an der Gastronomiemaschine festgestellt, die ziemlich bald behoben waren. Die Brühkammer selbst war jedoch vollkommen dicht. Nach Beseitigung der undichten Stellen, wurde der gewünschte Druck von annähernd 10 bar erreicht. Dieser Betriebsdruck führte zu einer erhöhten Beanspruchung im Schlauch, was in der Zerstörung von selbigem resultierte. Dieser wurde durch einen Teflonschlauch ersetzt, der den Belastungen nun hoffentlich längerfristig standhält.
Die Brühkkammer sollte vor der Espressozubereitung mit heißem Wasser ausgespült werden, da sonst die kalten Edelstahlflansche den Espresso bzw. das einfließende Wasser zu sehr abkühlen.

Video Versuchslauf

Bild 11: Versuchslauf

http://www.youtube.com/watch?v=40_NlQr-GX0&feature=plcp
http://www.youtube.com/watch?v=dnzV9Wqfuyc

Ausblick

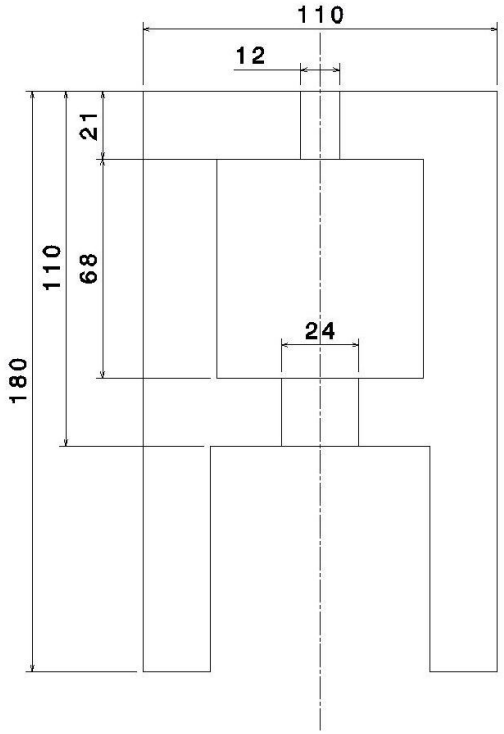
- Verbesserung des Anschlusses an die Siebträgermaschine: Schlauch, der den Belastungen dauerhaft standhält, neue Schlauchklemmen, Anschlussstellen sauber abdichten.

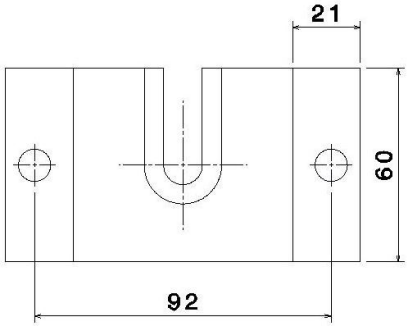
- Nach Verbesserung des Anschlusses können anschließend mit dem Versuchsaufbau verschiedene Messreihen durchgeführt werden. Vorschläge für Versuchsdurchführung:

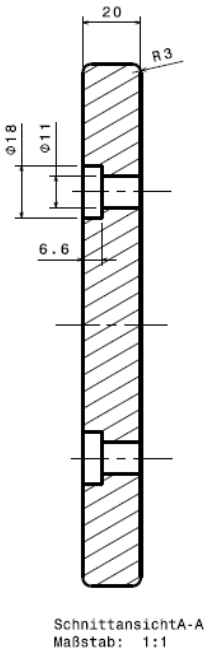
    - Temperaturmessungen am Versuchsaufbau
    - Verschiedene Parameter variieren (z.B. Mahlgrad, Tamperdruck, Temperatur…)
    - Highspeed-Video Analyse (Ansprechpartner Hr. Schrammel)

Anhang

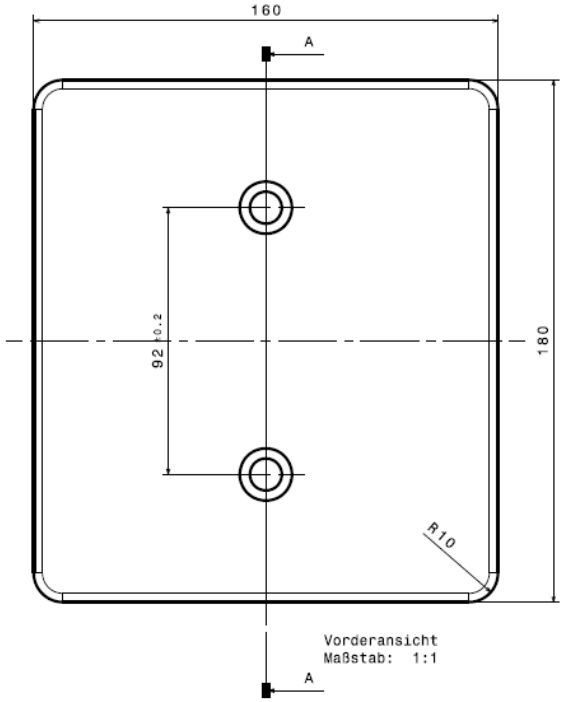
Technische Zeichnungen der Teile





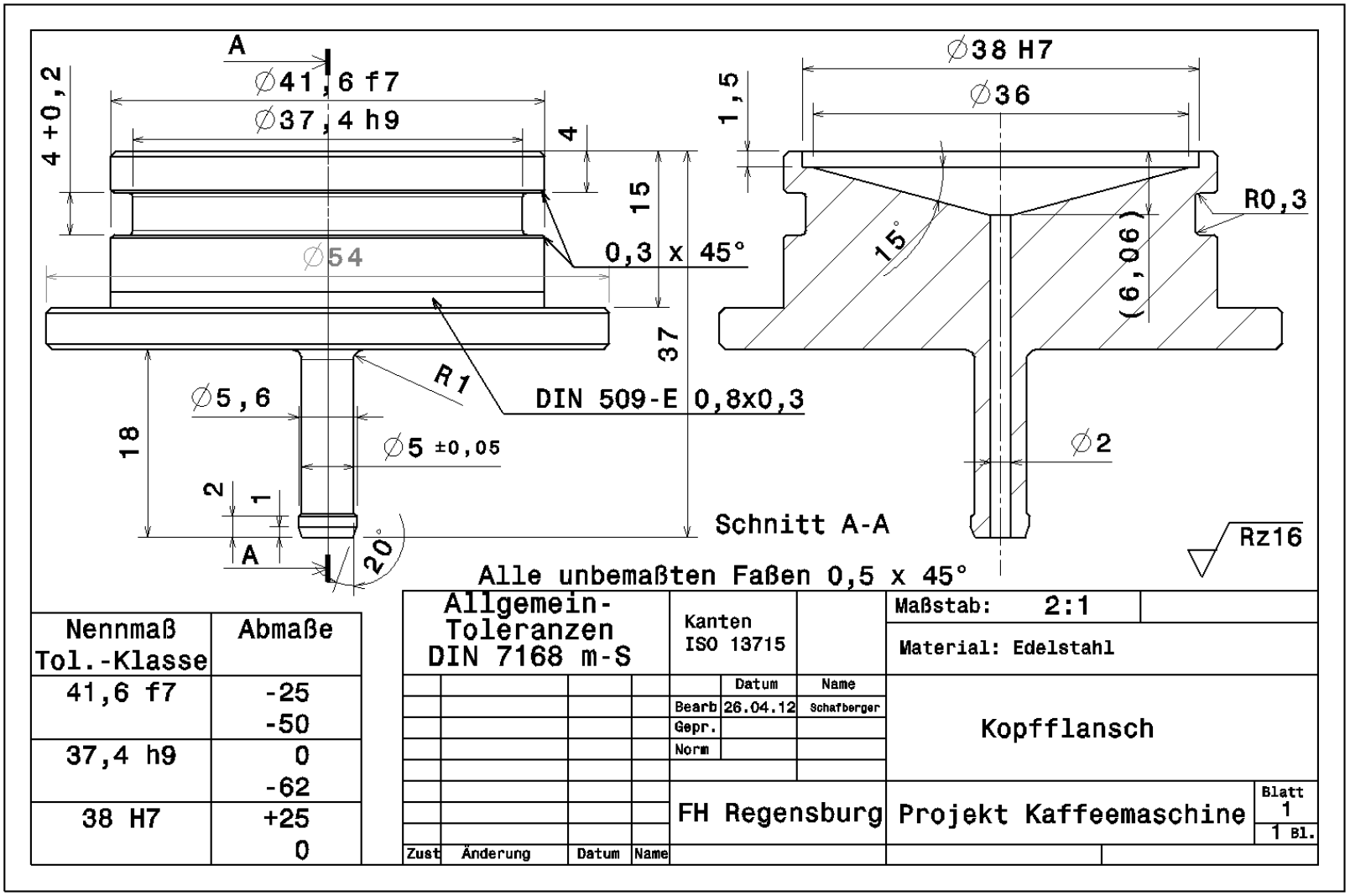


SchnittansichtA-A
Maßstab: 1:1



Vorderansicht
Maßstab: 1:1

Schafberger Tobias
Zacherl Matthias
Kellendorfer Georg
Projekt Kaffeemaschine



Nennmaß Tol.-Klasse	Abmaße
41,6 f7	-25 -50
37,4 h9	0 -62
38 H7	+25 0

Allgemein-Toleranzen DIN 7168 m-S

Kanten ISO 13715

Maßstab: 2:1

Material: Edelstahl

	Datum	Name
Bearb	26.04.12	Schafberger
Gepr.		
Norm		

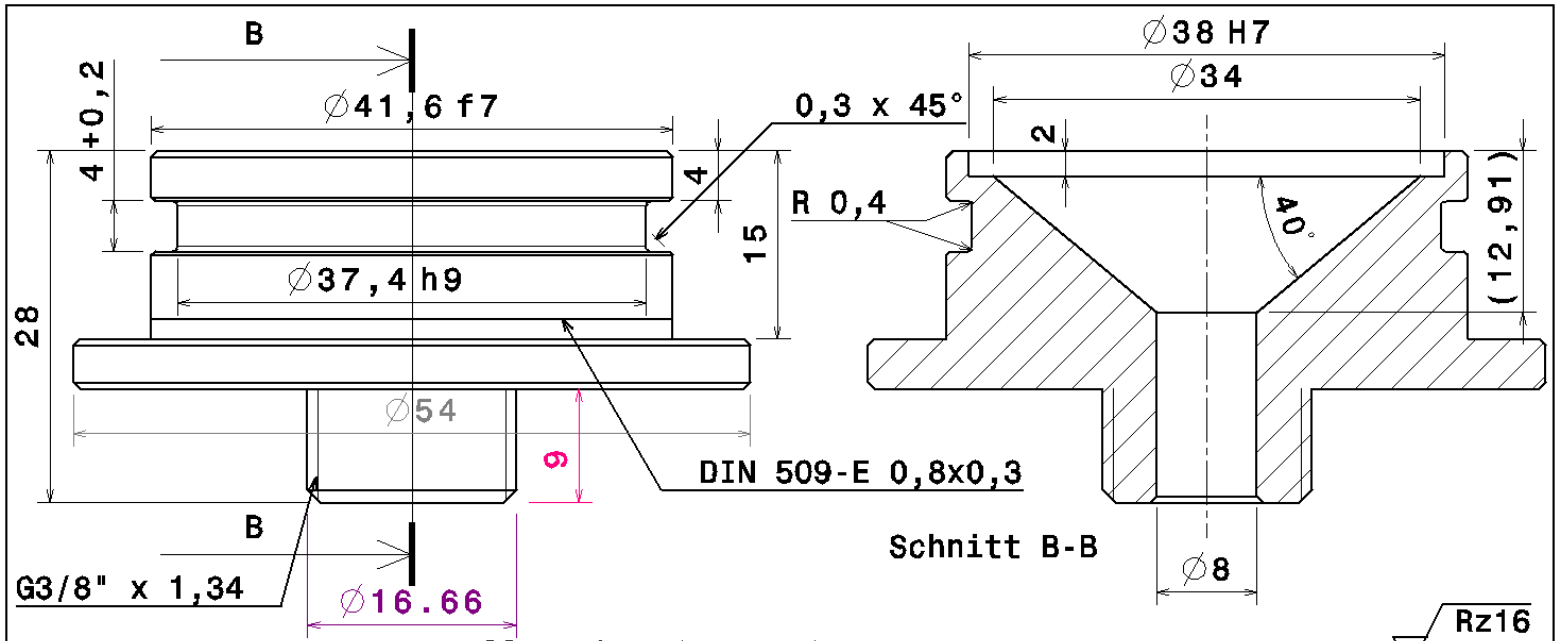
Kopfflansch

FH Regensburg

Projekt Kaffeemaschine

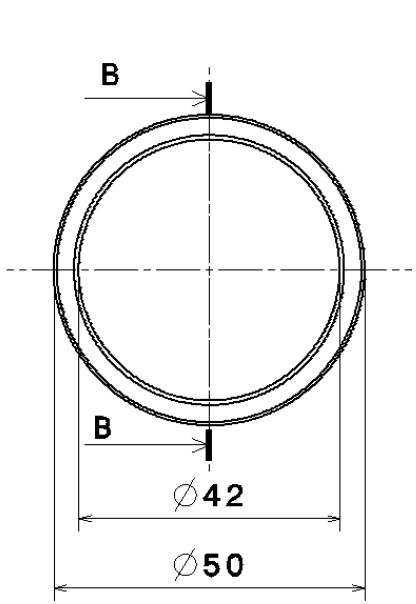
Blatt 1
1 Bl.

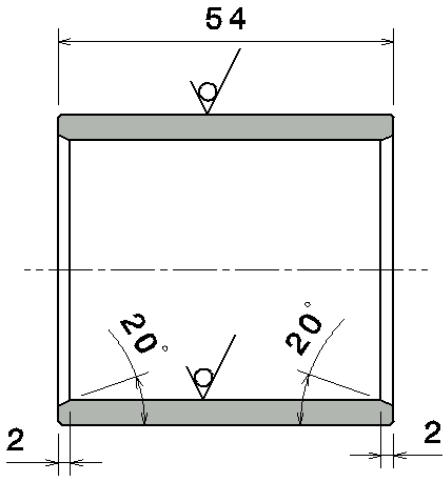
Zust | Änderung | Datum | Name



Nennmaß Tol.-Klasse	Abmaße
41,6 f7	-25 -50
37,4 h9	0 -62
38 H7	+25 0

Allgemein-Toleranzen DIN 7168 m-S	Kanten ISO 13715	Maßstab: 2:1	Gewicht: 0,58 kg
		Material: Edelstahl	
	Datum / Name		
	Bearb 26.04.12 Schafberger	Gewindeflansch	
	Gepr.		
	Norm		
	FH Regensburg	Projekt Kaffeemaschine	Blatt 1 / 1 Bl.
Zust Änderung Datum Name			



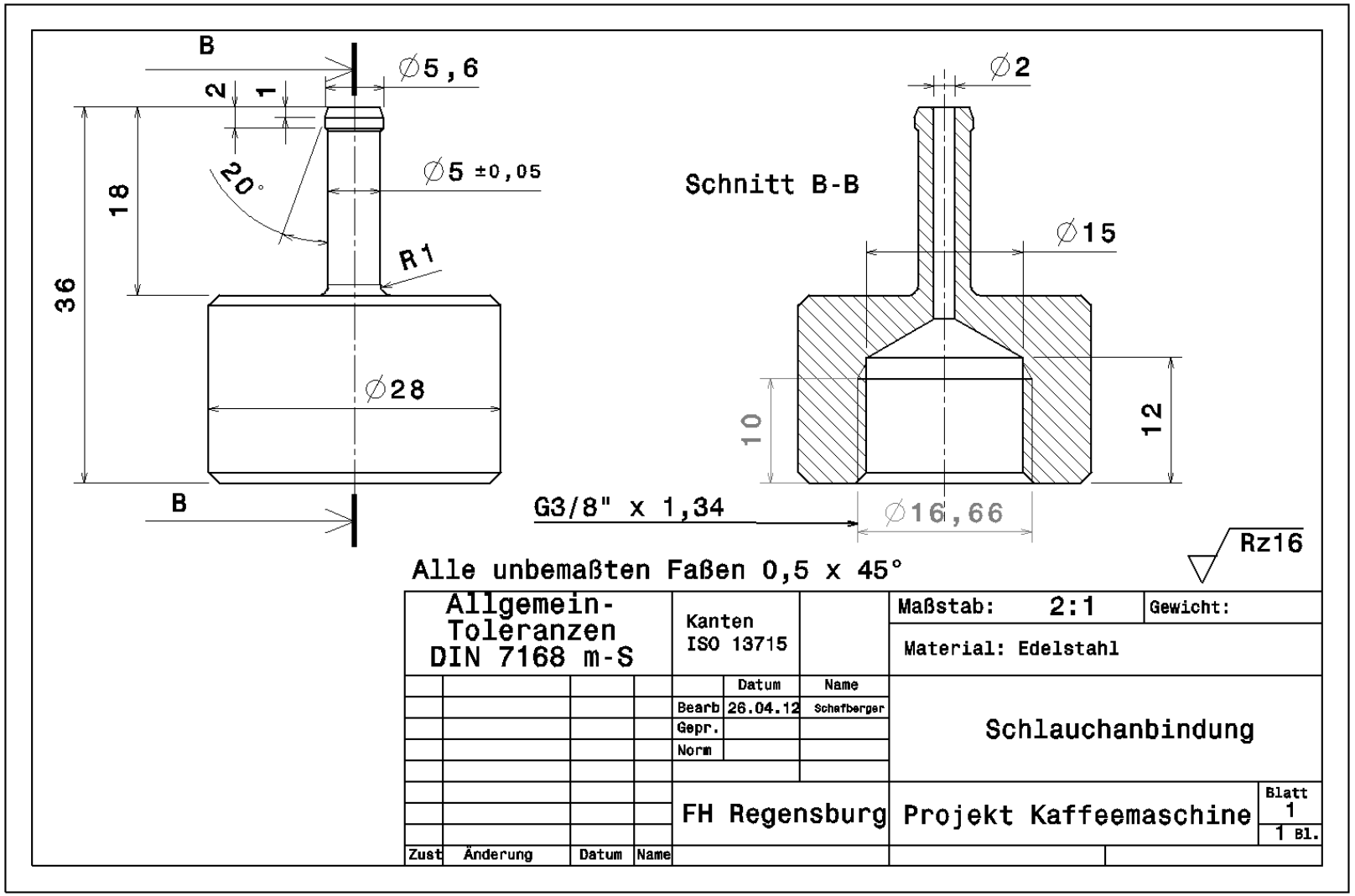


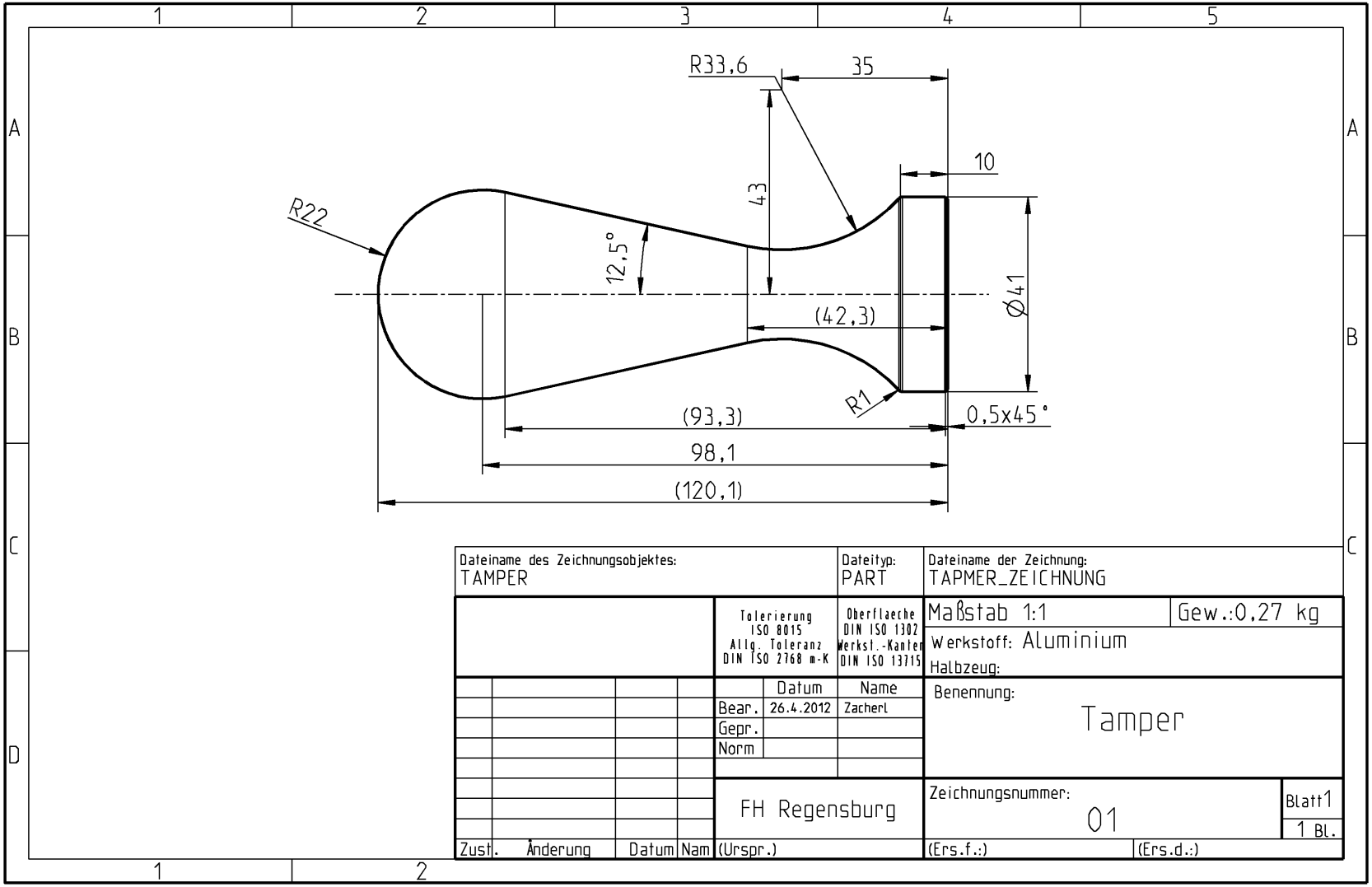
Schnitt B-B

Alle unbemaßten Faßen 0,5 x 45°

Rz16 ( )

Allgemein-Toleranzen DIN 7168 m-S	Kanten ISO 13715		Maßstab: 1:1 / Gewicht: 0,08 kg
			Material: PMMA
	Datum	Name	
	Bearb 26.04.12	Schafberger	Rohr
	Gepr.		
	Norm		
FH Regensburg			Projekt Kaffeemaschine / Blatt 1 / 1 Bl.
Zust Änderung Datum Name			


B
∅5,6
2
1
∅5 ±0,05
20°
18
36
R1
∅28
B
Schnitt B-B
∅2
∅15
10
12
G3/8" x 1,34
∅16,66
Rz16
Alle unbemaßten Faßen 0,5 x 45°
Allgemein-Toleranzen DIN 7168 m-S
Kanten ISO 13715
Maßstab: 2:1
Gewicht:
Material: Edelstahl
Datum
Name
Bearb 26.04.12 Schafberger
Gepr.
Norm
Schlauchanbindung
FH Regensburg
Projekt Kaffeemaschine
Blatt 1
1 Bl.
Zust Änderung Datum Name



Schafberger Tobias
Zacherl Matthias
Kellendorfer Georg
Projekt Kaffeemaschine