

HOCHSCHULE RHEINMAIN



GERÄTEKONSTRUKTION B

Fancy Use-Case Bot

Autoren

DENNIS HUNTER

DAVID ICKSTADT

CIHAN ÜNLÜ

FACHBEREICH INGENIEURWISSENSCHAFTEN

STUDIENBEREICH ANGEWANDTE PHYSIK & MEDIZINTECHNIK

Inhaltsverzeichnis

Kurzzeichenverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Theorie	2
3 Literatur	3
4 Aufgabenstellung	4
4.1 Anforderungskatalog	4
5 Methodik	5
5.1 Funktionsgliederung/-Struktur	5
5.1.1 Funktionsbaum	5
5.1.2 Morphologische Kästen	7
5.1.3 Prinzipskizze	13
5.2 Begründung der Lösungsauswahl	15
6 Ergebnisse	17
6.1 Konzeption und Entwurf	17
6.1.1 Gesamtabteil	17
6.1.2 Schultergelenk	17
6.1.3 Ober-/Unterarm	17
6.1.4 Hand	17
6.1.5 Künstliche Muskeln	17
7 Diskussion	18
8 Zusammenfassung	19
Abbildungsverzeichnis	20
Tabellenverzeichnis	21
A Externe Referenzen	22
B Zeichnungen	23
B.1 Bauteilzeichnungen	24
B.2 Einzelteilzeichnungen Schultergelenk	42
B.3 Einzelteilzeichnungen Arme	48
B.4 Einzelteilzeichnungen Ellbogengelenk	58
B.5 Generelle Stückliste und Pneumatikschaltplan	61

Kurzzeichenverzeichnis

F A Letter

1 Einleitung

2 Theorie

3 Literatur

4 Aufgabenstellung

Zu konstruieren ist ein System, das einen Billard-/Snookerstoß nachbilden kann. Es soll die Stoßparameter der von durchschnittlichen Spielern durchgeführten Stöße möglichst exakt abbilden während die Ergonomie des menschlichen Bewegungsapparates wo nötig nachgeahmt wird. Weiter ist das System für den mobilen Einsatz an realen und beliebigen Snookertischen vorgesehen. Im Rahmen einer gewünschten Einsetzbarkeit in Gegenwart von ungeschultem Personal sind Aufhängungs- bzw. Standsicherheit, sowie ein sicherer Betrieb zu gewährleisten. Zum Transport muss das Gerät zerlegbar und in maximal drei Transportkisten von jeweils höchstens 42 L Fassungsvolumen verstaubar sein.

4.1 Anforderungskatalog

Aus den oben formulierten Anforderungen soll im Weiteren eine konkretisierte Auflistung der Fest- Mindest- und Wunschanforderungen erstellt werden. Darüber hinaus sollen implizite Anforderungen in verbalisierter Form aufgeführt sein.

Festanforderungen:

- Einsetzbarkeit an beliebigen Tischen und Orten
- Autarke Funktion
- Einstellbarkeit der Parameter
 - Armlängen
 - Stoßwinkel
 - Stoßkraft
 - Stoßgeschwindigkeit
- Aufhäng- bzw. Standsicherheit
- Aufnahme verschiedener Queues
- Beachtung der Sicherheitsanforderungen für Bedienpersonal

Mindestanforderungen:

- Impulsübertrag von Queue auf Snookerkugel von
 - Durchmessern 38 mm bis 68 mm und
 - Massen 45 g bis 204 g
- Transportierbarkeit in maximal drei Boxen mit Volumina von jeweils maximal 42 L
- Maximales Gesamtgewicht von 35 kg
- Maximale Aufbauzeit durch eine Person von 60 min

Wunschanforderungen:

- Nachbildung der menschlichen Motorik von Schulter bis Handgelenk
- Nachbildung der Stoßparameter eines durchschnittlichen Snookerspielers

5 Methodik

5.1 Funktionsgliederung/-Struktur

Zum Zwecke der Reduktion des Komplexitätsgrades des Gesamtsystems wird sich für das Erstellen eines Funktionsbaumes entschieden. Hier werden die in Kapitel 4 formulierten Anforderungen in grober Form vorstrukturiert um sich einen Überblick über die Anzahl und Gestalt funktionaler Teilprobleme, sowie möglicher Lösungsansätze zu verschaffen. Hieraus können in einer frühen Konzeptionsphase bereits unpraktikable Lösungsansätze verworfen und in der textlichen Ausformulierung gegebenenfalls verborgen gebliebene Teilprobleme identifiziert werden. Im direkten Anschluss können Kernfunktionen und/oder Lösungsansätze im Rahmen morphologischer Kästen weiter diskutiert werden. Wie feingliedrig dies geschehen soll, liegt im Ermessen der Konstrukteure.

5.1.1 Funktionsbaum

Zunächst werden die allgemeinen Funktionen in Kategorien unterteilt, um eine Übersicht zu erschaffen. Diese sind in einem Funktionsbaum (siehe Abb. 5.1) zu sehen.

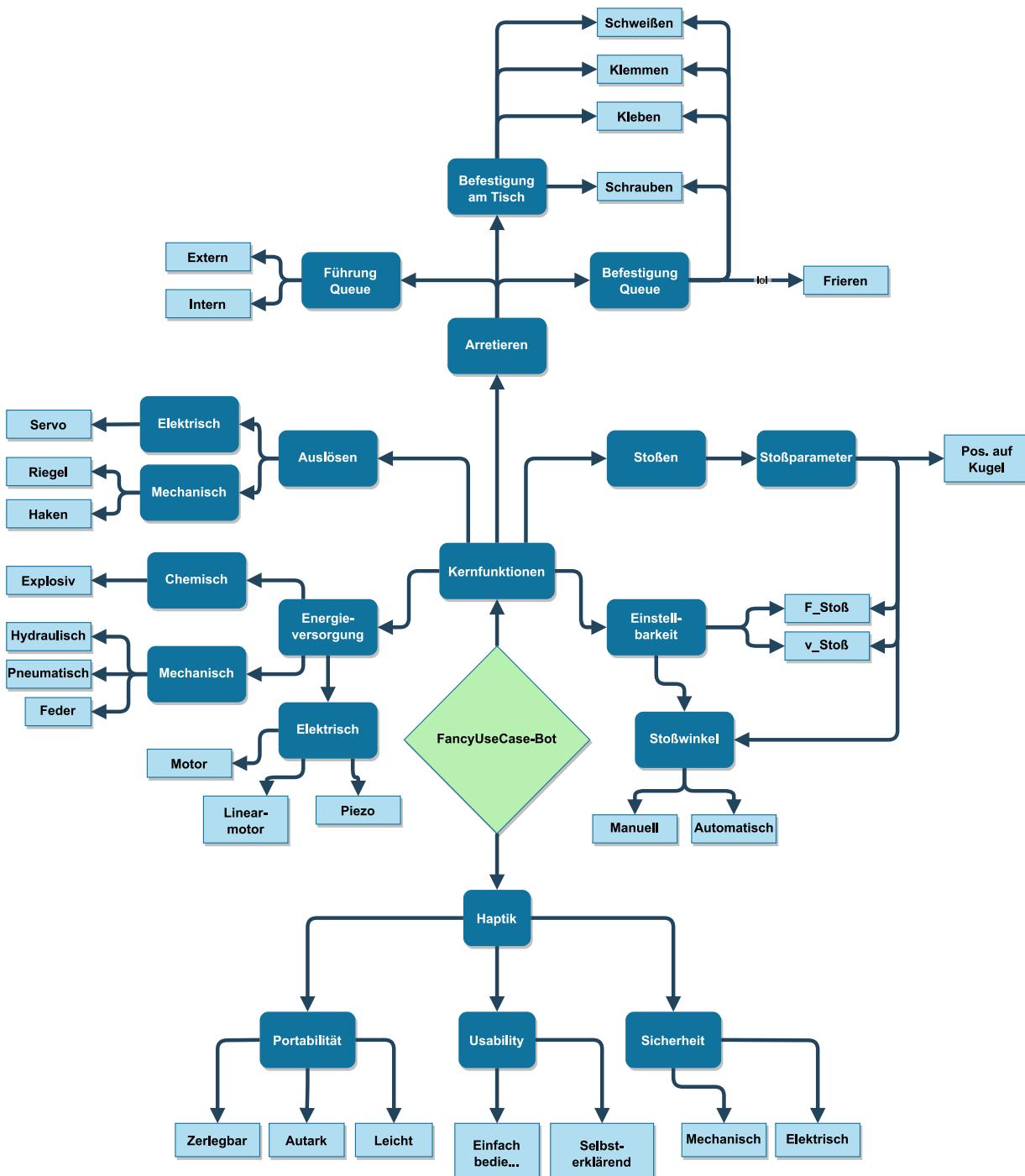


Abbildung 5.1: Funktionsbaum.

5.1.2 Morphologische Kästen

Zunächst wurden aus dem Funktionsbaum kritische Probleme abgeleitet und als Teilprobleme in morphologischen Kästen (s. Tabellen 5.1 bis 5.5) dargestellt. Da einige Bauteile viele Teilprobleme aufwiesen, wurden diese in eigenen morphologischen Kästen behandelt. Im Anschluss wurde zu den entsprechenden Problemen Lösungen gesucht und diese dargestellt. Die Lösungen beruhen auf dem Wissen und der Erfahrung des Konstruktionsteams. Die Lösungen wurden danach im Hinblick auf verschiedene Kriterien überprüft und die passendste Lösung gewählt. Entscheidende Kriterien dabei waren die Komplexität, die Herstellbarkeit sowie die Kosten.

Tabelle 5.1: Morphologischer Kasten der Teilprobleme.

Teilprobleme	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Schulter	siehe morphologischer Kasten Schulter		
Ellbogen	siehe morphologischer Kasten Ellbogen		
Handgelenk	siehe morphologischer Kasten Handgelenk		
Längen ändern Oberarm	Schraube + Langloch	Schwalben- schwanz- führung & Schraube	Rundklemme
Längen ändern Unterarm	Schraube + Langloch	Schwalben- schwanz- führung & Schraube	Rundklemme
Befestigung Queue	Rundklemme	Kleben	Schrauben
Energie- versorgung	Elektrisch	Druckluft	
Bewegungs- energie	Druckluft (Kompressor & Puffertank)	Drucklufttank	Elektrisch
Steuerungs- energie	Elektrisch	Druckluft	

Tabelle 5.2: Morphologischer Kasten der Schulter.

Schulter	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Schulter bewegen	Spherical Gear (löst auch Lager)	manuell	Zahnrad-Antrieb mit Endschaltern	Delta-Aktuator
Schulter an Dummy fixieren	Schraube M10x1 (Vorgegeben)			
Lager Schulter	Radial-Kugellager (2D)	Kugelkopfhalterung (Kamerastativ)	3x Kugelgelenk	Spherical Gear
Schulter-Stellung fixieren	Klemme auf Welle	Hohe Getriebeübersetzung	elektr. Zange mit Bremsbelägen	

Tabelle 5.3: Morphologischer Kasten des Ellbogens.

Ellbogen	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Ellbogen bewegen	Pneumatik-Zylinder	künstl. Muskel (Silikon & Netz)	Linearmotor
Ellbogen an Oberarm fixieren	Kugellager	Schraube mit Gleitstücken	Schanier

Tabelle 5.4: Morphologischer Kasten des Handgelenks.

Handgelenk	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Handgelenk bewegen	Spherical Gear (löst auch Fixierung)	Delta-Aktuator	manuell	frei beweglich
Handgelenk an Unterarm fixieren	Kugelkopfhalterung (Kamerastativ)	3x Kugelgelenk	Schanier	

Tabelle 5.5: Morphologischer Kasten des Feedback-Systems.

Feedback-System	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Sensor Schulter Endschalter	2x optischer Schalter	2x Microswitch	Über Drehwinkel- sensor
Sensor Schulter Drehwinkel	inkremental Drehgeber	absolut Drehgeber	Schleifkontakt
Sensor Ellbogen Endschalter	2x optischer Schalter	2x Microswitch	Über Drehwinkel- sensor
Ellbogel Drehwinkel	inkremental Drehgeber	absolut Drehgeber	Schleifkontakt
Beschleunigungsaufnehmer Queue			
Druck-überwachung			

5.1.3 Prinzipskizze

Da die Funktionen nun definiert sind, kann das Prinzip des Gerätes schematisch in einer Prinzipskizze aufgezeigt werden. Abbildung 5.2 zeigt die Hauptbauteile, Abb. 5.3 den Anschluss zwischen Ober- und Unterarm und Abb. 5.4 die Hand und ihre Verbindung zum Unterarm.

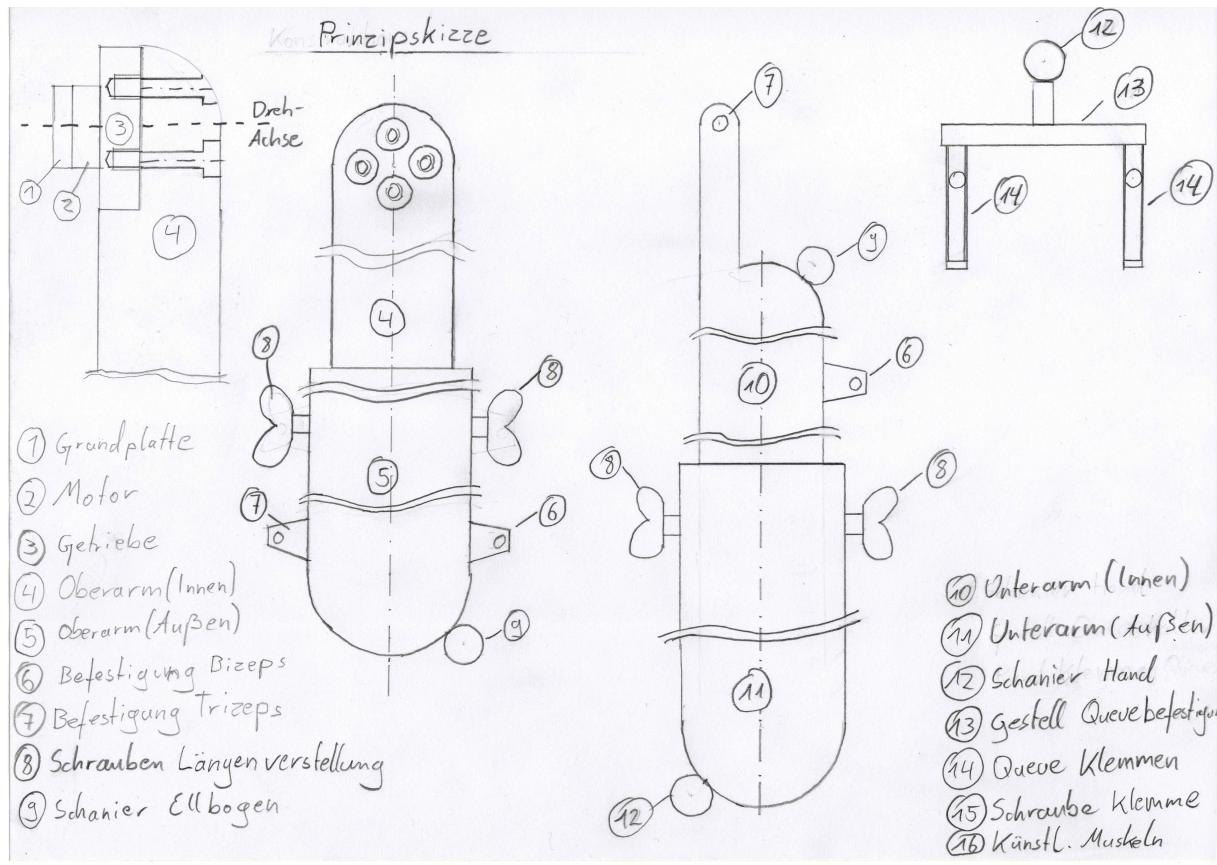


Abbildung 5.2: Prinzipskizze – Gesamtansicht.

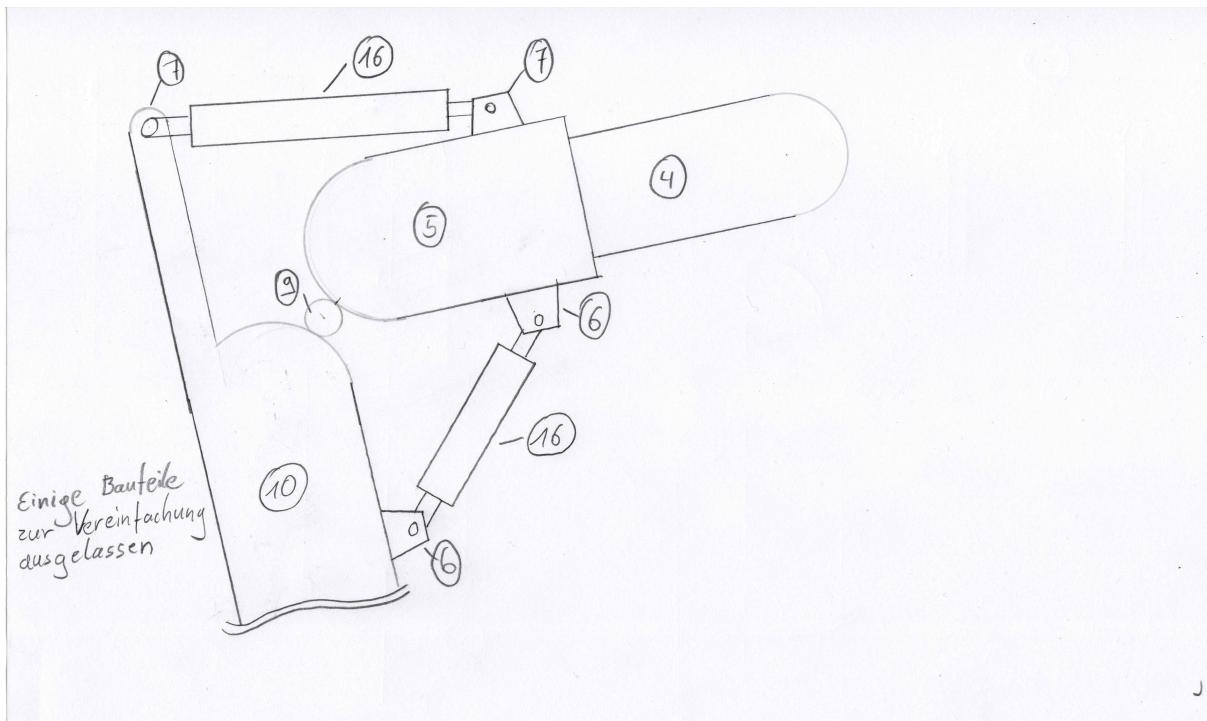


Abbildung 5.3: Prinzipskizze – Ellbogen.

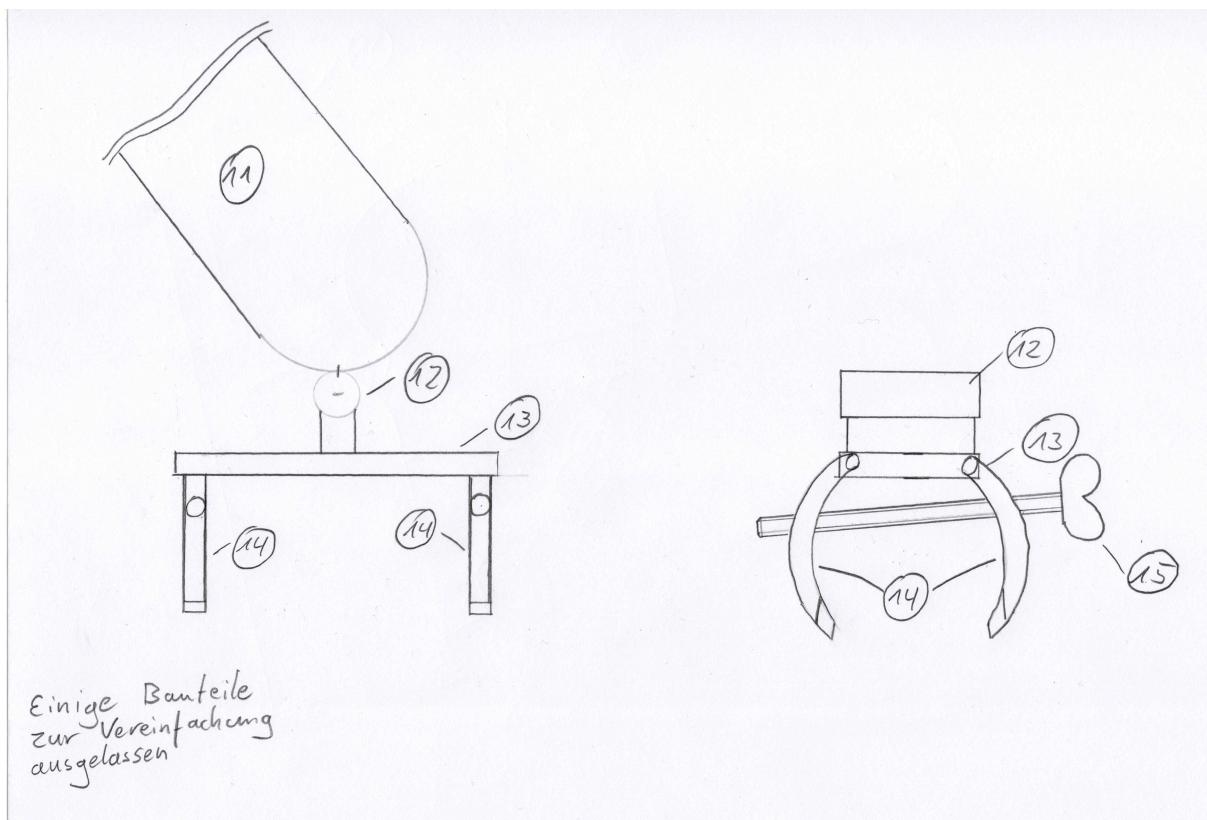


Abbildung 5.4: Prinzipskizze – Handgelenk und Hand.

5.2 Begründung der Lösungsauswahl

Nun soll erläutert und erklärt werden, wieso die jeweiligen Lösungen aus den morphologischen Kästen ausgewählt wurden.

Zunächst betrachten wir die übergeordneten Teilprobleme. Dazu zählt unter anderem die Einstellbarkeit der Armlängen. Diese sollen möglichst genau die Anatomie unterschiedlicher Menschen nachbilden. Um dies zu gewährleisten, müssen sie in der Länge verstellt werden können. Die passendste Lösung stellte dabei eine gewöhnliche Fahrradrohrklemme dar. Denn dazu muss nicht zusätzlicher Konstruktionsaufwand betrieben werden, sondern sie können zugekauft werden. Des Weiteren ist an dem Bauteil des Arms wenig Bearbeitungsaufwand. Diese bestehen aus Rohren und können einfach eingeschlitzt werden, um die Verklemmung der Fahrradklemmen auf das innen liegende Rohr zu übertragen. Die Auswahl für die Anpassungsmöglichkeit der Längen ist beim Oberarm und Unterarm identisch.

Der nächste wichtige Punkt stellt die Befestigung des Queue dar. Dabei muss die Bewegung des Arms auf den Queue übertragen werden. Allerdings darf er sich nicht drehen, da es zu einer ungewollten Bewegung der Kugel führen könnte. Um dies zu gewährleisten, wurde eine Rundklemme gewählt. Sie umschließt den Queue am Griff und ist auch käuflich zu erwerben. Des Weiteren ist sie, anders als die anderen Möglichkeiten, nicht destruktiv.

Die Energieversorgung des gesamten Aufbaus erfolgt mittels elektrischer Energie. Diese ist am einfachsten in andere Energien umzuwandeln und eigentlich überall verfügbar.

Die Bewegungsenergie bzw. die Energie, die für den Stoß verwendet wird, wird über Druckluft bereitgestellt. Dabei wird sie mit einem mobilen Kompressor erzeugt und in einem Pufferspeicher zwischengespeichert. Sobald der Stoß ausgeführt werden soll, kann die gespeicherte Druckluft kontrolliert abgelassen werden. Bei der Lösung mit nur einem Drucklufttank ist der Nachteil, dass nur so lange Stöße ausgeführt werden können, solange genug Druckluft vorhanden ist. Ist der Tank einmal leer, muss er über einen Druckluftkompressor, die in Billardhallen üblicherweise nicht vorhanden sind, aufgefüllt werden.

Die Steuerungsenergie wird ebenfalls als elektrische Energie bereitgestellt, da damit die Möglichkeit der Ansteuerung von Motoren, sowie das Feedback von Sensoren ermöglicht wird. Eine Steuerung über Pneumatik wäre ebenfalls möglich, allerdings bietet sie nicht die oben genannten Vorteile (vgl. Tabelle 5.1).

Wie weiter oben schon erwähnt, wurden einige Bereiche in eigenen morphologischen Kästen aufgearbeitet. Darunter die Schulter, der Ellbogen und das Handgelenk. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

Das erste Teilproblem der Schulter stellte die Befestigung dieser und damit der gesamten Baugruppe an dem bereitgestellten Dummy dar. Allerdings ist der einzige Kontaktspunkt des Dummies eine Schraube mit dem Gewinde M10 x 1. Diese Lösung ist also von den Gegebenheiten vorgegeben.

Um einen typischen Billardstoß nachzubilden zu können, muss sich außerdem die Schulter bewegen können, da der Arm eines Billardspielers meistens einen Winkel von 90° gegenüber der Senkrechten bildet. Da dieser Winkel jedoch von Spieler zu Spieler unterschiedlich ist, musste die Schulter beweglich ausgeführt werden. Um die Bewegung der Schulter umzusetzen, wurde ein spherical gear gewählt, da dies neben der eigentlichen Bewegung auch die Lagerung der Schulter als auch die Fixierung, während eines Stoßes sicherstellt, indem die Getriebeübersetzung entsprechend hoch gewählt wird. Da mit dieser Lösung mehrere Probleme auf einmal gelöst werden können und sie einen relativ kleinen Bauraum einnimmt, wurde diese Variante ausgewählt. Dabei wird allerdings die Bewegung der Schulter auf eine 2D-Ebene beschränkt, was aber für die Nachbildung eines Arms beim Billardspielen keinen Nachteil mit sich bringt (vgl. Tabelle 5.2).

Außerdem muss eine Bewegung am Ellbogen erzeugt werden, da damit die meisten Billardspieler ihren Stoß ausführen. Dabei gab es zwei Probleme zu lösen: Zum einen die Bewegung und zum anderen die Befestigung des Unterarms am Oberarm. Zur Bewegung des Unterarms wurden künstliche Muskeln gewählt. Sie sind flexibel und bilden die menschliche Anatomie sehr genau nach. Um die Bewegung des

Arms zu ermöglichen, wurde ein gewöhnliches Scharnier gewählt, da auch dies den Konstruktionsaufwand gering hält und hinzugekauft werden kann (vgl. Tabelle 5.3).

Als letztes Problem wird das Handgelenk betrachtet. Dieses muss sich einerseits bewegen und andererseits am Unterarm befestigt werden. Da vom Handgelenk aber bei einer Lagerung des Queue keine eigene Bewegung erforderlich ist wurde die Hand so aufgelegt, dass sie nicht maschinell bewegt werden kann. Als Fixierung und Lagerung wurde am Handgelenk ein 3D-Kugelkopf gewählt, da damit eine genauere Positionierung des Queue möglich ist. So kann er auch in einem Winkel zum Arm ausgerichtet werden und bietet mehr Flexibilität bei der Nachstellung von Stößen (vgl. Tabelle 5.4).

6 Ergebnisse

6.1 Konzeption und Entwurf

Nun werden die zur Konstruktion konzipierten Bauteile allesamt mit CAD-Modellen und Zeichnungen präsentiert und kommentiert.

6.1.1 Gesamtbauteil

6.1.2 Schultergelenk

6.1.3 Ober-/Unterarm

Die Konstruktion der Ober- und Unterarme wurde zu nächst an den Prinzipskizzen orientiert erstellt. Dazu wurden entsprechende Bauteile in CAD gezeichnet und als Baugruppe zusammen gefügt. Allerdings zeigte sich nach ersten Berechnungen zu den künstlichen Muskeln, dass diese Konstruktion deutlich zu schwer war um sie mit der Kraft der künstlichen Muskeln zu bewegen. Nach weiteren Recherchen wurde außerdem klar, dass die Bauteile einen extrem hohen Preis in der Fertigung auswiesen. Aus diesen Gründen musste nach kurzer Zeit die Konstruktion komplett überarbeitet werden. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass sich das Gewicht möglichst gering hält als auch die Kosten durch die Verwendung von Kaufteilen reduzieren. Dies führte dazu, dass die Konstruktion nahezu komplett aus Aluminiumrohren und 3D-geruckten Teilen konstruiert wurde. Dabei liegt auch der Vorteil, dass nicht alle Bauteile eigenständig konstruiert werden müssen. So lassen sich zum Beispiel die Klemmen, die die Rohrteile miteinander verbinden als gewöhnliche Fahrradklemmen ausführen. Auch die Anschlüsse der künstlichen Muskeln können als 3D-gedruckte Teile ausgearbeitet werden und mit einer einfachen Rohrschelle an die Arme befestigt werden. Das Ellbogengelenk ist auch mit gekauften und gedruckten Teilen erstellt. Dabei wurden alle Teile, die zugekauft werden können auch zugekauft. Spezielle Teile wie die Einsätze der Rohre wurden eigenständig konstruiert.

6.1.4 Hand

Das Handgelenk sowie die Hand bestehen im Wesentlichen aus gekauften Teilen. Dabei wurde das Handgelenk so ausgelenkt, dass es sowohl mit einer Klemme mit einer Kugelform als Anschluss ausgestattet werden kann als auch mit einer Schraube der Größe M5 befestigt werden kann. Dabei ist lediglich zu beachten, dass die Kugelform mit einem Durchmesser von 28 mm ausgeführt ist. Die Klemme bzw. Hand sollte des Weiteren Breit genug ausgearbeitet sein um dem Queue auch eine entsprechende seitliche und vertikale Stabilisation ermöglicht.

6.1.5 Künstliche Muskeln

7 Diskussion

8 Zusammenfassung

Abbildungsverzeichnis

5.1	Funktionsbaum	6
5.2	Prinzipskizze – Gesamtansicht	13
5.3	Prinzipskizze – Ellbogen	14
5.4	Prinzipskizze – Handgelenk und Hand	14

Tabellenverzeichnis

5.1	Morphologischer Kasten der Teilprobleme	8
5.2	Morphologischer Kasten der Schulter	9
5.3	Morphologischer Kasten des Ellbogens	10
5.4	Morphologischer Kasten des Handgelenks	11
5.5	Morphologischer Kasten des Feedback-Systems	12

A Externe Referenzen

B Zeichnungen

B.1 Bauteilzeichnungen

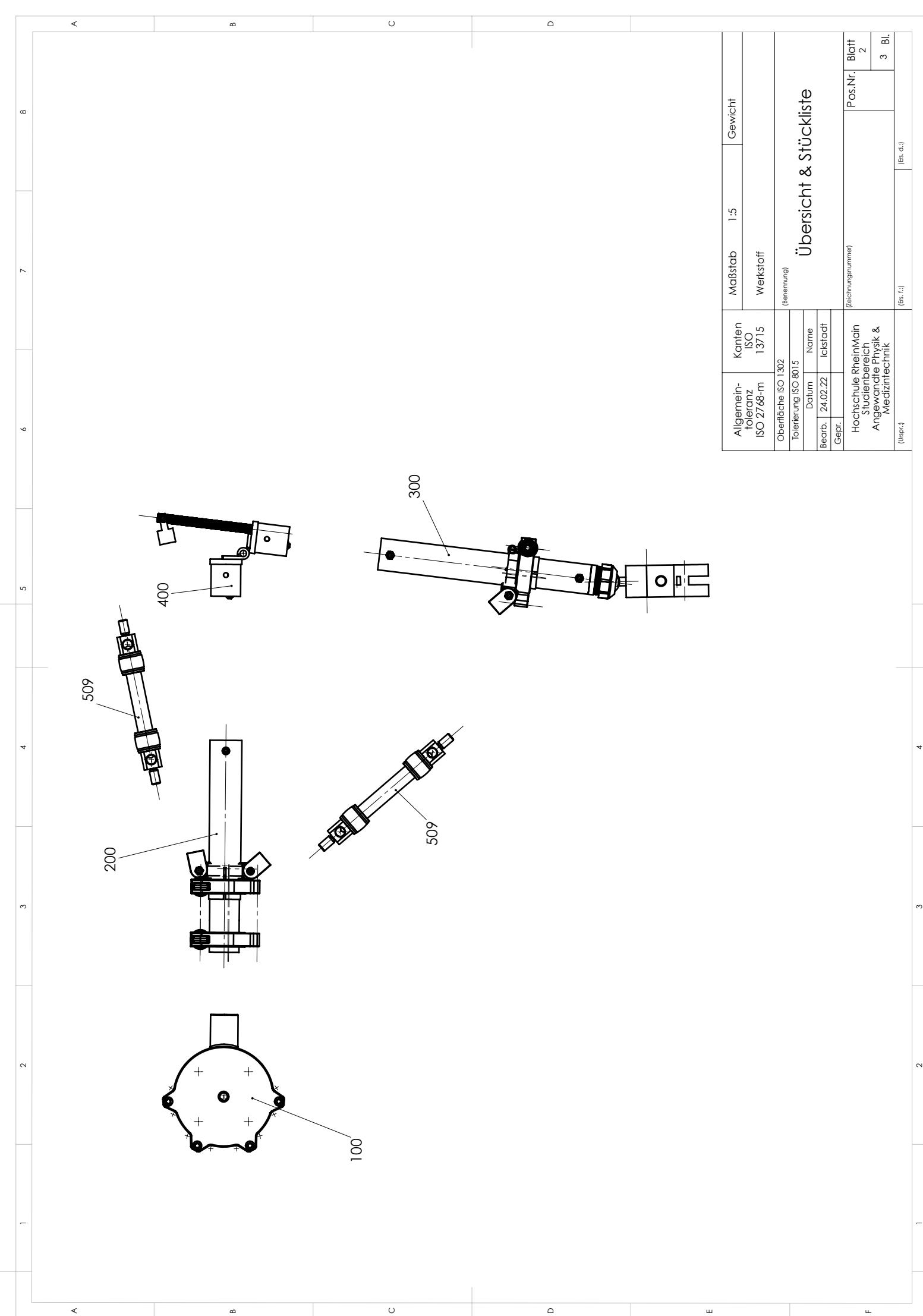
A B C D

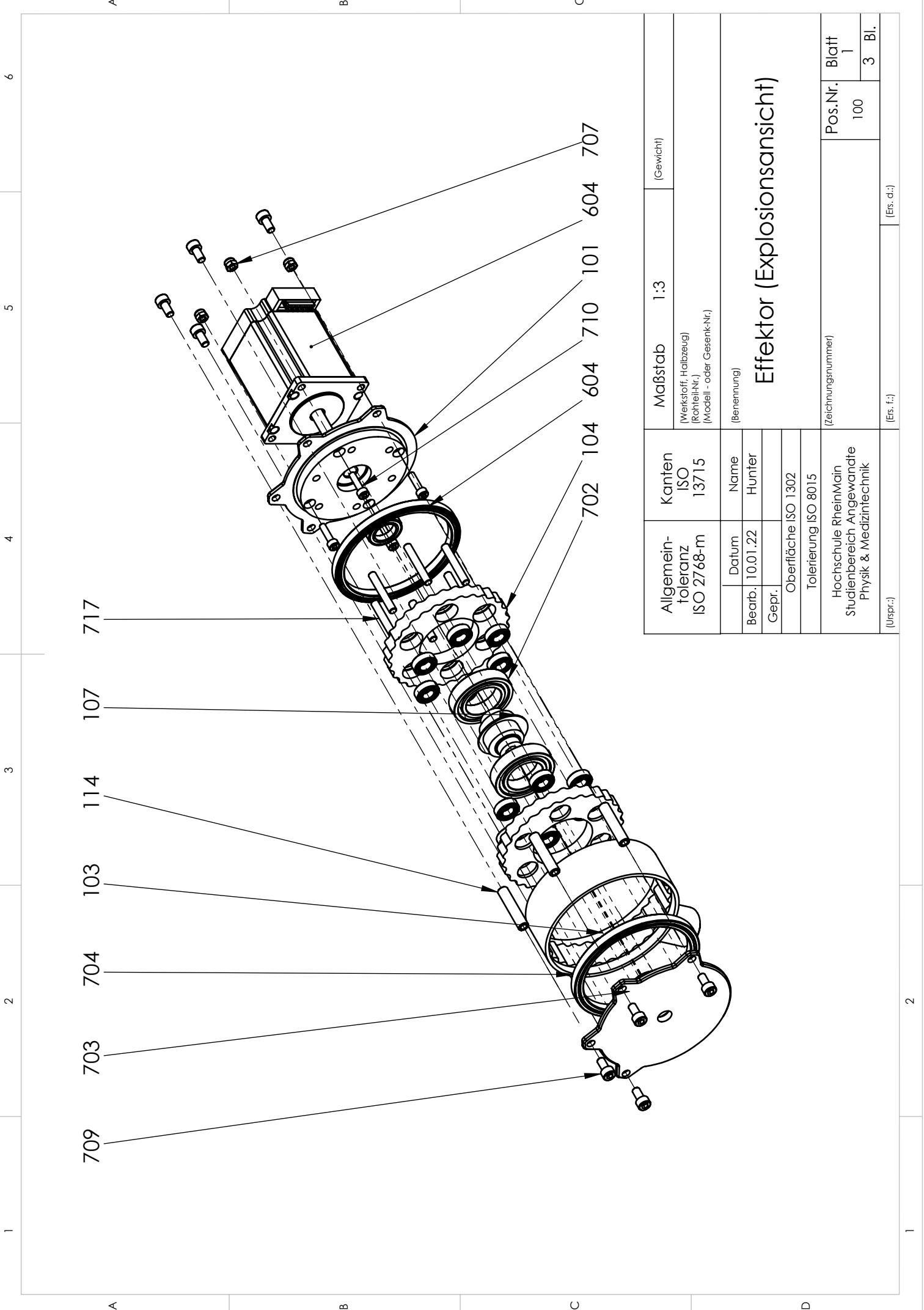
8 7 6 5

4 3 2 1

Übersicht & Stückliste

Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:5	Gewicht
Oberfläche ISO 1302	Werkstoff	(Benennung)	
Tolelierung ISO 8015	Name		
Datum 24.02.22	Ickstadt		
Gepr.	Hochschule RheinMain Studiengebiet Angewandte Physik & Medizintechnik	Zeichnungsnr.	Blatt 1
(Umriss.)		Pos.Nr. 3	3 Bl.
		(Ers. d.)	





1			2		3		4	
---	--	--	---	--	---	--	---	--

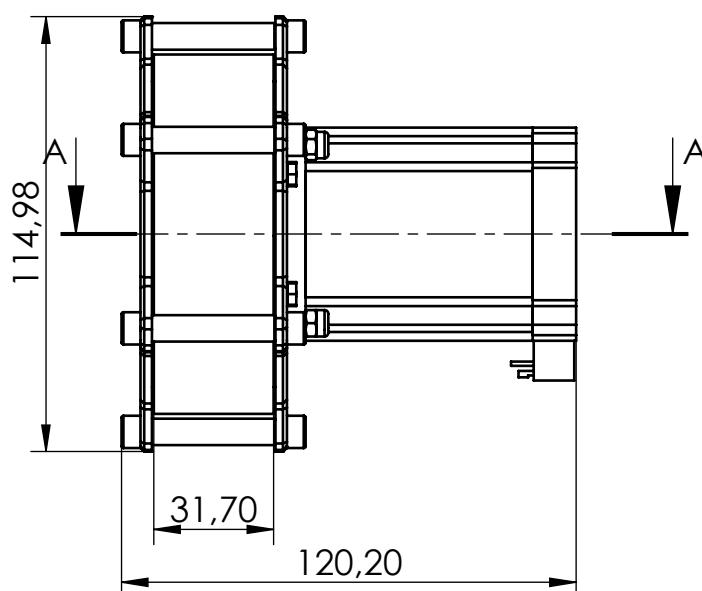
A	Pos.	Menge	Einheit	BENENNUNG		Sachnr. / Norm- Kurzbezeichnung	Werkstoff	Bemerkung
101	1			Motorplatte			7075-T6 (SN)	
102	1			Fixierplatte			7075-T6 (SN)	
103	1			Rotor			PA Typ 6	FDM
104	2			Scheibe			PA Typ 6	FDM
701	12			628-2RS1		628-2RS1		
702	2			61905		61905		
B	107	1		Exzenter			7075-T6 (SN)	
	717	6		Outputpin			AISI Type A2 Werkzeugstahl	
	703	2		61802-2rsr		61802-2RSR		
	704	2		csea030		CSEA030		
	604	1		SCB5618L-B		SCB5618L		
	710	4		DIN 912 M4 x 16				
C	707	4		DIN EN ISO 7040 - M4 - N				
	114	4		Zylinderstift mit Innengewinde			1.4541 (X6CrNiTi18-10)	
	709	8		DIN 912 M5 x 10				

D

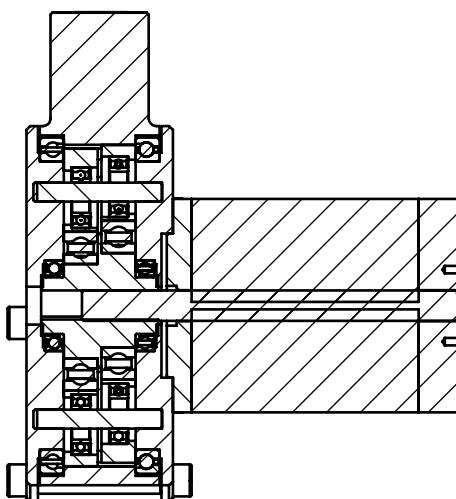
E

Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m		Kanten ISO 13715	Maßstab	1:10	(Gewicht)			
Tolerierung ISO 8015							(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)					
					Datum	Name	(Benennung)	Effektor (Stückliste)				
				Bearb.	10.01.22	Hunter						
				Gepr.								
				Norm								
(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik				(Zeichnungsnummer)				Pos. Nr.	Blatt			
								100	2			
									3	Bl. 1		
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.:)	(Ers. f.:)		(Ers. d.:)					

A



B



C

D

E

Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 1:10

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

F

		Datum	Name
	Bearb.	10.01.22	Hunter
	Gepr.		
	Norm		

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Benennung)

Effektor

Pos. Nr.	Blatt
100	3
	Bl. 3

1

4

3

2

A

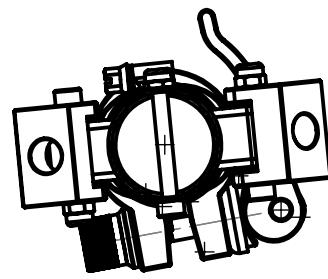
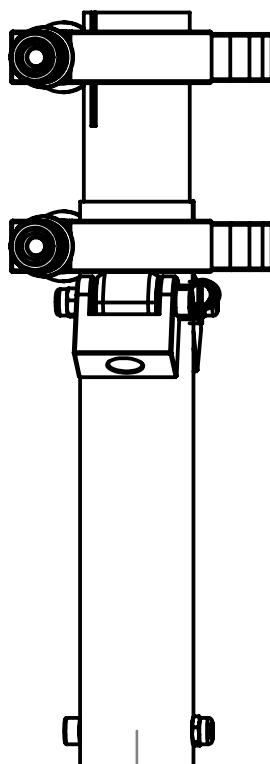
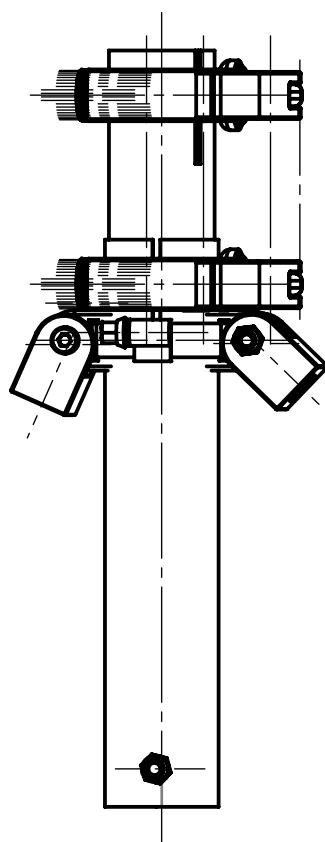
B

C

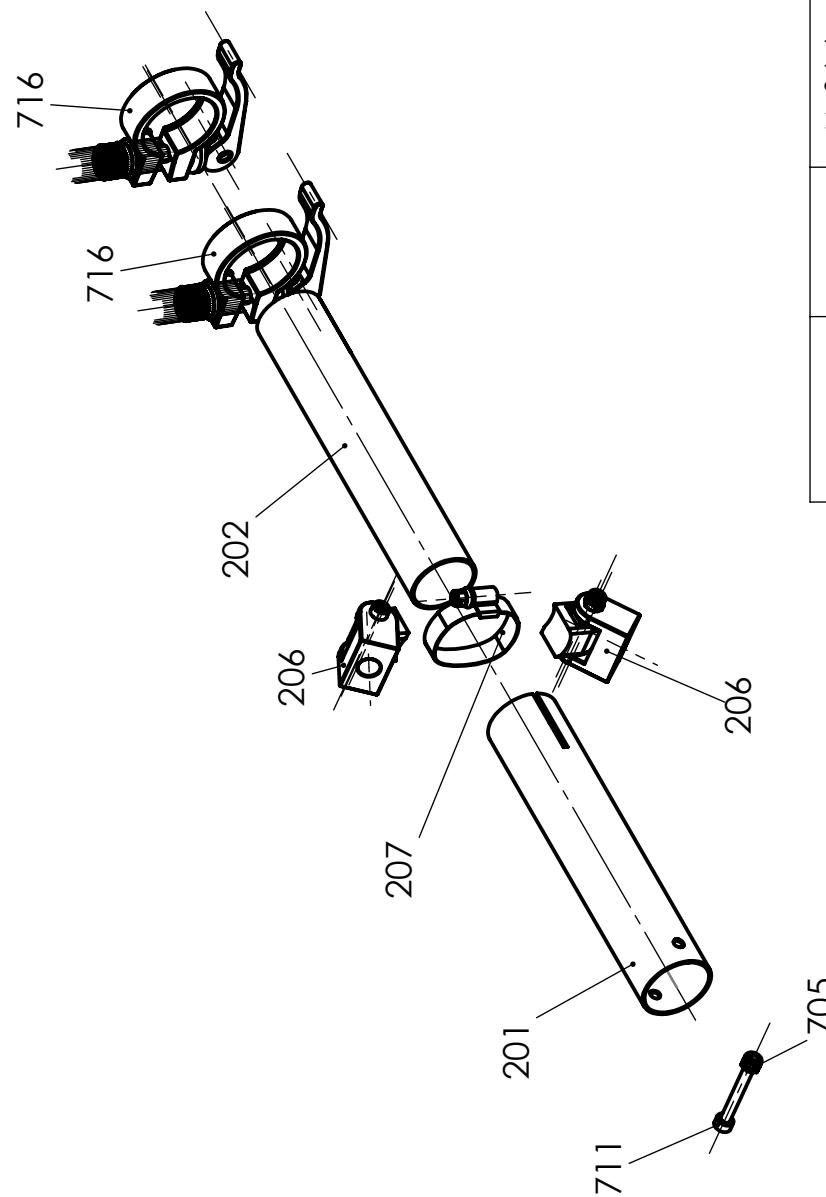
B

C

D



Allgemeintoleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:2 <small>(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)</small>	(Gewicht)
Bearb.	Datum 24.02.22	Name Ickstadt	Benennung
Gepr.			
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengbereich Angewandte Physik & Medizintechnik <small>(Urspr.:)</small>	[Zeichnungsnr.]	Pos.Nr. 200	Blatt 1 3 Bl.
	[Ers. f. :]	[Ers. d. :]	



Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:3	(Gewicht)
<small>(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)</small>			
Bearb.	Datum	Name	(Benennung)
Gepr.	24.02.22	Ickstadt	
		Oberfläche ISO 1302	
		Tolerierung ISO 8015	
		Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik	
		(Zeichnungsnr.)	Pos.Nr.
			Blatt
			200 2
			3 Bl.
		(Ers. f. :)	(Ers. d. :)

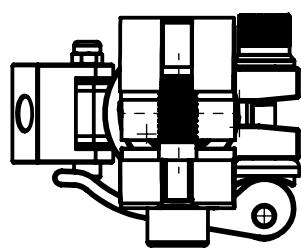
1			2		3		4	
Pos.	Menge	Einheit	Benennung		Sachnr. / Norm-Kurzbezeichnung		Werkstoff	Bemerkung
A	201	1	Aussenrohr					
	202	1	Oberarmminnenrohr					
	716	2	User Library- 31.8mm Bicycle Clamp Assy		31.8 millimeter clamp for pole or bicycle.			
	711	1	DIN 912 M4 x 35 --- 20N					
	705	1	DIN EN ISO 10511 - M4 - N					
	206	2	Sehne					
B	207	1	Schelle					
C								
D								
E								

Materialien sind den Einzelteilzeichnungen zu entnehmen.

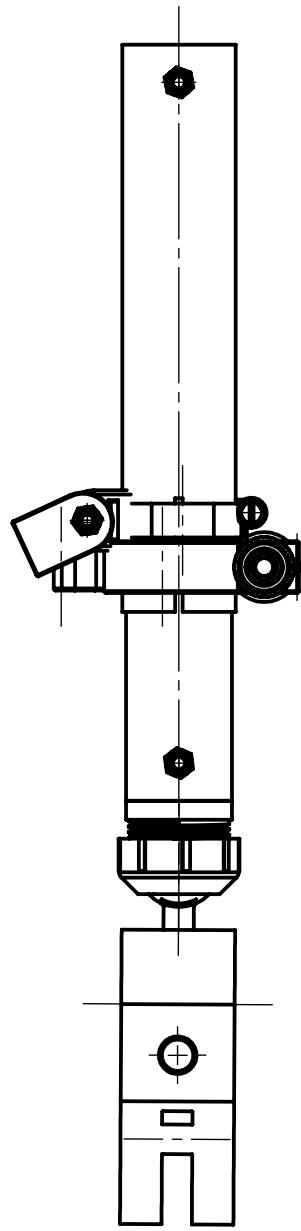
Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m		Kanten ISO 13715	Maßstab	1:3	(Gewicht)
Tolerierung ISO 8015							(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)		
				Datum	Oberarm	(Benennung)			
				Bearb.					
				24.02.22					
				Gepr.					
				Norm					
F									
				(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		(Zeichnungsnummer)			Pos. Nr. 200
									Blatt 3 3 Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name						
Zust. Änderung Datum Name (Urspr.:)				(Ers. f.:)		(Ers. d.:)			

1 2 3 4 5 6

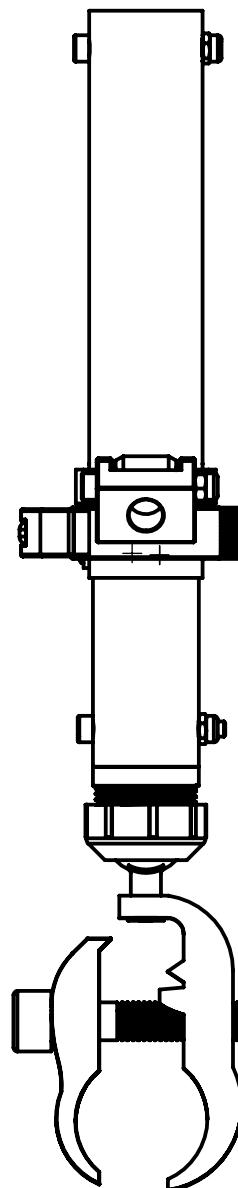
A



B



C



Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:2 (Gewicht) (Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)
Bearb.	Datum	Name (Benennung)
Gepr.	24.02.22	Ickstadt
		Oberfläche ISO 1302
		Tolerierung ISO 8015
		Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik
		(Urspr.:)
		Zeichnungsnr. Pos.Nr. Blatt 300 1 3 Bl.
		(Ers. f. :) (Ers. d. :)

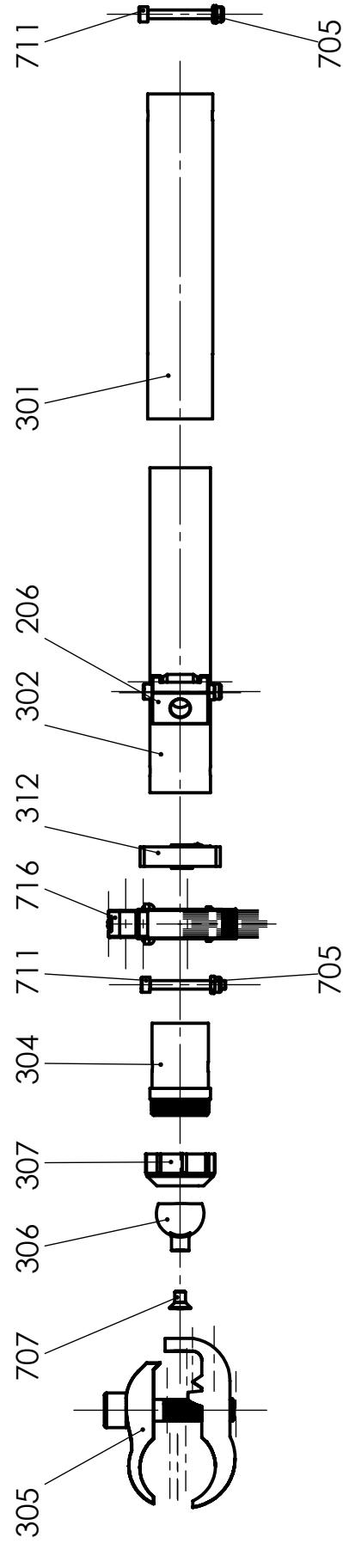
1 2

1		2		3		4		5		6
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---

A

B

C



Allgemeintoleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:3	(Gewicht)
(Werksstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)			
Bearb.	Datum	Name	(Benennung)
Gepr.		Ickstadt	
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik (Urspr.:)	[Zeichnungsnr.]	Pos.Nr. 300	Blatt 2 3 Bl.
	(Ers. f. :)		

C

D

	1		2		3		4
	Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnr. / Norm-Kurzbezeichnung	Werkstoff	Bemerkung
A	301	1		Aussenrohr			
	302	1		Unterarmminnenrohr			
	716	1		User Library- 31.8mm Bicycle Clamp Assy	31.8 millimeter clamp for pole or bicycle.		
	304	1		Queue-Halter			
	305	1		Pipe clamp			
	306	1		Gelenk_Queue			
	307	1		Überwurfmutter			
B	705	2		DIN EN ISO 10511 - M4 - N			
	711	2		DIN 912 M4 x 35 --- 20N			
	707	1		DIN 7991 - M5 x 8 --- 4.8N			
	206	1		Sehne			
	312	1		Schelle			

C

D

E

Materialien sind den Einzelteilzeichnungen zu entnehmen.

Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab	1:3	(Gewicht)
Tolerierung ISO 8015						(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)		
						(Benennung)		
				Bearb.	Datum	Name		
					24.02.22	Ickstadt		
				Gepr.				
				Norm				
F							Unterarm	
				(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		(Zeichnungsnummer)		Pos. Nr. 300
								Blatt 3
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.:)		(Ers. f.:)		(Ers. d.:)

A

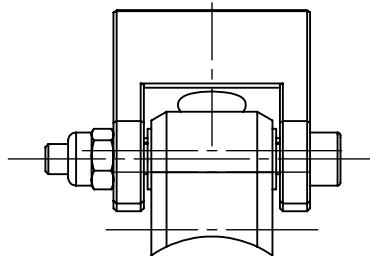
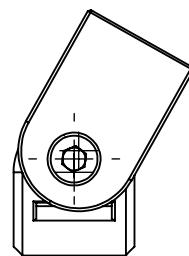
B

C

D

E

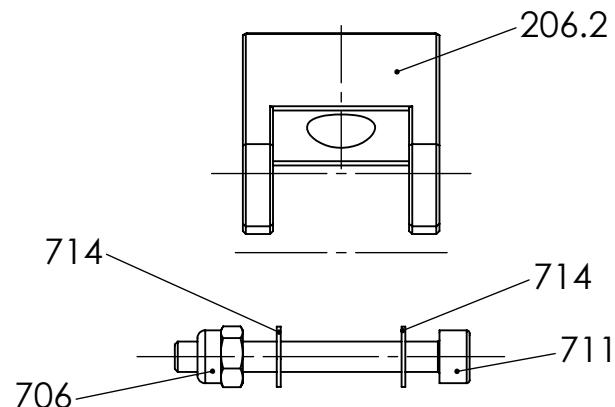
F



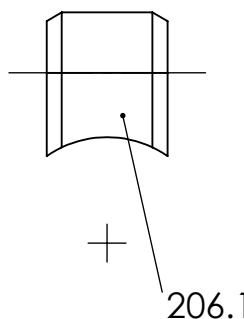
+

Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab	1:1	(Gewicht)	
Tolerierung ISO 8015									
				Bearb. 24.02.22 Gepr. Norm	Name Ickstadt	(Benennung)			
						Sehne			
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		(Zeichnungsnummer)		Pos. Nr.	
								206	
								Blatt 1 3 Bl.	
ZUSTAND ÄNDERUNG DATUM NAME (URSPR.)				(ERS. F.)		(ERS. D.)			

A



B



C

D

E

F

Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 1:1

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

Bearb. Datum Name

Gepr. 24.02.22 Ickstadt

Norm

(Benennung)

Sehne

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Zeichnungsnummer)

Pos. Nr.
206Blatt
2
3 Bl.

1			2	3	4	
Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnr. / Norm-Kurzbezeichnung	Werkstoff	Bemerkung
A	206.1	1	Anschluss Muskel - statisch			
	206.2	1	Muskelanschluss - drehbar			
	711	1	DIN 912 M4 x 35 --- 20N			
	706	1	DIN EN ISO 7040 - M4 - N			
	714	2	Washer DIN 433 - 4.3 - 300HV			

B

C

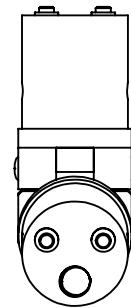
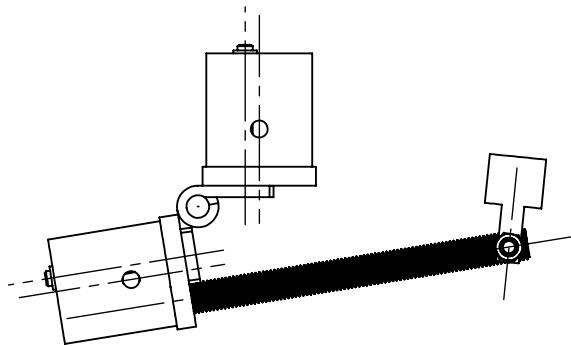
D

E

Materialien sind den Einzelteilzeichnungen zu entnehmen.

Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:1	(Gewicht)
Tolerierung ISO 8015						(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)	
				(Benennung)	Datum	Name	
					Bearb.	24.02.22	Ickstadt
					Gepr.		
					Norm		
F							Sehne
				(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik	(Zeichnungsnummer)		
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers. f.)	(Ers. d.)	
SOLIDWORKS Lehrprodukt - Nur für Lehrzwecke.					Pos. Nr. 206	Blatt 3	3 Bl.

A



B

C

D

E

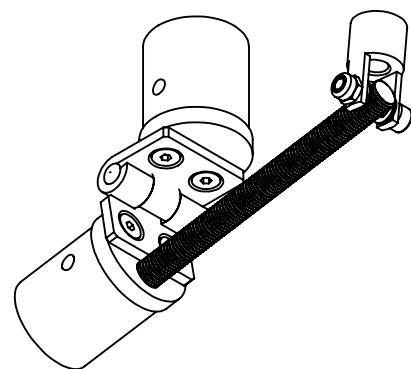
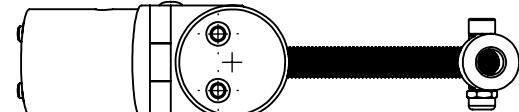
Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 1:2

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

F

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Zeichnungsnummer)

Pos. Nr.
400
Blatt
1
3 Bl.

Ellbogengelenk

A

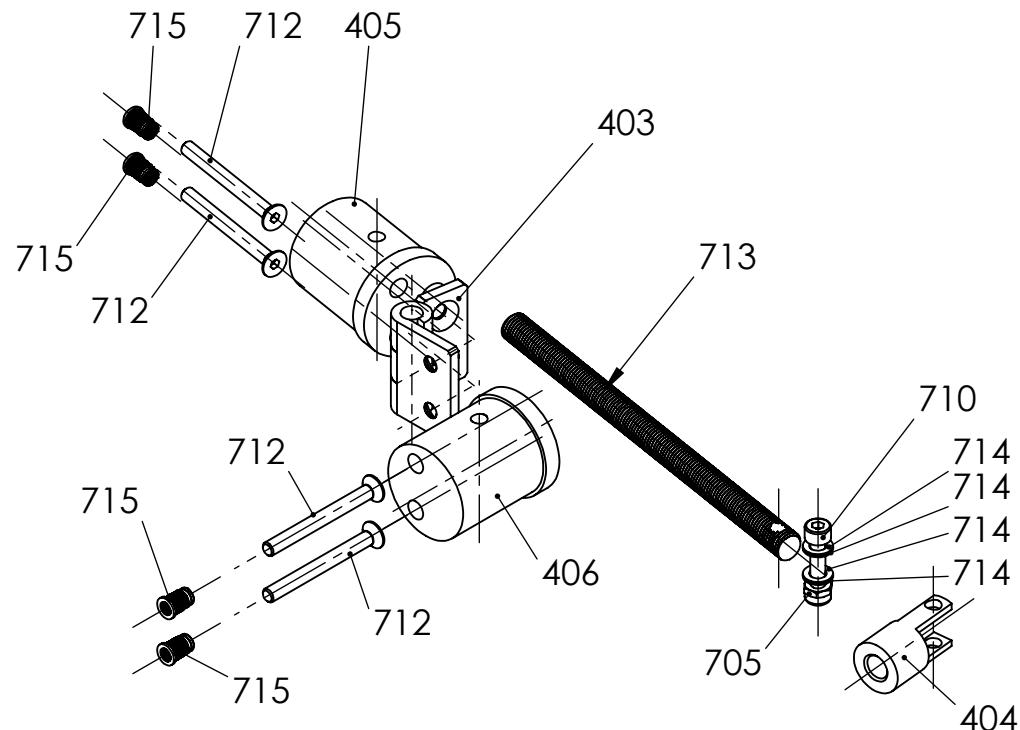
B

C

D

E

F



Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 1:2

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)Bearb. Datum Name
24.02.22 IckstadtGepr.
Norm

(Benennung)

Ellbogengelenk(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Zeichnungsnummer)

Pos. Nr. Blatt
400 2
3 Bl.

1			2	3	4	
Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnr. / Norm-Kurzbezeichnung	Werkstoff	Bemerkung
A	715	4	F1-H-B-M4			
	713	1	Gewindestange			
	403	1	Scharnier			
	404	1	Anschluss Muskel			
	405	1	Rohrteil für Ellbogengelenk			
	406	1	Rohrteil für Ellbogengelenk			
	705	1	DIN EN ISO 10511 - M4 - C			
	714	4	Washer DIN 433 - 4.3 - 300HV			
	710	1	DIN 912 M4 x 20			
B	712	4	DIN 7991 - M4 x 40			
	C					
	D					
	E					
	Materialien sind den Einzelteilzeichnungen zu entnehmen.					
	Oberfläche ISO 1302			Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:2 (Gewicht)
	Tolerierung ISO 8015					(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)
						(Benennung)
						Ellbogengelenk
F						
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.:)	(Ers. f.:)	(Ers. d.:)

B.2 Einzelteilzeichnungen Schultergelenk

A

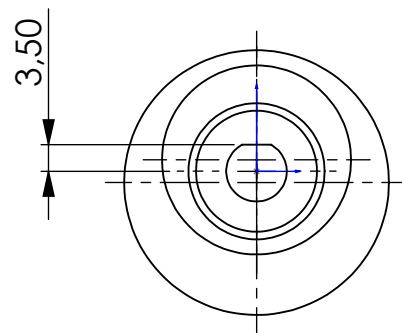
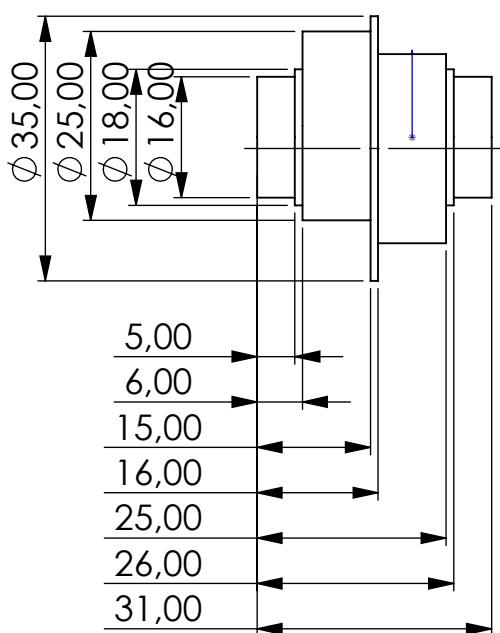
B

C

D

E

F



Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 1:1

(Gewicht) 30,35 g

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

7075-T6 (SN)

Bearb.

Datum

Name

10.01.22

Hunter

Gepr.

Norm

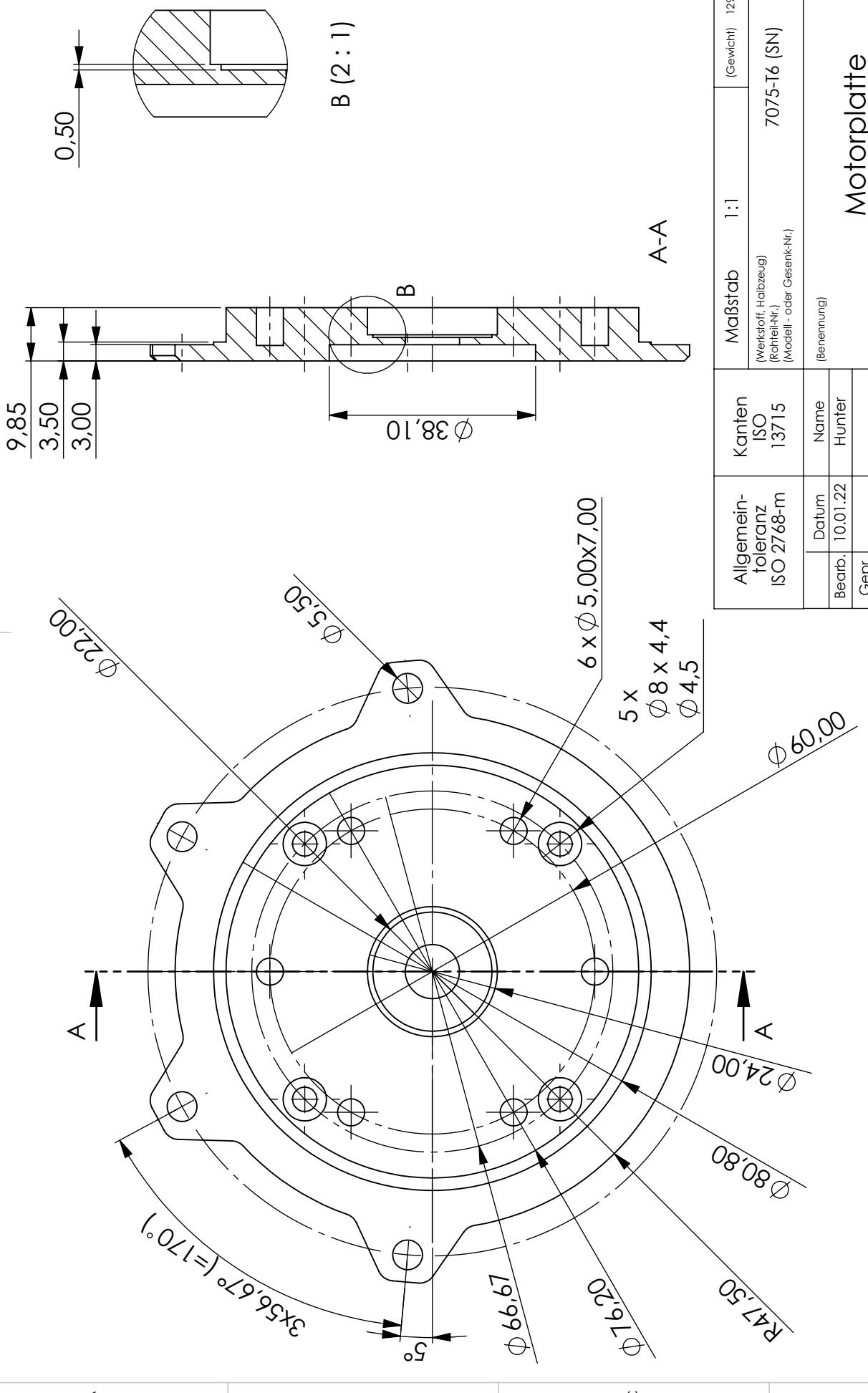
(Benennung)

Exzenter

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

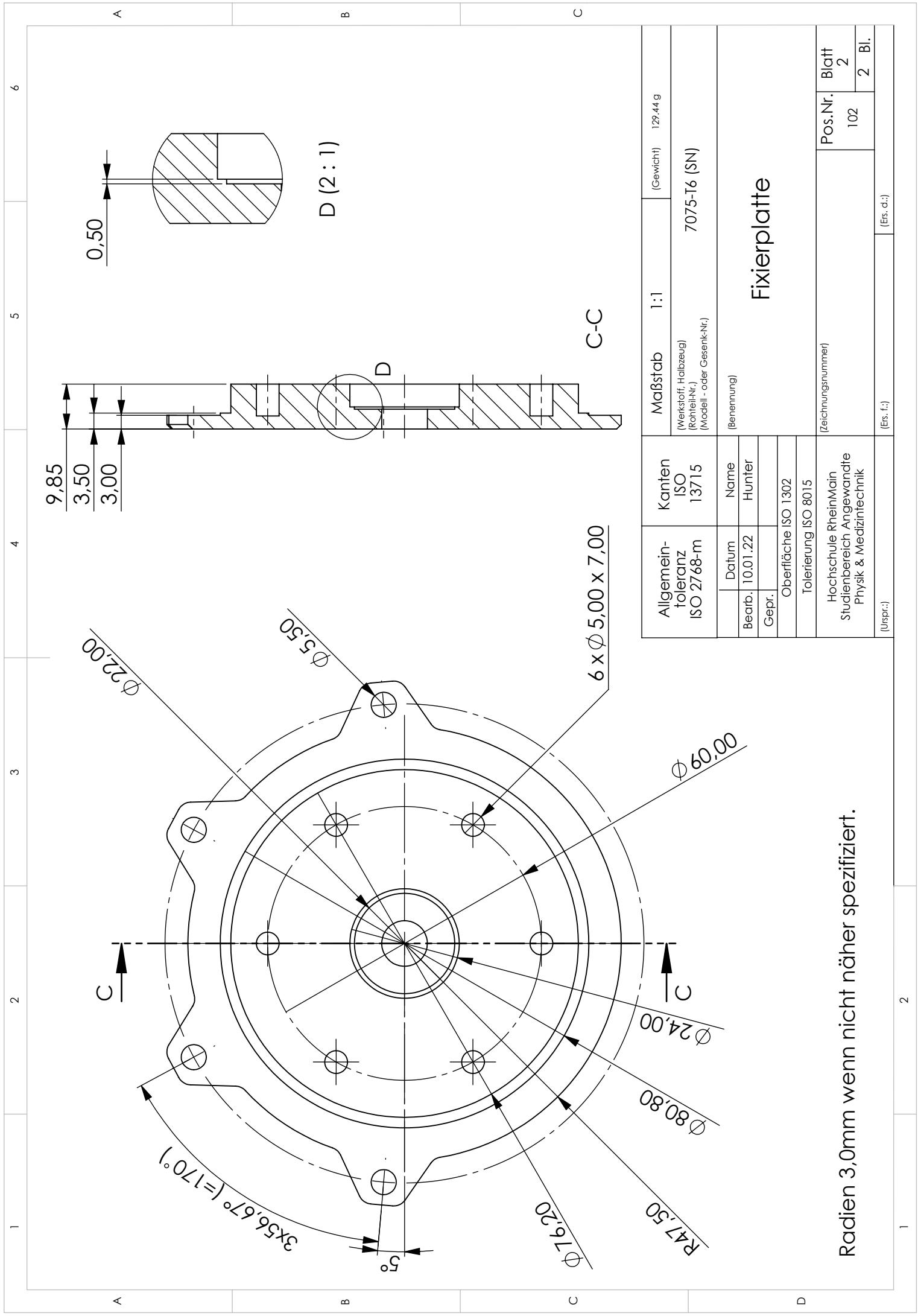
(Zeichnungsnummer)

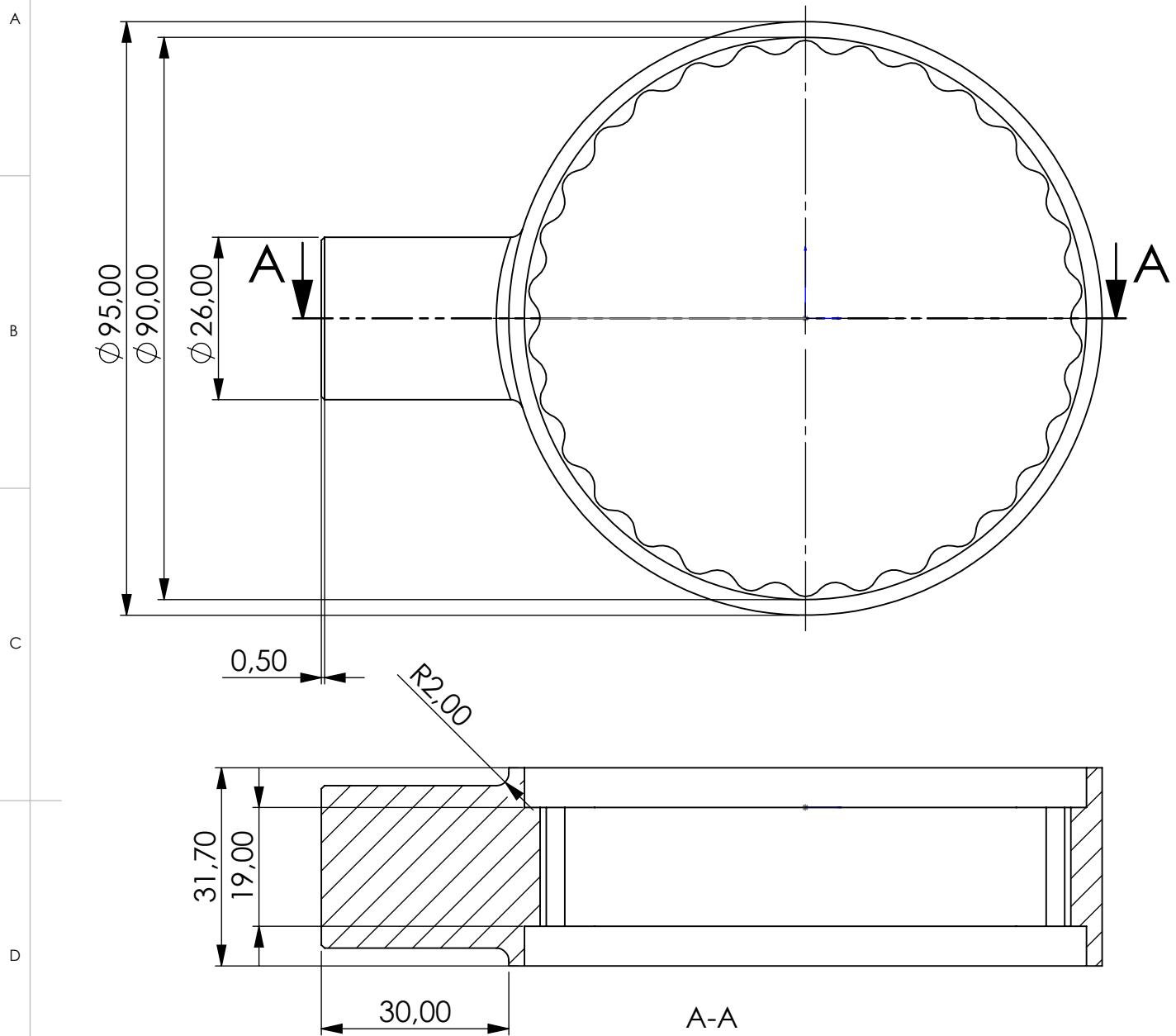
Pos. Nr.
107Blatt
1
Bl. 1



Radius 3,0mm wenn nicht näher spezifiziert.

Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab (Werkstoff, Halbzeug) (Kontroll-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)	1:1 7075-T6 (SN)	(Gewicht) 129.44 g
Bearb.	Datum 10.01.22	Name (Benennung)	Hunter	
Gepr.	Oberfläche ISO 1302			
	Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik	(Zeichnungsnr.)	Pos.Nr. 101	Blatt 1	Bl. 2
(Urspr.:)	(Ers. f. :)			(Ers. d. :)





$r = 1.5$
 $Z = 30$
 $d = 1$
 $h = 3$
 Exzentr. = 3
 Roller Dia = 4
 Pitch Circ. Dia = 87

Im FDM-Verfahren hergestellt.

Oberfläche ISO 1302				Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:2	(Gewicht)
Tolerierung ISO 8015							PA Typ 6
						(Benennung)	
						Rotor	
				Bearb.	Datum 10.01.22	Name Hunter	
				Gepr.			
				Norm			
				(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		(Zeichnungsnummer)	
Zust.	Änderung	Datum	Name	(Urspr.)		Pos. Nr. 103	Blatt 1
							1 Bl.
SOLIDWORKS Lehrprodukt - Nur für Lehrzwecke.				(Ers. f.:)		(Ers. d.:)	

A

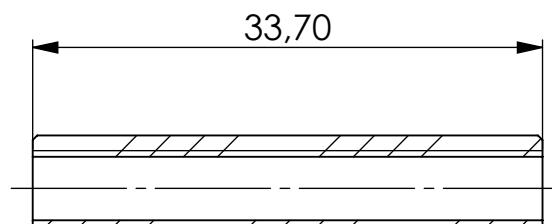
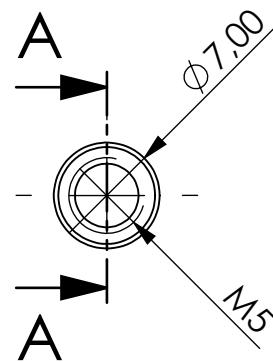
B

C

D

E

F



A-A

Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 2:1

(Gewicht) 6,54 g

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

1.4541 (X6CrNiTi18-10)

Bearb. Datum

Gepr.

Norm

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Benennung)

Zylinderstift mit Innengewinde

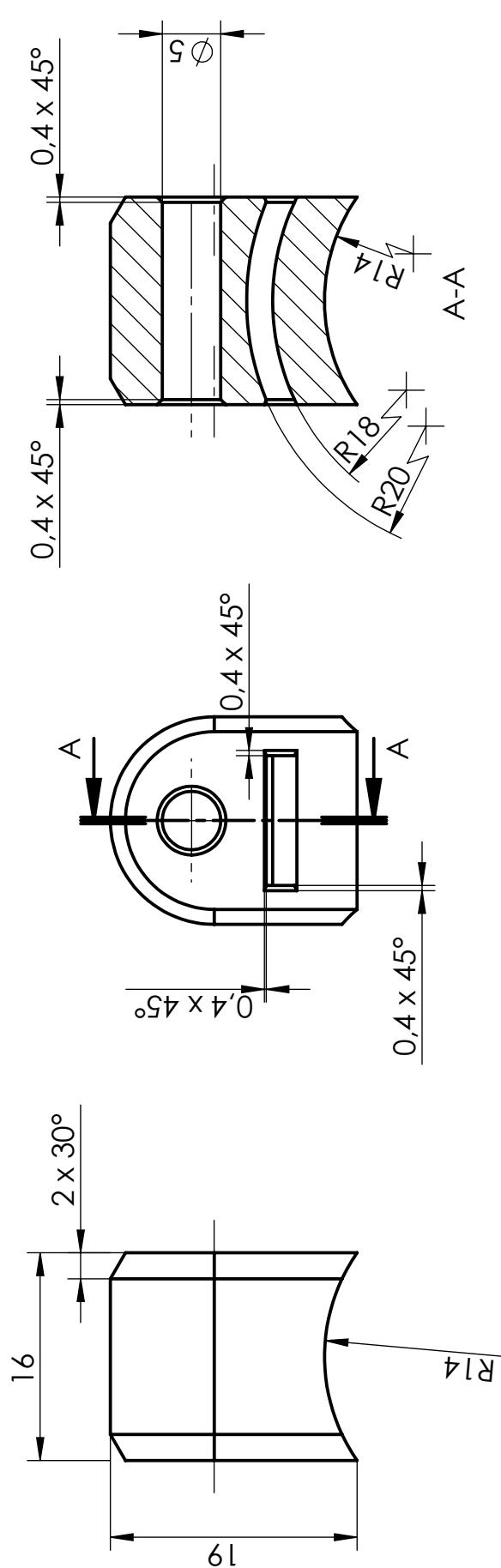
Pos. Nr. Blatt
114 1 Bl.

B.3 Einzelteilzeichnungen Arme

A

B

C



Bauteil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

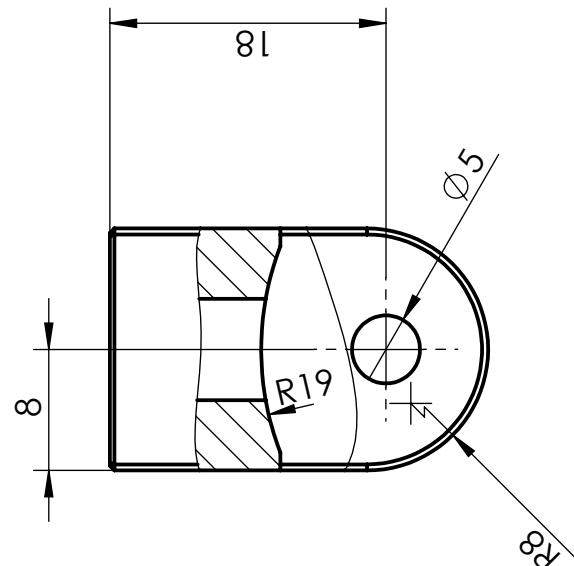
Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 2:1 (gewicht)	(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)
Bearb. 24.02.22	Name		(Benennung)
Gepr.			Anschluss Muskel - statisch
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik	[Zeichnungsnr.]	Pos.Nr. 206.1	Blatt 1 1 Bl.
(Urspr.:)	(Ers. f. :)	(Ers. d. :)	

1		2	3	4	5	6
---	--	---	---	---	---	---

A

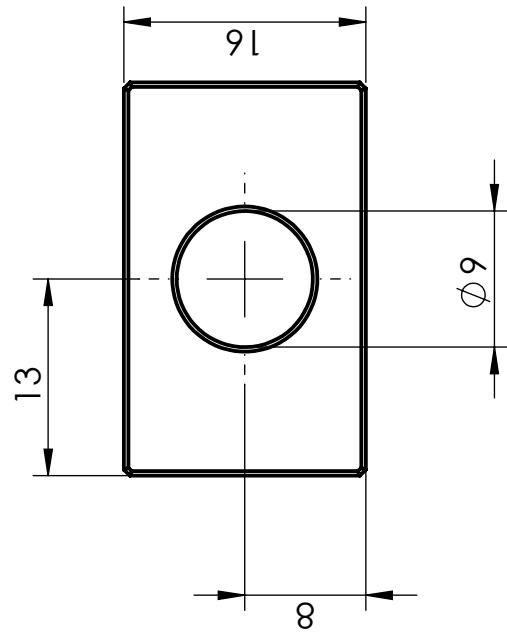
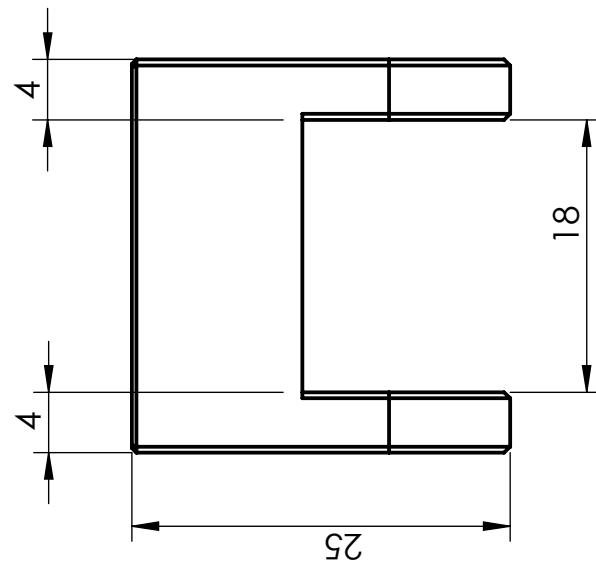
B

C



Bauteil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 2:1 (Gewicht)	(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)
(Benennung)			
Bearb.	Datum	Name	
	24.02.22	Ickstadt	
Gepr.			
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		[Zeichnungsnr.]	Pos.Nr. 206.2 Blatt 1 1 Bl.
(Urspr.:)		(Ers. d. :)	



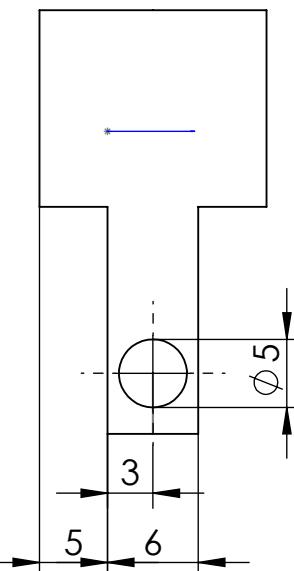
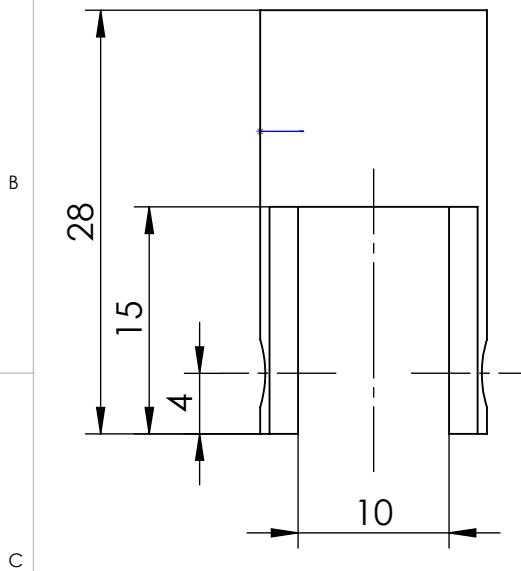
A

B

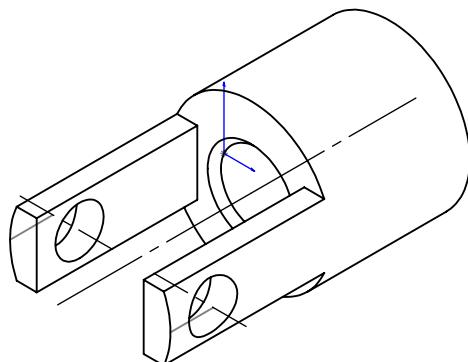
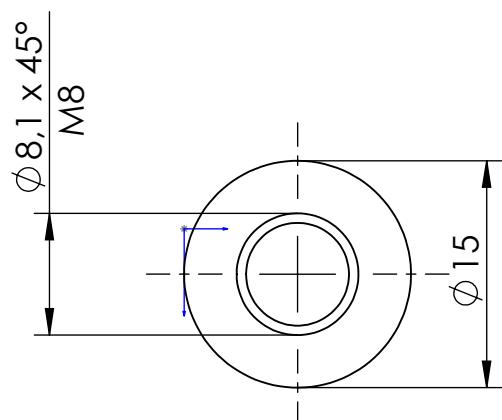
C

D

A



C



E

Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 2:1

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug) EN-AW 3003
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

F

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

(Benennung)

Anschluss Muskel

Pos. Nr. 404
Blatt 1
1 Bl.

1

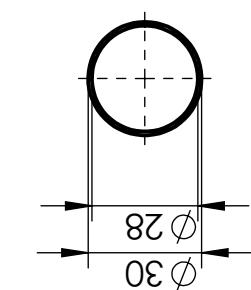
4

3

2

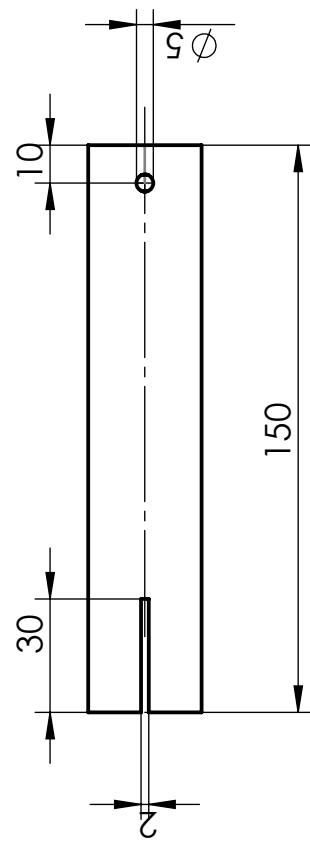
A

A



B

B



C

C

Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:2	(Gewicht)	
		(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)		
Bearb.	Datum	Name		
Gepr.	Gepr.	Ickstadt		
		Oberfläche ISO 1302		
		Tolerierung ISO 8015		
		Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		
(Urspr.:)		Zeichnungsnr.	Blatt	
		Pos.Nr. 201	1	1 Bl.
		(Ers. d. :)		

D

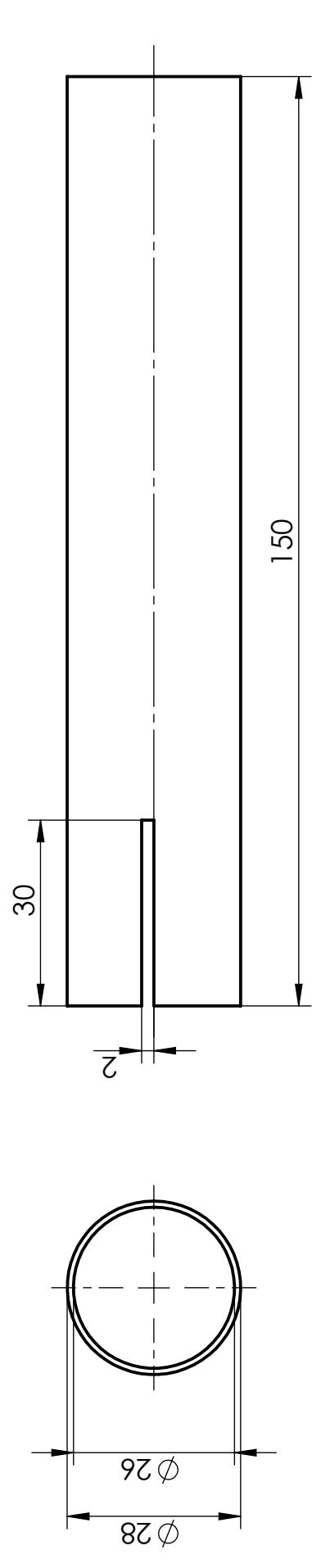
D

1		2		3		4		5		6
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---

A

B

C



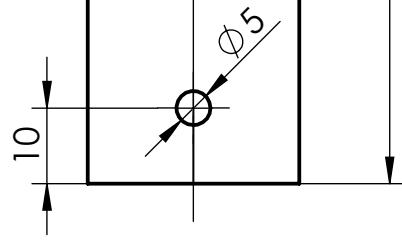
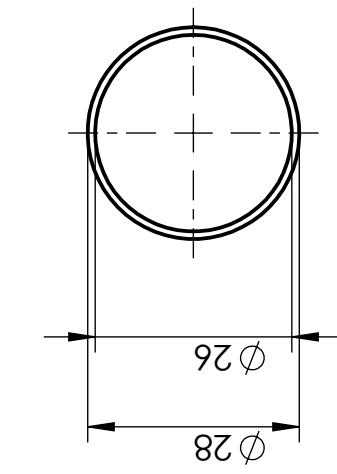
Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:1	(Gewicht)
(Werksstoff, Halbzeug) EN-AW 3003 (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)			
Bearb.	Datum	Name	(Benennung)
Gepr.			Ickstadt
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		Zeichnungsnr.	Blatt
(Urspr.:)		Pos. Nr. 202	1 Bl.
(Ers. f. :)		(Ers. d. :)	

1		2	3	4	5	6
---	--	---	---	---	---	---

A

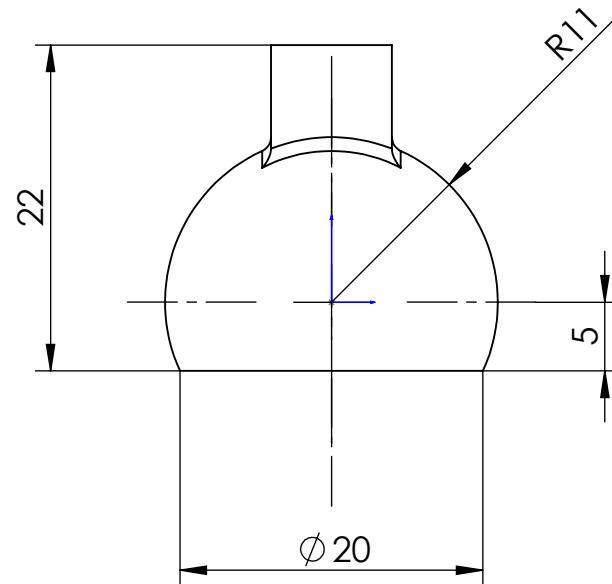
B

C



Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:1	(Gewicht)
(Werksstoff, Halbzeug) EN-AW 3003 (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)			
Bearb.	Datum	Name	(Benennung)
Gepr.		Ickstadt	
Oberfläche ISO 1302			
Tolerierung ISO 8015			
Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik		Zeichnungsnr. Pos.Nr.	Blatt 1 1 Bl.
(Urspr.:)		(Ers. f. :)	(Ers. d. :)

A

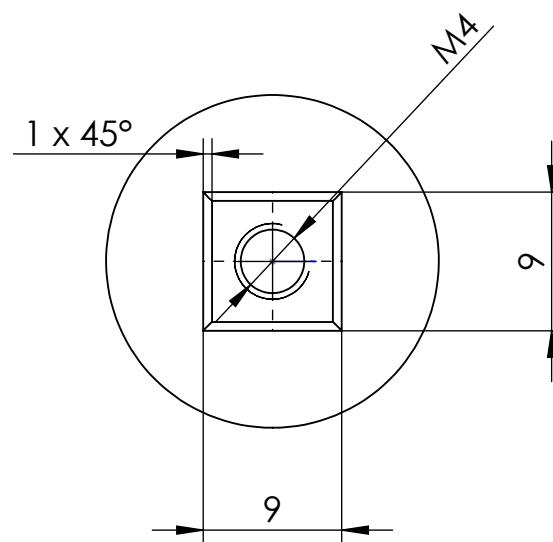


C

D

E

F



Teil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

Oberfläche ISO 1302			Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 2:1 (Gewicht)

Tolerierung ISO 8015		

	Datum	Name
Bearb.	24.02.22	Ickstadt
Gepr.		
Norm		

(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell - oder Gesenk-Nr.)
--

(Benennung)

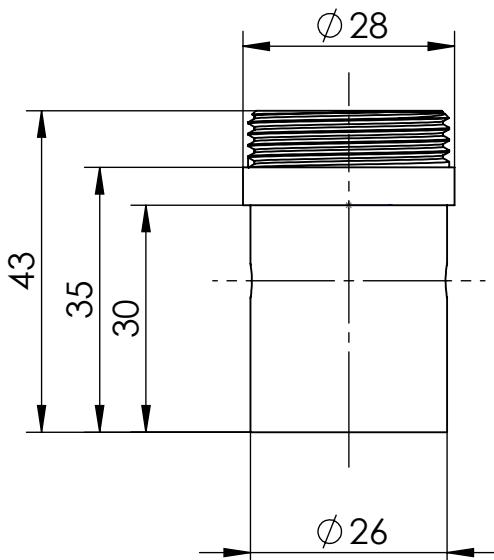
Gelenk_Queue

(Zeichnungsnummer)

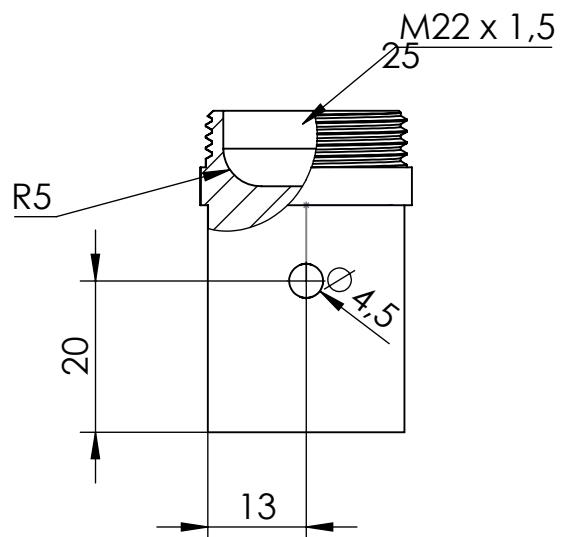
Pos. Nr. 306	Blatt 1
	Bl. 1

(Firma, Zeichnungsersteller) Hochschule RheinMain Studiengang Angewandte Physik & Medizintechnik

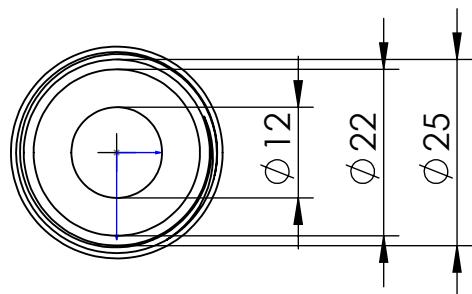
A



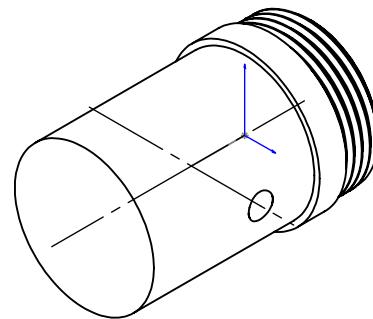
6



D

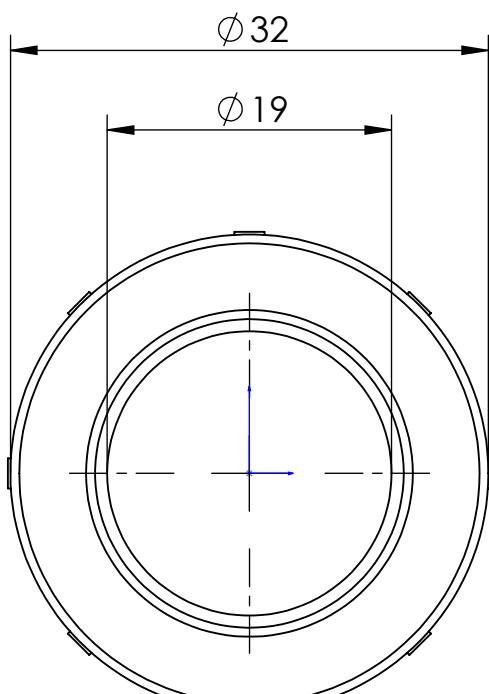


E

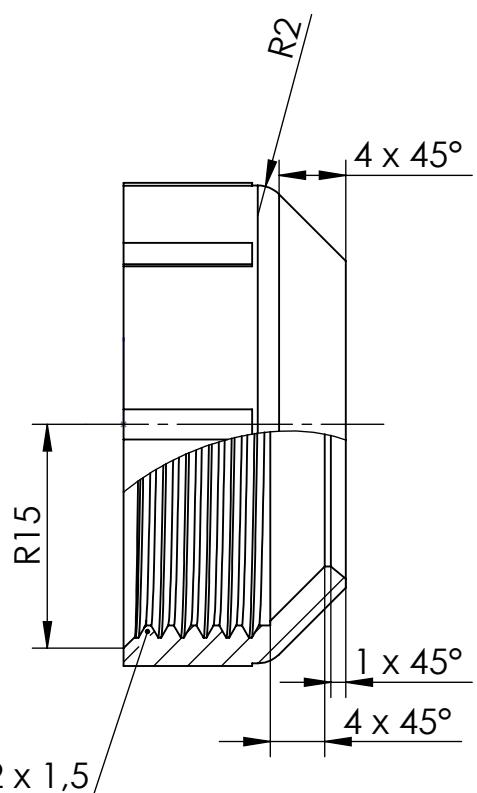


Teil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

A



B



C

D

E

Genauer Auslegung wird dem Kunden überlassen.
Teil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-m

Kanten
ISO
13715

Maßstab 2:1

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug) ABS
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)

Bearb.

Gepr.

Norm

Datum

Name

F

(Benennung)

Überwurfmutter

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

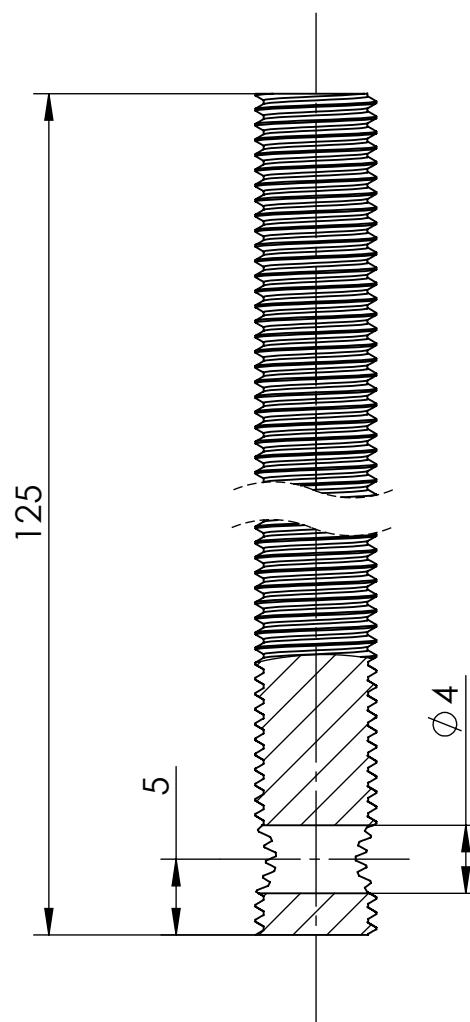
(Zeichnungsnummer)

Pos. Nr.
307

Blatt
1
1 Bl.

B.4 Einzelteilzeichnungen Ellbogengelenk

A



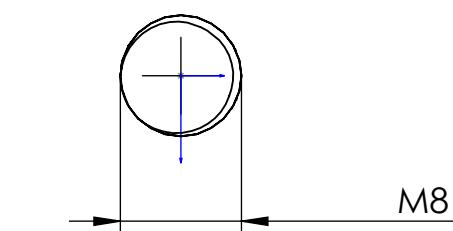
B

C

D

E

F



Oberfläche ISO 1302

Allgemein-toleranz
ISO 2768-mKanten
ISO
13715

Maßstab 2:1

(Gewicht)

Tolerierung ISO 8015

(Werkstoff, Halbzeug)
(Rohteil-Nr.)
(Modell - oder Gesenk-Nr.)Bearb. 24.02.22 Ickstadt
Gepr.
Norm

(Benennung)

Gewindestange

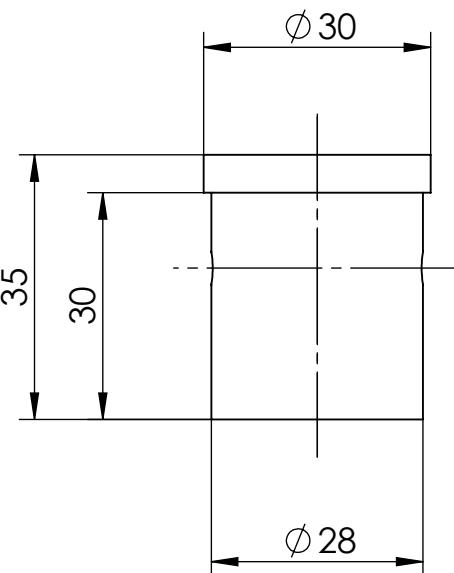
Zust. Änderung Datum Name (Urspr.:)

(Firma, Zeichnungsersteller)
Hochschule RheinMain
Studiengang Angewandte
Physik & Medizintechnik

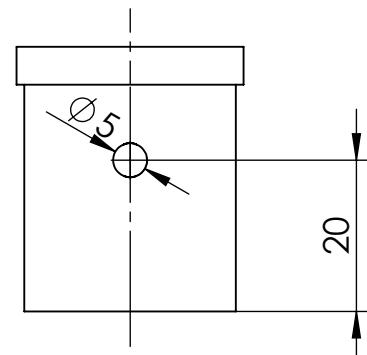
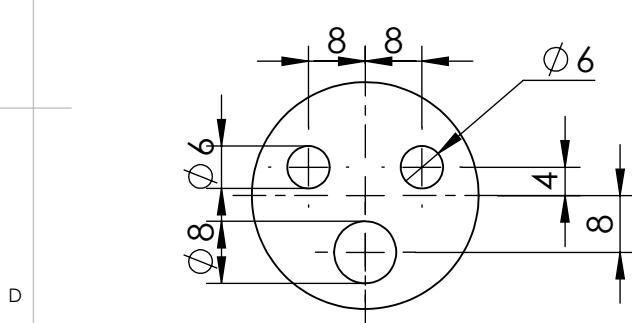
(Zeichnungsnummer)

Pos. Nr. 713 Blatt
1 1 Bl.

A



C



E

Teil wird mittels 3D-Druck hergestellt.

Oberfläche ISO 1302	Allgemein-toleranz ISO 2768-m	Kanten ISO 13715	Maßstab 1:1	(Gewicht)
Tolerierung ISO 8015				

Rohrteil für Ellbogengelenk

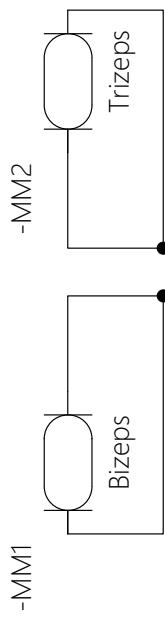
B.5 Generelle Stückliste und Pneumatikschaltplan

Pneumatik

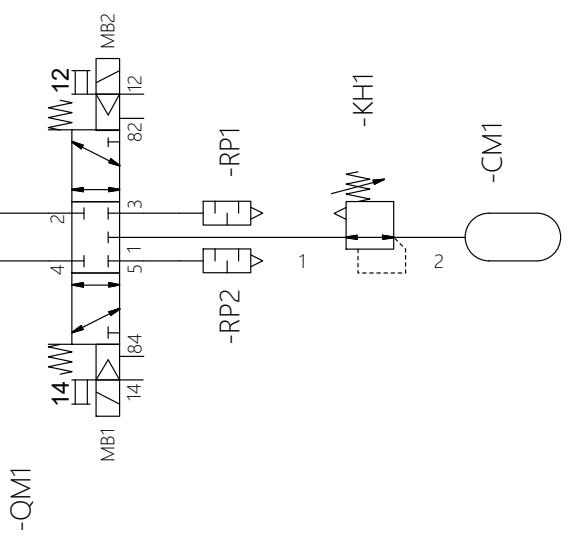
Pos.	Bezeichnung	Typ	Hersteller	Art.-Nr.	Anzahl	Einzelpreis	Preis	Bemerkungen
501	(CM1) Drucklufttank	N/A	N/A	N/A	1			
502	(KH1) Druckbegrenzungsventil	Druckminderer 1-stufig, 300 bar	Linde	32497530	1	146 €	146 €	
503	(QM1) Magnetventil 5/3	VSVA-B-P53C-ZH-A1-2AC1	Festo	547206	1	179,12 €	179,12 €	
504	Anschlussplatte	NAS-1/4-01-VDMA	Festo	161109	1	23,23 €	23,23 €	
505	Steckverschraubung	QS-G1/4-6-l	Festo	186108	1	3,03 €	3,03 €	Packung mit 10 Stk
506	Steckdosenleitung	KMEB-1-230AC-2.5	Festo	151690	1	18,56 €	18,56 €	
507	(RP1 & RP2) Schalldämpfer	U-1/4-B	Festo	6842	2	9,75 €	19,50 €	
508	Schlauch	PAN-6X1-SW	Festo	553913	50 m	2,43 €	121,50 €	
509	(MM1 & MM2) PAM	DMSP-40-120N-RM-CM	Festo	8114530	2	252,08 €	504,16 €	

1 2 3 4 5 6

A



B



C

D

Projekt				Blatt	
SnookerBot				1	
		Datum	Name		Anlage
		Gezeichnet.	26.01.2022	Ickstadt	Ort
		Gesehen			Maßstab
Nr.	Änderung	Datum	Name	Freigabe	Von

6

5 4 3 2 1

1

Elektrik

Pos.	Bezeichnung	Typ	Hersteller	Art.-Nr.	Anzahl	Einzelpreis	Preis	Bemerkungen
601	Arduino	Arduino Uno Rev 2		Arduino Uno Rev2	1	41,95 €	41,95 €	
602	Relais	Elegoo 4 Kanal DC 5V Relaismodul	Elegoo		1	6,99 €	6,99 €	
603	5 V Netzteil	LOGILINK PA0185	LogiLink	LOGILINK PA0185	1	4,99 €	4,99 €	beliebig
604	Schrittmotor	NEMA 23-1	ACT Motor GmbH	ACT 23HS5420	1	15,60 €	15,60 €	
605	Schrittmotor Treiber	ACT DM542	ACT Motor GmbH	ACT DM542	1	38,55 €	38,55 €	
606	48 V Netzteil	MW GST160A48	MeanWell	MW GST160A48	1	63,30 €	63,30 €	

Mechanik

Pos.	Bezeichnung	Typ	Hersteller	Art.-Nr.	Anzahl	Einzelpreis	Preis	Bemerkungen
701	Rillenkugellager	628-2RS1			12	8,85 €	106,20 €	
702	Rillenkugellager	61905			2	12,63 €	25,26 €	
703	Rillenkugellager	61802-2RSR			2	1,50 €	3,00 €	
704	Schrägkugellager	CSEA030			2	63,70 €	127,40 €	
705	Mutter mit Kunststoffring flach	Mutter M4 Flach	nach DIN EN ISO 10511	4		0,00 €	0,00 €	
706	Mutter mit Kunststoffring	Mutter M4	nach DIN EN ISO 7040	6		0,00 €	0,00 €	
707	Schraube M5 x 8	M5 x 8	nach DIN 7991	1		0,00 €	0,00 €	
708	Schraube M5 x 10	M5 x 10	nach DIN 912	8		0,00 €	0,00 €	
709	Schraube M4 x 16	M4 x 16	nach DIN 912	4		0,00 €	0,00 €	
710	Schraube M4 x 20	M4 x 20	nach DIN 912	1		0,00 €	0,00 €	
711	Schraube M4 x 35	M4 x 35	nach DIN 912	5		0,00 €	0,00 €	
712	Schraube M4 x 40	M4 x 40	nach DIN 7991	4		0,00 €	0,00 €	
713	Gewindestange	M8 Gewindestange	nach DIN 975	1	5,64 €	5,64 €		
714	Unterlegscheibe	Unterlegscheibe M4	nach DIN 433	8		0,00 €	0,00 €	
715	Einpresshülse M4	F1-H-B-M4			4	0,00 €	0,00 €	
716	Fahrradklemme 30 mm				3	9,99 €	29,97 €	
717	Outputpin	Zylindertift 5 x 34	nach DIN 6325	6				

1.483,95 € =Summe in Euro