

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenbauanleitung	3
1.1	Erläuterung zu Begrifflichkeiten und Verfahren	3
1.2	Getriebewellen, untere Lager und Zahnräder sowie Halterung	3
1.3	Getriebewellen, mittlere Zahnräder und Halterung	3
1.4	Obere Zahnräder und Rotorhohlwelle	4
1.5	Zusammenbau des Gehäuses und Installation des Getriebes	4
1.6	Montage auf der Bodenplatte	6
2	Bauteile	7
2.1	Payloadsimulator	7
2.1.1	Kostenabschätzung	7
2.2	Zahnrad, unten, Mitte	8
2.2.1	Kostenabschätzung	8
2.2.2	Gewichtsabschätzung	8
2.3	Zahnrad, unten, außen	9
2.3.1	Kostenabschätzung	9
2.3.2	Gewichtsabschätzung	9
2.4	Zahnrad, oben, außen	10
2.4.1	Kostenabschätzung	10
2.4.2	Gewichtsabschätzung	10
2.5	Zahnrad, unten, innen	11
2.5.1	Kostenabschätzung	11
2.5.2	Gewichtsabschätzung	11
2.6	Getriebewelle, innen	12
2.6.1	Kostenabschätzung	12
2.6.2	Gewichtsabschätzung	12
2.7	Getriebewelle, außen	13
2.7.1	Kostenabschätzung	13
2.7.2	Gewichtsabschätzung	13
2.8	Rotorvollwelle	14
2.8.1	Kostenabschätzung	14
2.8.2	Gewichtsabschätzung	14
2.9	Rotorhohlwelle	15
2.9.1	Kostenabschätzung	15
2.9.2	Gewichtsabschätzung	15
2.10	Gehäuseteil 1	16
2.10.1	Kostenabschätzung	16
2.10.2	Gewichtsabschätzung	16
2.11	Gehäuseteil 2	17
2.11.1	Kostenabschätzung	17
2.11.2	Gewichtsabschätzung	17
2.12	Gehäuseplatte 1	18
2.12.1	Kostenabschätzung	18
2.12.2	Gewichtsabschätzung	18
2.13	Gehäuseplatte 2	19
2.13.1	Kostenabschätzung	19
2.13.2	Gewichtsabschätzung	19
2.14	Gehäuseplatte 3	20
2.14.1	Kostenabschätzung	20
2.14.2	Gewichtsabschätzung	20
2.15	Gehäuseplatte 4	21
2.15.1	Kostenabschätzung	21
2.15.2	Gewichtsabschätzung	21
2.16	Gehäuseplatte 5	22

2.16.1	Kostenabschätzung	22
2.16.2	Gewichtsabschätzung	22
2.17	Gehäuseplatte 6	23
2.17.1	Kostenabschätzung	23
2.17.2	Gewichtsabschätzung	23
2.18	Gehäuseplatte 7	24
2.18.1	Kostenabschätzung	24
2.18.2	Gewichtsabschätzung	24
2.19	Gehäuseplatte 8	25
2.19.1	Kostenabschätzung	25
2.19.2	Gewichtsabschätzung	25
2.20	Deckel	26
2.20.1	Kostenabschätzung	26
2.20.2	Gewichtsabschätzung	26
2.21	Rückwand	27
2.21.1	Kostenabschätzung	27
2.21.2	Gewichtsabschätzung	27
2.22	Stütze 1	28
2.22.1	Kostenabschätzung	28
2.22.2	Gewichtsabschätzung	28
2.23	Aufbau Horizontalverbindungen	29
2.23.1	Kostenabschätzung	29
2.23.2	Gewichtsabschätzung	29
2.24	Stütze 2	30
2.24.1	Kostenabschätzung	30
2.24.2	Gewichtsabschätzung	30
2.25	Landebeine	31
2.25.1	Kostenabschätzung	31
2.25.2	Gewichtsabschätzung	31
2.26	Pin	32
2.26.1	Kostenabschätzung	32
2.26.2	Gewichtsabschätzung	32
2.27	Sicherungspin	33
2.27.1	Kostenabschätzung	33
2.27.2	Gewichtsabschätzung	33

1 Zusammenbauanleitung

1.1 Erläuterung zu Begrifflichkeiten und Verfahren

Der Zusammenbau des Helikopters erfolgt in mehreren Phasen, und muss in der vorgegebenen Reihenfolge durchgeführt werden, um die Konstruktion aller Bauteile (BT) zu ermöglichen. In manchen Darstellungen fehlen Bauteile, die im Text erwähnt sind. Hier gilt immer: Dem Text ist zu folgen! Begonnen wird mit dem Motor und dem Getriebe. Die Montage der Bauteilen auf den drei Getriebevollwellen (zwei kurze, eine lange mit Rotoranschluss, respektiv BT 12, 13, 14) erfolgt von "unten" nach "oben" - siehe Abbildung 1 für die Orientierung der jeweiligen Wellen.

1.2 Getriebewellen, untere Lager und Zahnräder sowie Halterung

Als erstes wird an den äußeren Getriebewellen das erste Lager und der darauf folgende Sicherungsring montiert. Hierbei handelt es sich um Bauteile 36 respektive 51. Ist dies geschehen (Abbildung 2), können die drei Vollwellen in die ersten zwei Gehäuseplatten montiert werden. Hierbei handelt es sich um die Bauteile 18 und 19. Die Lager liegen wie in der Abbildung auf den vorstehenden Lochsegmenten, und werden mit der zweiten Gehäuseplatte gesichert. Danach wird die Rotorvollwelle (BT 14) in die noch freie Bohrung eingefügt. Ist dies erledigt (Abbildung 3), können die unteren drei Zahnräder an den Getriebevollwellen befestigt werden. Hierfür wird an den äußeren beiden Wellen ein Sicherungsring (9mm, BT 51) angebracht, auf dem die Zahnräder - für Welle I und II respektive BT 8 und 9 - ruhen. Für die Rotorvollwelle ruht das Zahnrad (BT 11) auf dem Motoranschluss. Die Zahnräder sind jeweils auf den Polygonsegmente zu montieren, so das bei den äußeren Zahnrädern die Vertiefung in der Radoberfläche nach "unten" zeigen, also den Sicherungsring umschließen. Danach ist über allen Rädern an der Welle ein 8mm Sicherungsring (BT 50) zu befestigen.

1.3 Getriebewellen, mittlere Zahnräder und Halterung

Die Rotorvollwelle und die mittlere Getriebewelle erhalten noch einen zweiten 8mm Sicherungsring, bevor die dritte Gehäuseplatte (BT 20) über alle Wellen gelegt wird. Auf den Wellen auf denen zuvor der Sicherungsring montiert wurde, wird nun jeweils ein 8mm Rillenkugellager (BT 35), sowie ein darauf folgender 8mm Sicherungsring (BT 50) befestigt. Es folgt Gehäuseplatte 4 (BT 21) und an der Rotorvollwelle wieder ein 8mm Sicherungsring (BT 50), die Gehäuseplatte 5 (BT 22) und ein 8mm Rillenkugellager (BT 35). An der äußeren Getriebewelle ein 8mm Sicherungsring (BT 50) angebracht.

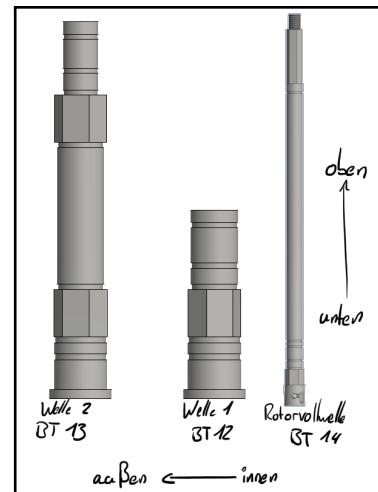


Abbildung 1: Die Wellen - nicht im gleichen Maßstab!

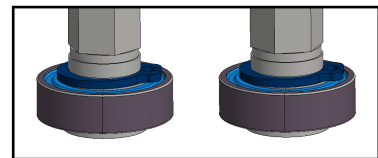


Abbildung 2: Installation der Lager mit Sicherungsring

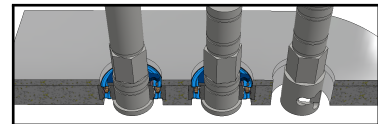


Abbildung 3: Drei Vollwellen in der Gehäuseplatte

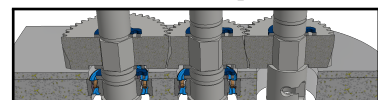


Abbildung 4: Montierte und gesicherte Zahnräder

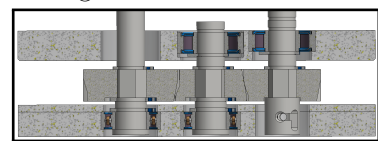


Abbildung 5: Gehäuseplatte 3 und Lager montiert

1.4 Obere Zahnräder und Rotorhohlwelle

Es folgen Zahnrad 4 (BT 10) und der Zahnradanschluss der Rotorhohlwelle. Diese werden respektiv auf dem oberen Polygon der äußeren Getriebewelle sowie erst einmal lose auf der Gehäuseplatte montiert. An der äußeren Getriebewelle werden zwei 6mm Sicherungsringe (BT 54) über dem Zahnrad und in der darauf folgenden Ringnut befestigt, an der Rotorhohlwelle wird ein 15mm Sicherungsring (BT 53) montiert. Danach wird Gehäuseplatte 6 (BT 23) über die beiden Wellen gelegt. Es folgen ein 6mm Rillenkugellager (BT 34) und zwei 15mm Rillenkugellager (BT 37) sowie ein 6mm und zwei 15mm Sicherungsringe (BT 53) für respektive die äußere Getriebewelle und die Rotorhohlwelle. Sind diese montiert, kann Gehäuseplatte 7 (BT 24) auf Platte 6 gelegt werden. Schlussendlich wird noch ein 15mm Sicherungsring (BT 53) an der Rotorhohlwelle befestigt, und Gehäuseplatte 8 (BT 25) als Deckel auf das Getriebe gelegt.

Bevor das Gehäuse um das Getriebe gefügt werden kann, muss der Motor mit der Rotorvollwelle verbunden werden. Hierfür dient ein spezieller Pin (BT 33), der mit einem 1.2mm Inbus-Schlüssel in die Welle-Motor-Verbindung eingesetzt werden muss. In Abbildung 10-12 ist dies bildlich dargestellt, als Sichthilfe ist die Gehäuseplatte 2 NICHT dargestellt. Dies ist in dieser Phase des Zusammenbaus nicht gegeben, die Installation muss visuell eingeschränkt stattfinden. Möglich, aber nicht empfohlen, ist eine Installation des Pins auch schon früher im Montageprozess. Zuerst wird der Pin durch den Motoranschluss geschoben, bis der L-förmige Vorsprung gegen die Rotorvollwelle stößt. Nun muss der Pin um ca. 180° gedreht werden, um in die vorgesehene Aussparung in der Rotorwelle zu passen. Ist dies geschehen, kann der Pin bis zum Anschlag durchgeschoben und mit einer 90° Drehung gegen den Uhrzeigersinn gesichert werden.

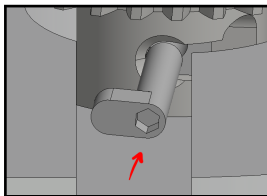


Abbildung 10:
Motorwellenpin wird
eingefügt

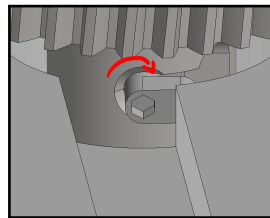


Abbildung 11:
Ausrichtung des Pins
zum Einbringen in die
Wellenverbindung

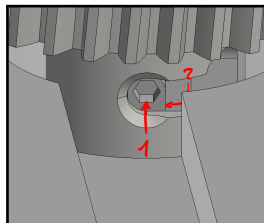


Abbildung 12:
Endgültige Sicherung
des Pins

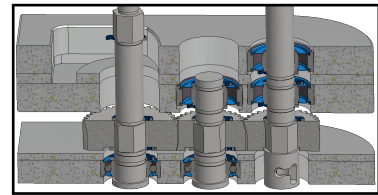


Abbildung 6: Montage
sämtlicher Bauteile bis
Bauschritt 1.4

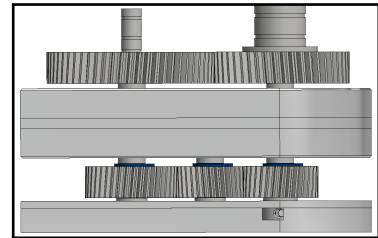


Abbildung 7: Zahnrad und
Rotorhohlwelle montiert - in der
Abbildung fehlen die 6mm
Sicherungsringe!

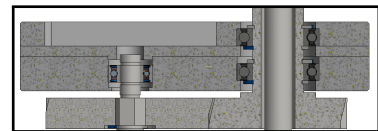


Abbildung 8: Die oberen Lager
montiert und in den Platten
gesichert

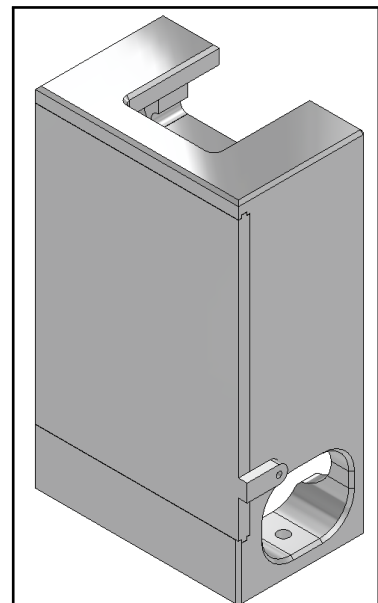


Abbildung 9: Gehäuseteil 1 mit
Rückwand

1.5 Zusammenbau des Gehäuses und Installation des Getriebes

Das Getriebe gilt es nun in dem ersten Gehäuseteil (BT 16) zu lagern. Hierfür sollte zuerst die Rückwand (BT 27) in dem Gehäuse montiert werden - hierfür wird diese in die vorgesehenen Führungsschienen gelegt, und bis zum Anschlag durchgeschoben. Gesichert wird sie mit einer 2mm Schraube. Das Gehäuse ist in mehrere Fächer unterteilt, in die es nun gilt die "Bündel" aus Gehäuseplatten einzuschieben. Es ist darauf zu achten, dass die Platten bis zum Anschlag (Kontakt mit der Rückwand) in dem Gehäuse sind. Zugleich sind die Toleranzen zwischen Gehäuse und Zahnrad und anderen Getriebeteilen sehr gering: Kollisionen, Scheuern und Schäden sind tunlichst zu vermeiden! Sämtliche Abstände entlang der Wellenachsen werden durch Lagerung im Gehäuses kontrolliert. Es kann nun die zweite Gehäusenhälfte (BT 17)

montiert werden, zuvor sind aber in den dafür vorgesehenen Bohrungen im ersten Gehäuseteil die 4 Verbindungspins (BT 32) zu montieren. Diese können bei der Montage für die Ausrichtung genutzt werden. Ist dieser Schritt komplett, ist das Getriebe fertig. Es folgt die Befestigung auf der Bodenplatte (BT 3)

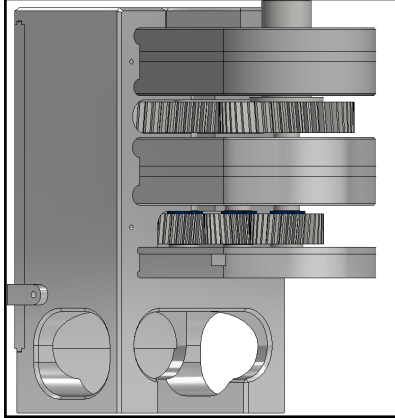


Abbildung 13: Die Gehäuseplatten im ersten Gehäuseteil - die Schraube an der Rückwand fehlt in dieser Darstellung!

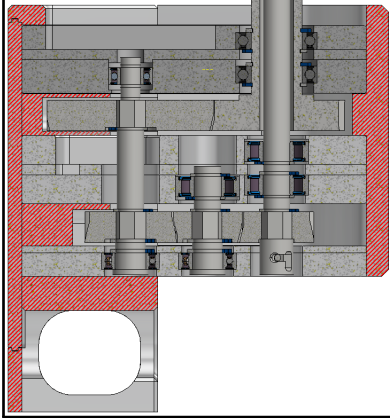


Abbildung 14: Ein Schnitt durch den Zusammenbau mit Gehäuseplatten in beiden Gehäuseteilen, hier rot schraffiert - der Motor ist nicht zu sehen.

1.6 Montage auf der Bodenplatte

Die Montage auf der Bodenplatte beginnt mit den beiden Landebeinen (BT 31), die mit 5mm Passschrauben (BT 44), Unterlegscheiben (BT 48) und Kronmutter (46) montiert und mit Splinten (BT 55) gesichert wird. Auf dem Landebein das bündig mit der Kante der Bodenplatte montiert wurde - diese Seite ist für den Rest des Zusammenbaus das "hintere Ende" - wird noch der Payloadsimulator festgeschraubt, dies geschieht mit zwei 4mm Passschrauben (BT 45).

Der Motor und das Getriebegehäuse werden mit jeweils 6 4mm Passschrauben der Länge 10mm (BT 40), Unterlegscheiben (BT 56) und Splinten (BT 49) befestigt und gesichert. Genau so werden auch Batterie und Controlstack auf der Bodenplatte befestigt, siehe Abbildung 16 für die Anordnung der Bauteile.

Um die Auftriebskraft effektiv in die Bodenplatte weiterleiten zu können, wird ein Aufbau um und über das Getriebegehäuse gebaut, dieser besteht aus jeweils zwei "vorderen" (BT 28) und "hinteren" Stützen (BT 31) sowie Horizontalverbindungen (BT 29 & 30) und einem Deckel (BT 26). Die vier Stützen werden - mit zwei 4mm Passschrauben der Länge 10mm sowie passenden Unterlegscheiben und Splinten für die "vorderen" bzw. zwei 4mm Passschrauben der Länge 13mm und passenden Unterlegscheiben und Splinten für die "hinteren" - montiert. Entlang von beiden Horizontalverbindungen sind jeweils vier Bohrungen, davon zwei in sichtbar geringerem Abstand. Diese kennzeichnen das "hintere" Ende für das jeweilige Bauteil, ist diese korrekt, so zeigt die Fase nach "innen", also in Richtung Motor. Nun lassen sich die Verbindungsstreben auf die Stützen montieren, hierfür wird vorne jeweils eine 4mm Passschrauben der Länge 14mm, hinten eine 4mm Passschraube der Länge 11mm mit passenden Unterlegscheiben und Splinten verwendet. Der Deckel wird nun mit 4mm Passschrauben (Länge: 11mm, BT 42) in die freigebliebenen Bohrlöcher der Horizontalverbindungen eingeschraubt, hierbei werden wieder Unterlegscheiben und Splinte verwendet, um die Schrauben zu sichern.

Um den Helikopter fertig zu stellen, können nun die Rotoren an den Achsen montiert werden. Es ist darauf zu achten die korrekten Rotoren zu wählen, da sonst kein Auftrieb erzeugt wird! Zuerst wird an der Hohlwelle ein 15mm Sicherungsring angebracht, bevor der Rotor (BT 6) auf die Keilwellen-Verbindung geschoben und mit einem weiteren 15mm Sicherungsring befestigt wird. An der Vollwelle wird ebenso ein 8mm Sicherungsring angebracht, der Rotor auf die Polygonverbindung geschoben, und mit der Ringmutter (BT 39) gesichert.

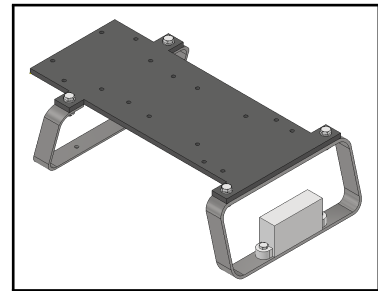


Abbildung 15: Die Bodenplatte samt Landebeinen und Payloadsimulator

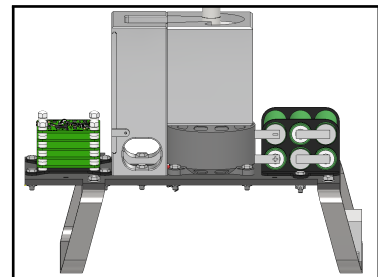


Abbildung 16: Batterie und Controlstack sowie Getriebegehäuse mit Motor auf der Bodenplatte

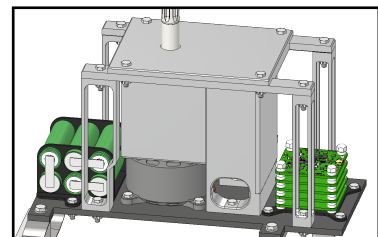


Abbildung 17: Helikopter nach Montage des Aufbaus

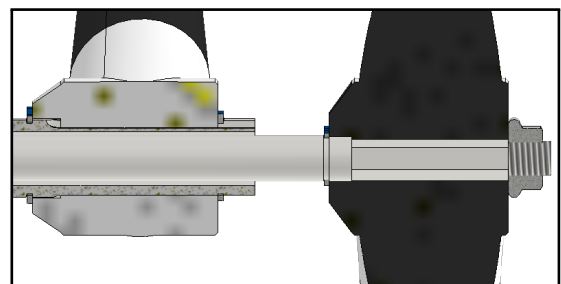
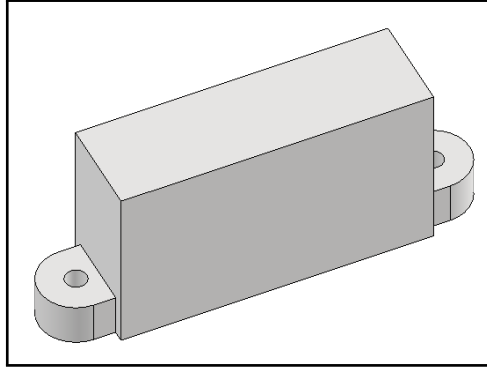


Abbildung 18: Schnitt durch die montierten Rotoren (gedreht um 90° im Uhrzeigersinn)

2 Bauteile

Es folgt die Gewichts- und Kostenabschätzung aller verwendeten Bauteile und Elemente.

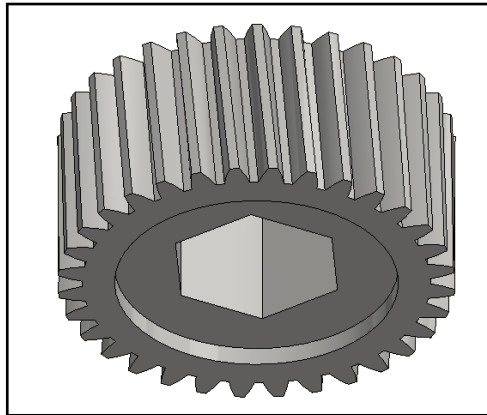
2.1 Payloadsimulator



2.1.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: ? Volumen: 18136 mm³ Masse: 0.145kg Kosten pro kg: 0.58

2.2 Zahnrad, unten, Mitte



2.2.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.7005 -> 2.6

Mit Materialkosten von €0.58 und einem Werkstofffaktor von 2.6 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.6 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.016\text{kg} = 0.024\text{€}$$

Die Fertigung eines Zahnrads erfordert sowohl ca. eine halbe Stunde Bearbeitung in einer CNC-Fräse als auch eine Stunde Nachbearbeitung durch einen Facharbeiter. Die Arbeitskosten ergeben sich also zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 52,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

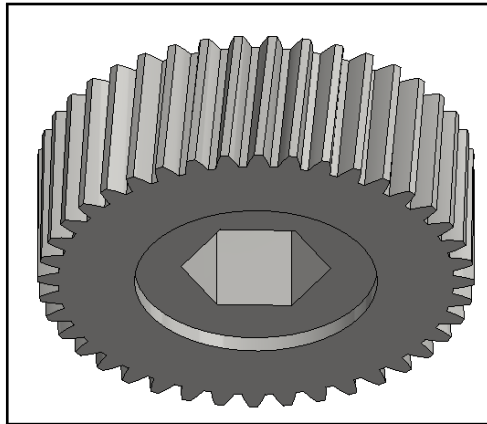
€52,52

2.2.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $1975,141\text{ mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.016kg

2.3 Zahnrad, unten, außen



2.3.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.7005 -> 2.6

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.6 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.6 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.032\text{kg} = 0.048\text{€}$$

Die Fertigung eines Zahnrads erfordert sowohl ca. eine halbe Stunde Bearbeitung in einer CNC-Fräse als auch eine Stunde Nachbearbeitung durch einen Facharbeiter. Die Arbeitskosten ergeben sich also zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 52,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

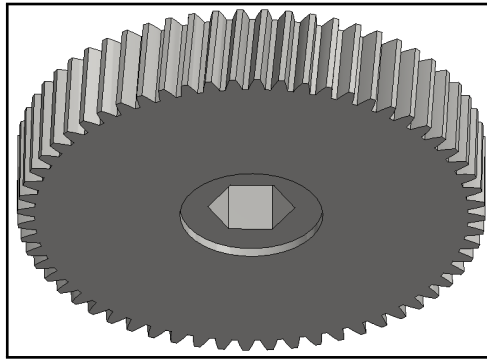
€52,55

2.3.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $4058,024\text{ mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.032kg

2.4 Zahnrad, oben, außen



2.4.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.7005 -> 2.6

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.6 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.6 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.12\text{kg} = 0.18\text{€}$$

Die Fertigung eines Zahnrads erfordert sowohl ca. eine halbe Stunde Bearbeitung in einer CNC-Fräse als auch eine Stunde Nachbearbeitung durch einen Facharbeiter. Die Arbeitskosten ergeben sich also zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 52,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

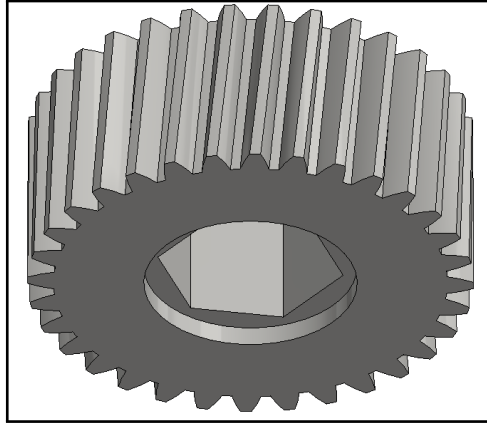
€52,68

2.4.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $15240,321\text{ mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.12kg

2.5 Zahnrad, unten, innen



2.5.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.7005 -> 2.6

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.6 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.6 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.02\text{kg} = 0.03\text{€}$$

Die Fertigung eines Zahnrads erfordert sowohl ca. eine halbe Stunde Bearbeitung in einer CNC-Fräse als auch eine Stunde Nachbearbeitung durch einen Facharbeiter. Die Arbeitskosten ergeben sich also zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 52,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

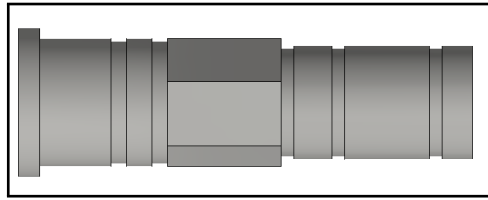
€52,53

2.5.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $2505,474\text{ mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.02kg

2.6 Getriebewelle, innen



2.6.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.6580 -> 2.7

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.7 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.7 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.014\text{kg} = 0.02\text{€}$$

Die Fertigung der Getriebewelle erfordert 1.5 Stunden in einer Drehbank, so ergeben sich die Bearbeitungskosten zu

$$1.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 67,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

€67,52

2.6.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $1799,033\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.014kg

2.7 Getriebewelle, außen



2.7.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.6580 -> 2.7

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.7 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.7 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.025\text{kg} = 0.04\text{€}$$

Die Fertigung der Getriebewelle erfordert 1.5 Stunden in einer Drehbank und 1 Stunde in der CNC-Fräse, so ergeben sich die Bearbeitungskosten zu

$$2.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 112.5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

€112,54

2.7.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m³ und einem Volumen von 3160,699mm³ ergibt sich eine Masse von:

0.025kg

2.8 Rotorvollwelle



2.8.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.6580 -> 2.7

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.7 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.7 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.075\text{kg} = 0.12\text{€}$$

Die Fertigung der Getriebewelle erfordert 2 Stunden in einer Drehbank und 1 Stunde in der CNC-Fräse, sowie eine Stunde Bearbeitung durch einen Facharbeiter. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu

$$3\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 165\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

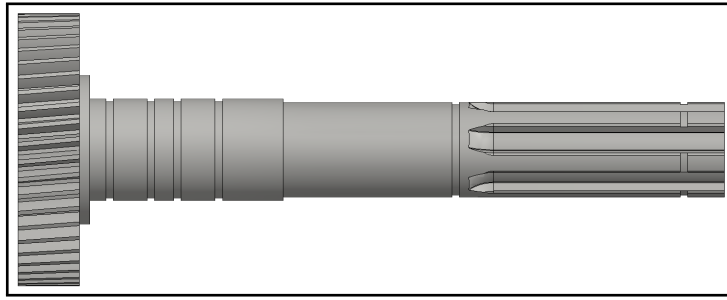
€165,12

2.8.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m³ und einem Volumen von 9578,866 mm³ ergibt sich eine Masse von:

0.075kg

2.9 Rotorhohlwelle



2.9.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: Vergleichbar 1.6580 -> 2.7

Mit Materialkosten von €0.58/kg und einem Werkstofffaktor von 2.7 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$2.7 \cdot 0.58\text{€/kg} \cdot 0.131\text{kg} = 0.21\text{€}$$

An diesem Ergebnis ist zu beachten das durch die integrale Bauweise von Zahnrad und Welle ein sehr hoher Anteil des Rohmaterials (ca. 90%) entfernt werden. Die Kosten für ein entsprechendes Halbzeug könnten wesentlich höher sein.

Die Fertigung der Getriebewelle erfordert 1 Stunde in einer Drehbank und 3 Stunden in der CNC-Fräse, sowie 1.5 Stunden Bearbeitung durch einen Facharbeiter. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$4\text{h} \cdot 45\text{€/h} + 1,5\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 225,00\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

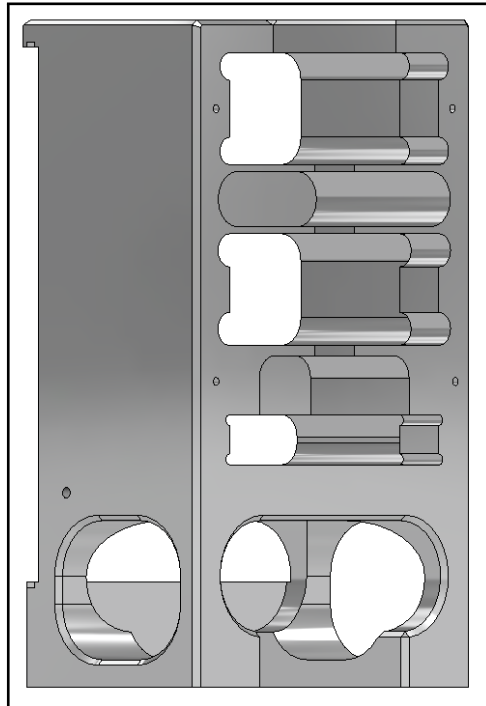
€225,21

2.9.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $16629,232\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.131kg

2.10 Gehäuseteil 1



2.10.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0.319\text{kg} = 1,95\text{€}$$

Die Fertigung des Gehäuses benötigt 3 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$3\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 135,00\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

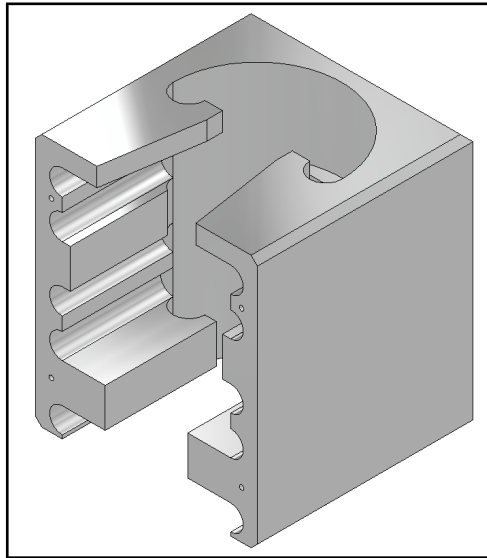
€136,95

2.10.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $118019,913\text{ mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.319kg

2.11 Gehäuseteil 2



2.11.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0.412\text{kg} = 2,52\text{€}$$

Die Fertigung des Gehäuses benötigt 2.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$2.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 112,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

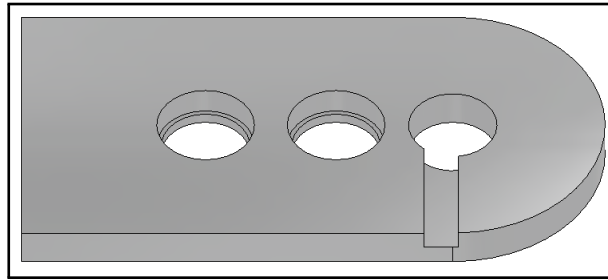
€115,02

2.11.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $152764,302\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.412kg

2.12 Gehäuseplatte 1



2.12.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,083\text{kg} = 0,51\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 67,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

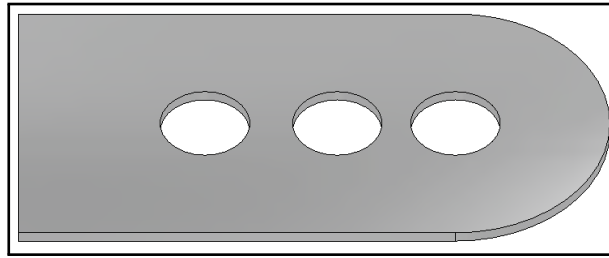
€23,01

2.12.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $30822,889\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.083kg

2.13 Gehäuseplatte 2



2.13.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,024\text{kg} = 0,15\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 22.5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

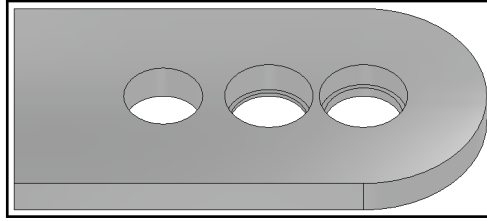
€22,65

2.13.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m³ und einem Volumen von 9038,593mm³ ergibt sich eine Masse von:

0.024kg

2.14 Gehäuseplatte 3



2.14.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€}/\text{kg} \cdot 0,099\text{kg} = 0,51\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 22,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

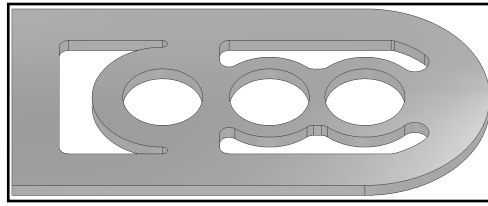
€23,01

2.14.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von $2.7\text{kg}/\text{m}^3$ und einem Volumen von $36576,748\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.099kg

2.15 Gehäuseplatte 4



2.15.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,028\text{kg} = 0,17\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.75 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.75\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 33,75\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

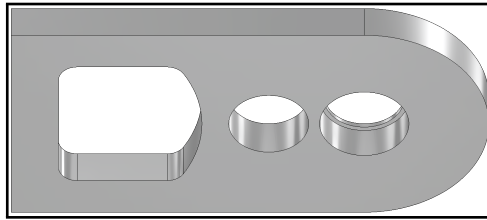
€33.92

2.15.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $10330,374\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.028kg

2.16 Gehäuseplatte 5



2.16.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,083\text{kg} = 0,51\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.75 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.75\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 33,75\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

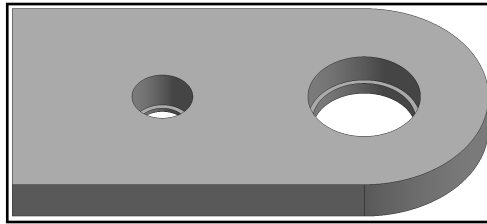
€34,26

2.16.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $30568,902\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.083kg

2.17 Gehäuseplatte 6



2.17.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,045\text{kg} = 0,28\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.75 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.75\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 33,75\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

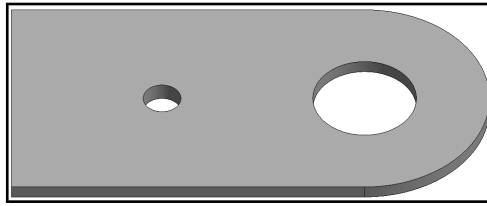
€34,03

2.17.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $45148,537\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.045kg

2.18 Gehäuseplatte 7



2.18.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,014\text{kg} = 0,09\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.75 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.75\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 33,75\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

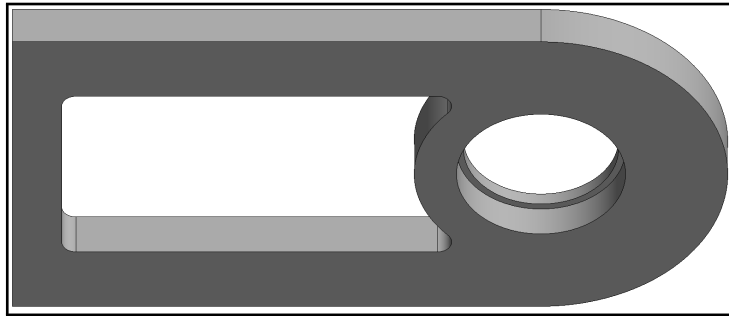
€33,84

2.18.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $14025,547\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.014kg

2.19 Gehäuseplatte 8



2.19.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,021\text{kg} = 0,13\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 0.75 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.75\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 33,75\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

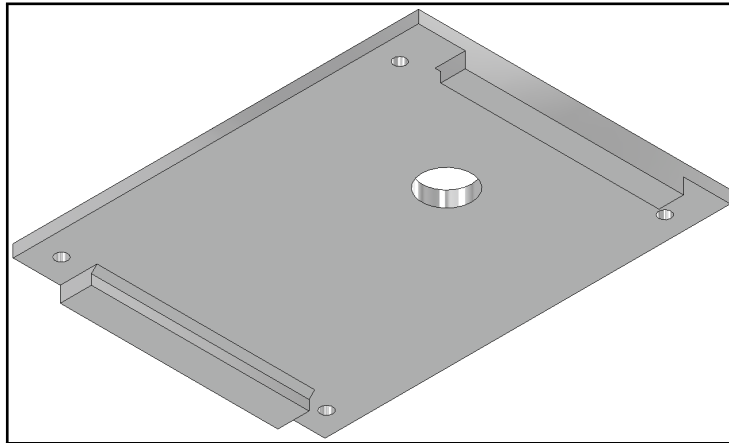
€33,88

2.19.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $21096,614\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.021kg

2.20 Deckel



2.20.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,189\text{kg} = 0,13\text{€}$$

Die Fertigung der Platte benötigt 1.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$1.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 67,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

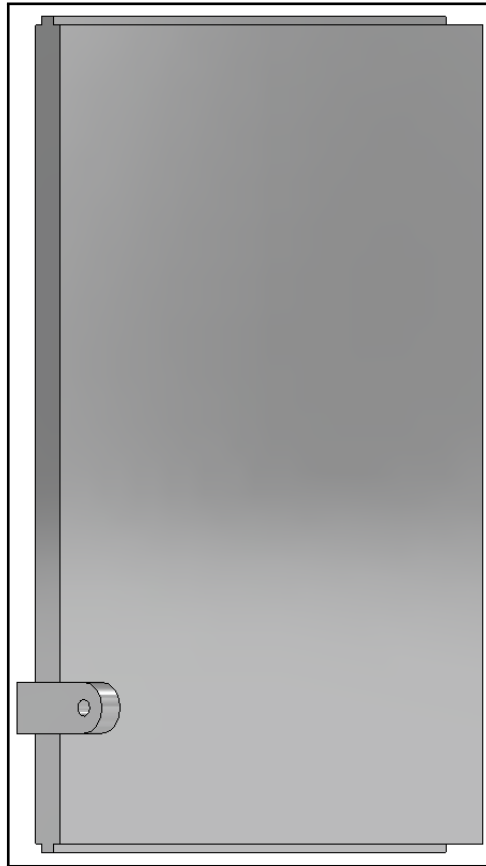
€67,63

2.20.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $69996,172\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.189kg

2.21 Rückwand



2.21.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,074\text{kg} = 0,45\text{€}$$

Die Fertigung der Rückwand benötigt 1 Stunde in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$1\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 45\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

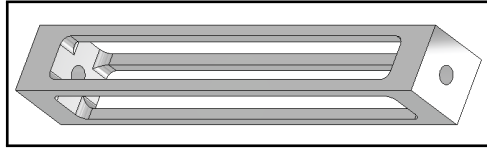
€45,45

2.21.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m³ und einem Volumen von 27301,607mm³ ergibt sich eine Masse von:

0.074kg

2.22 Stütze 1



2.22.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,016\text{kg} = 0,10\text{€}$$

Die Fertigung der Stütze benötigt 1.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$1.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 67,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

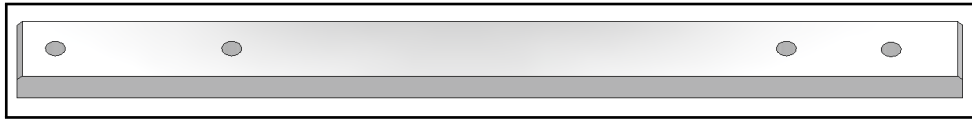
€67,60

2.22.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $5889,410\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.016kg

2.23 Aufbau Horizontalverbindungen



2.23.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,044\text{kg} = 0,27\text{€}$$

Die Fertigung der Horizontalverbindung benötigt 0.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 22,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

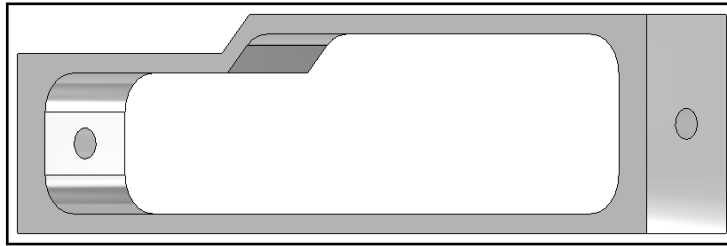
€22,77

2.23.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m³ und einem Volumen von 16207,707mm³ ergibt sich eine Masse von:

0.044kg

2.24 Stütze 2



2.24.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: EWAN-6060 -> 3

Mit Materialkosten von €2.04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2.04\text{€/kg} \cdot 0,031\text{kg} = 0,19\text{€}$$

Die Fertigung der Stütze benötigt 1 Stunde in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$1\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 45\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

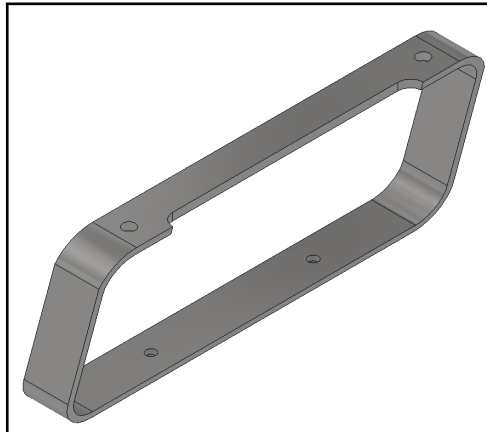
€45,19

2.24.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $11505,884\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.031kg

2.25 Landebeine



2.25.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: 5,8

Mit Materialkosten von €0,58/kg und einem Werkstofffaktor von 5.8 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$5.8 \cdot 0,58\text{€/kg} \cdot 0,145\text{kg} = 0,49\text{€}$$

Die Fertigung der beiden Landebeine benötigt 4.5 Stunden in der CNC-Fräse. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$4.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 202,5\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

€202,99

2.25.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 7.85kg/m^3 und einem Volumen von $18136,137\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.145kg

2.26 Pin



2.26.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: 3

Mit Materialkosten von €2,04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2,04\text{€/kg} \cdot 0,001\text{kg} = 0,49\text{€}$$

Hier wird mit einem Bauteilgewicht von einem Gramm gerechnet, um realistische Zahlen zu erhalten. Diese stimmen explizit nicht mit der Massenberechnung überein!

Die Fertigung der 4 Pins benötigt 0.5 Stunden in der Drehbank. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$0.5\text{h} \cdot 45\text{€/h} = 22,50\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

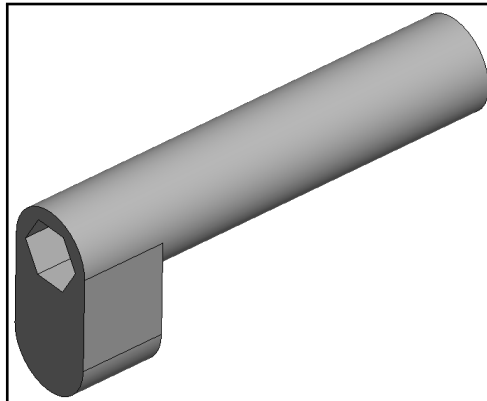
€22,99

2.26.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $16,348\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.000kg bzw. in Gramm: 0,044g

2.27 Sicherungspin



2.27.1 Kostenabschätzung

Kostenfaktor aus R/M: 3

Mit Materialkosten von €2,04/kg und einem Werkstofffaktor von 3 ergibt sich der Gesamtpreis für das Rohmaterial zu:

$$3 \cdot 2,04\text{€/kg} \cdot 0,001\text{kg} = 0,49\text{€}$$

Hier wird mit einem Bauteilgewicht von einem Gramm gerechnet, um realistische Zahlen zu erhalten. Diese stimmen explizit nicht mit der Massenberechnung überein!

Für die Fertigung des Pins benötigt ein Facharbeiter 3 Stunden. So ergeben sich die Bearbeitungskosten zu:

$$3\text{h} \cdot 30\text{€/h} = 90\text{€}$$

Somit liegen die Gesamtkosten bei:

€90,49

2.27.2 Gewichtsabschätzung

Mit einer Dichte von 2.7kg/m^3 und einem Volumen von $31,961\text{mm}^3$ ergibt sich eine Masse von:

0.000kg bzw. in Gramm: 0,086g