

Abschlussbericht Projektarbeit

Konstruktion eines Maschinentisches für eine Laserstrahlschneidemaschine

von

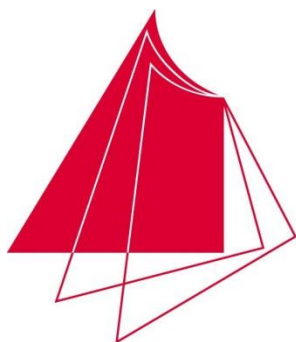
Simeon Rapp
Philip Truckses
Joachim Kies
Nils Wilhelm

Sommersemester 2014

am

IMP Institute of Materials
and Processes

Betreuer: David Sternkopf Dipl.-Ing. (FH)



**Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft**
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Eidesstattliche Erklärung

Dieser Bericht entstand im Rahmen der praktischen Projektarbeit, die in der Studienrichtung Maschinenbau an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe im sechsten Studiensemester vorgesehen ist. Der Bericht stellt das Projektthema, dessen Zielsetzung und die Ergebnisse des Projektes dar.

Hiermit erklären wir, dass die vorliegende schriftliche Arbeit von uns selbständig und ohne Benutzung anderer, als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde.

Simeon Rapp

Philip Truckses

Joachim Kies

Nils Wilhelm

Hiermit bestätige ich, dass ich den Bericht zur Projektarbeit als Betreuer der oben genannten Gruppe im IMP der Hochschule Karlsruhe für Technik und Wirtschaft gelesen und anerkannt habe.

David Sternkopf

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	1
Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	4
Formelverzeichnis.....	5
1 Projektthema	6
2 Projektteam	7
3 Istzustand-Analyse	8
4 Anforderungsliste –Lastenheft/Pflichtenheft.....	9
4.1 Anforderungsliste	9
4.2 Lastenheft	10
4.3 Pflichtenheft	11
5 Konstruktionsansätze	12
5.1 Morphologischer Kasten.....	12
5.2 Variantenauswertung	14
6 Theoretische Ansätze und Voruntersuchungen	15
6.1 Schlackehaftung.....	15
6.2 Absaugleistung.....	19
6.3 Auflageblech - Abstandsbestimmung	21
7 Materialbeschaffung und Bearbeitung	23
7.1 Zukaufteile	23
7.2 Fertigungsteile	23
7.2.1 Wasser- oder Laserstrahlschneiden	23
7.2.2 CNC-Fräsen	24
8 Lasertisch mit Funktionen.....	24
8.1 Anbindung an Maschinengrundtisch, Höhennivellierung und Nullpunkteinstellung	24
8.2 Blechauflage und Spannmöglichkeiten.....	25
8.2.1 Auflagebleche	25
8.2.2 Spannelemente und Anschläge vorne und links	26
8.3 Klemmschlitten.....	27
8.4 Querschlitten.....	28
8.5 Teile-Schlacke-Trennung und Fertigteilentnahme	29
8.6 Absaugung.....	30
9 Kostenkalkulation	31
9.1 Zukaufteile	31
9.2 Fertigungsteile	34

9.2.1	Winkel	34
9.2.2	Schnellspanner	34
9.2.3	Exzenter	34
10	Freigegebene Konstruktion	35
10.1	Module	36
10.1.1	Gestell	36
10.1.2	Ablenklecheinsatz	36
	Kapselung	37
10.1.3	Klemmschlitten	37
10.1.4	Spannelemente & Auflagebleche	38
10.1.5	Niederhalter	38
A	Danksagung	39
B	Literaturverzeichnis	40
C	Abbildungsverzeichnis	41
D	Anhang	42

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung

IMP	Institute of Materials and Processes
Änder.	Änderungsindex
F	Forderung
W	Wunsch
MMS	Modulares Montage System

Formelverzeichnis

Formelzeichen	SI-Einheit	Erläuterung
V	m^3	Volumen
l	m	Länge
b	m	Breite
h	m	Höhe
λ	$W/(m \cdot K)$	Wärmeleitfähigkeit
ρ	kg/dm^3	Dichte
m	kg	Gewicht
I_y	mm^4	Flächenmoment 2. Grades
q	kg/m	Flächenlast
E	N/mm^2	E-Modul
f_m	mm	maximale Durchbiegung in Blechmitte
\dot{V}	m^3/s	Volumenstrom
A	m^2	Querschnittsfläche
c	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
p_{dyn}	N/m^2	dynamischer Druck
d	m	Durchmesser

1 Projektthema

Konstruktion eines Maschinentisches für eine Laserstrahlschneidemaschine

In der Projektarbeit soll ein neuer Maschinentisch zum Aufspannen der zu bearbeitenden Bleche für die Laserstrahlschneidemaschine im Versuchsfeld des Institute of Materials and Processes (IMP) entwickelt und konstruiert werden.

Mit dem neuen Maschinentisch soll der komplette Arbeitsbereich bzw. Verfahrenweg der Maschine nutzbar gemacht werden. Weitere Kernpunkte des zu entwickelnden Tisches sind die Möglichkeit des individuellen Spannens der zu bearbeitenden Bleche und die Einstellbarkeit bzw. Befestigungsmöglichkeit des Tisches auf der Maschinengrundplatte. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf einer einfachen und schnellen Umrüstung zwischen Bearbeitungen großer und kleiner Blechteile.

Unter dem Gesichtspunkt der Sauberkeit am Arbeitsplatz und des möglichst wartungsarmen Betriebens des Maschinentisches, soll großen Wert auf eine leichte Entfernung der Schlacke gelegt werden. Des Weiteren ist die bereits vorhandene Möglichkeit der Absaugung geschickt am neuen Maschinentisch zu adaptieren. Zudem ist ein besonderes Augenmerk auf eine wirtschaftliche und kostenoptimierte Fertigung und Montage schon während der Entwicklung zu legen.

2 Projektteam



Philip Truckses

Studiengang: Maschinenbau

Vertiefungsrichtung: Produktion



Simeon Rapp

Studiengang: Maschinenbau

Vertiefungsrichtung: Produktion



Joachim Kies

Studiengang: Maschinenbau

Vertiefungsrichtung:

Aeronautical Engineering



Nils Wilhelm

Studiengang: Maschinenbau

Vertiefungsrichtung: Produktion

3 Istzustand-Analyse

Zur Einarbeitung in die Projektarbeit wird der vorhandene Maschinentisch der Laserstrahlschneidemaschine analysiert. Hierbei werden Gespräche mit den betreffenden Mitarbeitern des IMP's geführt, damit auf die Bedürfnisse eingegangen werden kann.

Beim Betrachten des Maschinentisches fällt auf, dass der Tisch insgesamt sehr wacklig auf zwei Metallschienen steht. Zudem wird durch zwei Schraubzwingen ein Anschlag hervorgerufen, damit der Tisch ausgerichtet werden kann. Dennoch kann der Maschinentisch leicht nach rechts, links und nach hinten verrückt werden. In der Abbildung 1 werden diese Fehler aufgezeigt. Unter den beiden rechten Tischbeinen ist ein Blech mit ausgeschnittenen Schmetterlingen zu sehen, dieses dient dafür den Maschinentisch waagrecht auszurichten. Beim Schneiden von Blechen fallen die fertigen Blechteile nach unten in eine Abfangschale. Dabei kann es zu Verunreinigungen der Bauteile kommen, da heiße Schlacke vom Laservorgang auf die Bauteile tropfen kann. Zudem kann mit diesem Maschinentisch nicht der komplette Verfahrenweg der Laserstrahlschneidemaschine ausgenutzt werden, da der Laser sonst in den Maschinentisch schneiden würde. Das Spannsystem ist gut gelöst und kann einfach auf die Größe des Bleches verschoben werden, aber bei größeren Blechen müssen einige Spannelemente entfernt werden, da das Blech sonst nicht waagrecht auf dem Maschinentisch aufliegt.



Abbildung 1: vorhandener Maschinentisch [1]

4 Anforderungsliste –Lastenheft/Pflichtenheft

4.1 Anforderungsliste

IMP	Allgemeine Aufgaben ST_Lasertisch_SS14	
Änder.	F W	Anforderung Wunsch
1		Geometrie
1.1	F	Maschinentisch für einen Verfahrweg von 580 mm x 231 mm
1.2	F	Maschinentischhöhe 250 mm – 392 mm
2		Bedienbarkeit
2.1	F	Maschinentisch manuell verschiebbar
2.2	F	Maschinentisch fixierbar
2.3	F	Individuelles Spannen von Blechen
2.4	F	Einfache und schnelle Umrüstung zwischen der Bearbeitung von großen und kleinen Blechen
3		Kosten
3.1	F	Aktuelle Kostenkontrolle vorlegbar
3.2	F	Gesamtkosten für den Maschinentisch und seine Herstellung
4		Umbau
4.1		Die weitere Nutzung der Laserstrahlmaschine soll während dem Einbau/Umbau der Absaugung gewährleistet werden

Tabelle 1: Anforderungsliste [2]

4.2 Lastenheft

Zielbestimmung

Konzeption und Herstellung eines neuen Maschinentisches für die Laserstrahlschneidemaschine im Institute of Materials and Processes (IMP) Abteilung Fertigung und Produktion.

Produkteinsatz

Das Produkt soll im IMP in der Abteilung Fertigung und Produktion eingesetzt werden.

Produktfunktion

- Der Arbeitsbereich und Verfahrenweg des Lasers soll komplett ausgenutzt werden.
- Der Maschinentisch soll manuell verschiebbar sein.
- Der Maschinentisch soll fixierbar sein.
- Ein individuelles Spannen von Blechen soll gewährleistet werden.
- Eine einfache und schnelle Umrüstung zwischen den Bearbeitungen von großen und kleinen Blechen soll ermöglicht werden.

Qualitätsanforderungen

Es wurden keine Angaben zu den Qualitätsanforderungen angegeben.

Herstellungsprozess

- Eine aktuelle Kostenkontrolle soll vorlegbar sein.
- Die Gesamtkosten für den Maschinentisch und seine Herstellung müssen beachtet werden.
- Der Einbau/Umbau der Absaugung soll eine Nutzung während des Umbaus weiterhin gewährleisten können.

4.3 Pflichtenheft

Zielbestimmung

Musskriterien:

- Der Arbeitsbereich und Verfahrenweg des Lasers soll komplett ausgenutzt werden.
- Der Maschinentisch soll manuell verschiebbar sein.
- Der Maschinentisch soll fixierbar sein.
- Ein individuelles Spannen von Blechen soll gewährleistet werden.
- Eine einfache und schnelle Umrüstung zwischen den Bearbeitungen von großen und kleinen Blechen soll ermöglicht werden.

Produkteinsatz

Anwendungsort:

- Das Produkt soll im Institute of Materials and Processes (IMP) in der Abteilung Fertigung und Produktion eingesetzt werden.

Anwender:

- Mitarbeiter des IMP's werden mit dem Produkt arbeiten.

Produktfunktion

- Der Arbeitsbereich und Verfahrenweg des Lasers soll komplett ausgenutzt werden.
- Der Maschinentisch soll manuell verschiebbar sein.
- Der Maschinentisch soll fixierbar sein.
- Ein individuelles Spannen von Blechen soll gewährleistet werden.
- Eine einfache und schnelle Umrüstung zwischen den Bearbeitungen von großen und kleinen Blechen soll ermöglicht werden.

Herstellungsprozess

- Eine aktuelle Kostenkontrolle soll vorlegbar sein.
- Die Gesamtkosten für den Maschinentisch und seine Herstellung müssen beachtet werden.
- Der Einbau/Umbau der Absaugung soll eine Nutzung während des Umbaus weiterhin gewährleisten können.

5 Konstruktionsansätze

5.1 Morphologischer Kasten

Werkstoffauswahl	Stahl ↓	Aluminium	Edelstahl	Kupfer (Auflagebleche)	
Befestigung am Tisch	Schraubenanbindung ↓	Magnet			
Justierung	3 Punkte 2 Schrauben ↓	4 Punkte 3 Schrauben	4 Punkte 4 Schrauben	3 Punkte 3 Schrauben	Spannhülsen
Dimensionierung	Genau der Fahrweg ↓	Kleiner als der Fahrweg	Größer als der Fahrweg ↓		
Auflagesystem	Nur auf dem Rahmen ↓	Eine Führungsschiene	Zwei Führungsschienen ↓	Auflageloch	
Spannsystem	Flügel-schrauben	Federspanner	Kniehebel ↓	Magnet	Schraubzwingen
Schlacke – Teile Trennung	Schlacke Querblasen	Überlappende Dächer/Bleche	Flüssigkeitsbad	Keine	
Teileabtransport und Entnahme	Förderband ↓	Schublade	Auflagebleche	Klappe	Rampe
Anschluss der Absaugung	Schnittpositionsabhängig	Kompletter Maschinentisch	Kompletter Maschinenraum		

Tabelle 2: Morphologischer Kasten [2]

Variante 1: Kostengünstig**(Farbe: rot)**

Der Maschinentisch wird aus Stahlelementen gefertigt, dabei wird er über eine Schraubenanbindung am Maschinenbett befestigt. Für die Justierung des Tisches wird ein drei Punkte Auslagesystem mit zwei Verstellerschrauben verwendet. Die Dimensionierung des Maschinentisches wird genau auf den Verfahrweg des Lasers angepasst, des Weiteren werden die zu schneidenden Bleche direkt auf dem Rahmen des Tisches aufgelegt. Hierbei wird das Blech mit Flügelschrauben verspannt. Eine extra Trennung der Schlacke von den gelaserten Bauteilen ist nicht vorgesehen, die Bauteile werden lediglich über eine Rampe zur Entnahme geführt. Die Absaugung der Laserdämpfe erfolgt über den gesamten Maschinenraum.

Variante 2: Technologisch**(Farbe: blau)**

Zur Fertigung des Maschinentisches wird Edelstahl verwendet und die Befestigung am Maschinenbett findet wieder mittels einer Schraubenverbindung statt. Für die Justierung des Tisches wird ein vier Punkte Auflagesystem mit 4 Verstellerschrauben verwendet. Die Dimensionierung des Maschinentisches wird größer als der Verfahrweg des Lasers ausgelegt. Über zwei Führungsschienen können die zu schneidenden Bleche aufgelegt und mit Kniehebeln fest mit dem Tisch verspannt werden. Eine Trennung der gefertigten Bauteile und der Schlacke erfolgt über ein Flüssigkeitsbad, zudem befördert ein Förderband die Blechteile zur Entnahme. Die Absaugung der Schnittdämpfe erfolgt Schnittpositionsabhängig.

Variante 3: Leichtbau**(Farbe: grün)**

Der Maschinentisch wird aus Aluminiumelementen gefertigt auch bei dieser Variante erfolgt die Befestigung auf dem Maschinenbett mit einer Schraubenanbindung. Die Justierung des Tisches wird mit einem drei Punkte Auflagesystem und drei Verstellerschrauben realisiert. Die Dimensionierung des Maschinentisches wird größer als der Verfahrweg des Lasers ausgelegt. Mit Hilfe von Auflageblechen werden die zu schneidenden Bleche auf den Maschinentisch gelegt und mit Federspannern verspannt. Überlappende Bleche sollen eine Trennung von Schlacke und gelaserten Bauteilen verwirklichen. Für die Entnahme der Blechteile wird eine Klappe verwendet in die hineingegriffen werden kann. Die Absaugung der Laserdämpfe findet unter dem kompletten Maschinentisch statt.

5.2 Variantenauswertung

Variante	Pro	Contra
Kostengünstig	<ul style="list-style-type: none"> • Günstigste Variante 	<ul style="list-style-type: none"> • Auflagesystem • Schlacke – Teile - Trennung • Absaugung
Technologisch	<ul style="list-style-type: none"> • Schlacke – Teile - Trennung • Teileabtransport / Entnahme • Absaugung 	<ul style="list-style-type: none"> • Gewicht • Preis
Leichtbau	<ul style="list-style-type: none"> • Gewicht • Justierung • Auflagesystem • Preis 	<ul style="list-style-type: none"> • Schlacke – Teile – Trennung • Teileabtransport / Entnahme

Tabelle 3: Variantenauswertung des Morphologischen Kastens [2]

Fazit:

Die kostengünstige Variante benötigt eine Mindestgröße der zu schneidenden Bleche da sie sonst nicht auf dem Maschinentisch aufliegen. Zudem kommt es zur Verschmutzung der fertigen Blechteile durch herabfallende Schlacke. Aus diesen Gründen haben wir uns gegen diese Variante entschieden.

Die technologische Variante ist für den Werkstattbetrieb mit den gegebenen Bedingungen nicht geeignet. Das Trennungs- und Entnahmesystem führt zu einer erheblichen Gewichtszunahme, dadurch ist der einfache Ein- und Ausbau des Maschinentisches nicht gewährleistet. Des Weiteren ist es sehr kompliziert eine schnittbezogene Absaugung bei den geringen Abmaßen zu verwirklichen.

Wir haben uns für die Leichtbauvariante entschieden, diese ist im Gesamten am besten für unsere Anforderungen geeignet.

6 Theoretische Ansätze und Voruntersuchungen

6.1 Schlackehaftung

Das Funktionsprinzip einer Laserstrahlschneidemaschine liegt darin, dass durch die gebündelte Energie des Laserstrahls, Material erst aufgeschmolzen und anschließend durch Gas, das durch eine Düse strömt, aus der Fuge geblasen wird. Das aufgeschmolzene Material wird durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit des Gases in feine glühende Tröpfchen zerstäubt und erstarrt nach kurzer Zeit wieder als Schlacke. In Abbildung 2 ist der Vorgang des Laserstrahlschneidens beim Schneiden von Metall erkennbar.

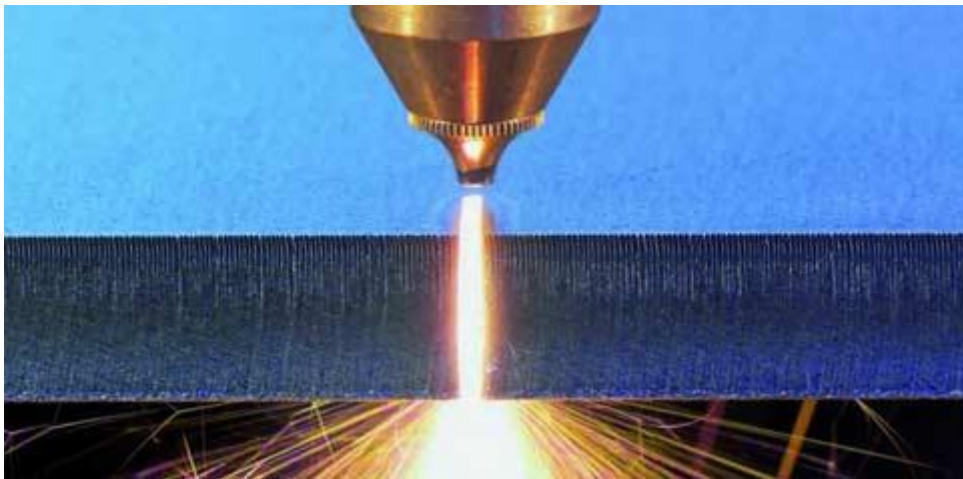


Abbildung 2: Schneiden von Metall mittels eines Laserstrahls [3]

Je nach zu schneidendem Material und der Entfernung des Aufschmelzpunktes bis zum Auftreffen der Schlacke auf umliegenden Materialien, erstarrt die Schlacke entweder bereits in der Flugphase oder erst nach dem Auftreffen. In Abbildung X ist die Maschine mit bisherigem Lasertisch zu erkennen. Die Flugphase der Schmelze ist durch die äußeren Gegebenheiten der Lasermaschine sehr kurz. Dies bedingt, dass die Schmelze großteils erst beim Auftreffen in der bestehenden Auffangschale erstarrt. Eine Problematik hierbei ist, dass die Schlacke an der Schale und vor allem auch an ausgeschnittenen Teilen, welche in dieser liegen, haftet. Die Oberfläche sieht dementsprechend schlecht aus und ist schwer zu reinigen.

Um ein Auftreffen der Schlacke auf Kleinteilen mit optischem Anspruch zu verhindern, sieht die neue Konstruktion Ablenkbleche oberhalb der Fangschale vor. Ziel ist es, die Schmelze durch das Auftreffen auf den Ablenkblechen so weit abzukühlen, dass diese beim Erreichen der Fangschale bereits vollständig erstarrt ist und nicht auf Kleinteilen haften kann. Abbildung 3 zeigt das CAD-Modell des neuen Tisches, bei dem die Anordnung der Ablenkbleche erkennbar ist.

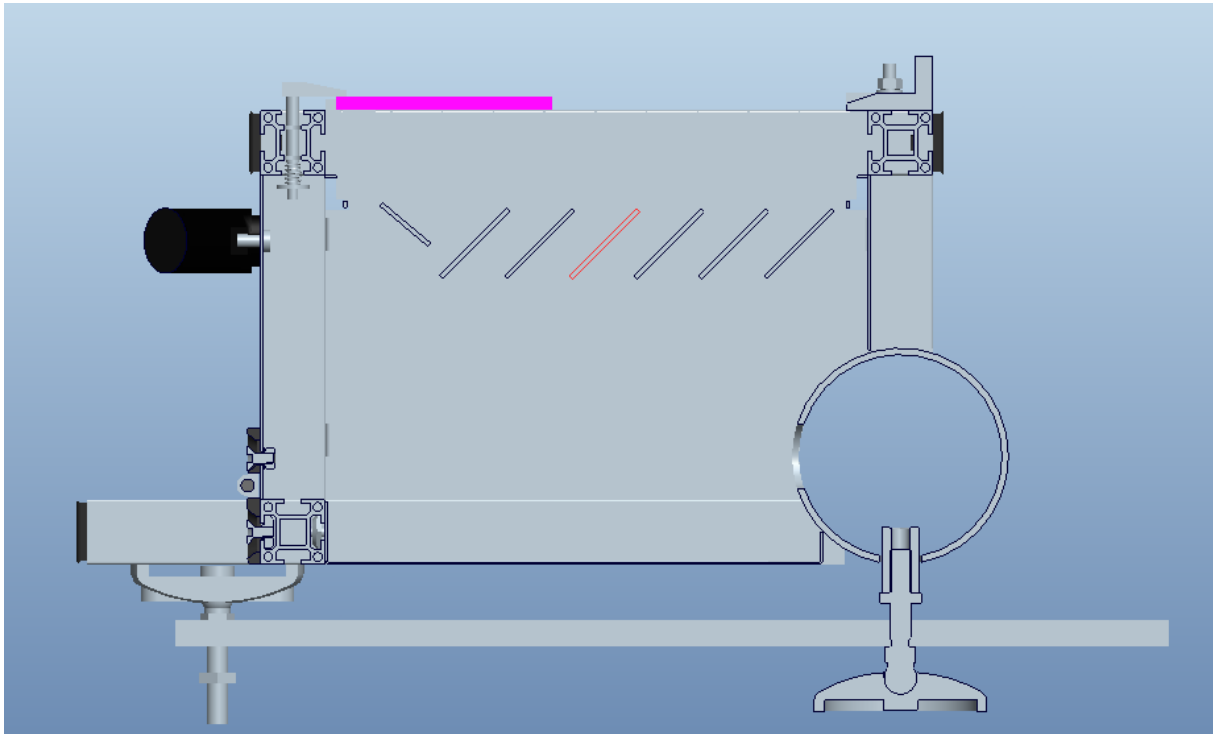


Abbildung 3: CAD-Modellschnitt des Lasertisches mit schräg angeordneten Ablenblechen [1]

Allerdings sollte die Schmelze nicht auf den Ablenblechen anhaften, um die glatte Oberfläche und die damit verbundenen guten Gleiteigenschaften beizubehalten. Aus diesem Grund liegt auf der Materialauswahl dieser Belche ein besonderes Augenmerk.

Bei Betrachtung der vorhandenen Fangschale wurden zwei Theorien bezüglich der Schlackehaftung auf Materialien aufgestellt:

1. Mit zunehmender chemischer Reaktionsfreudigkeit des Materials auf dem die Schlacke auftrifft, nimmt auch die Haftung der Schlacke zu. Dies bedeutet, dass beim Auftreffen der Schmelze, das Blechmaterial teils aufschmilzt und dann eine chemische Reaktion bzw. „Verschweißung“ stattfindet.
→ Bei Zutreffen dieser Theorie ist ein Material zu wählen, welches möglichst reaktionsträge ist und zudem eine relativ hohe Schmelztemperatur besitzt. Ein Edelstahl besitzt beispielsweise diese Eigenschaften.
2. Bei zunehmender Wärmeleitfähigkeit des Materials auf dem die Schlacke auftrifft, nimmt die Haftung der Schlacke ab. Bei einer hohen Wärmeleitfähigkeit, kann die Wärmeenergie mit hoher Geschwindigkeit aus der Schmelze in das Blech geleitet und dort verteilt werden. Dies führt dazu, dass es zu einem schnellen Erstarren der Schmelze kommt und zudem das Aufschmelzen des Bleches verhindert wird.
→ Bei Zutreffen dieser Theorie, ist ein Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit zu wählen. Aluminium und Kupfer wären beispielsweise hierfür geeignet.

Stoff	Schmelztemperatur bei 1,013 bar in °C	Wärmeleitfähigkeit bei 20°C λ Einheit: W/(m*K)	Grund für die Auswahl
Stahl, unlegiert	≈1500	48...58	Günstiger Preis
Edelstahl	≈1500	14	Sehr reaktionsträge, hohe Schmelztemperatur
Aluminium	659	204	Mittlere Wärmeleitfähigkeit, oxidationsbeständig
Kupfer	1083	384	Hohe Wärmeleitfähigkeit

Tabelle 4: Vergleich ausgewählter Materialeigenschaften [4]

Zur Überprüfung der verschiedenen Theorien wurden auf der Laserstrahlschneidemaschine Haftungsversuche durchgeführt.

In Tabelle 4 sind die in Frage kommende Materialien aufgeführt, welche als Blechproben der Stärke 1,5 mm in der Fangschale des bestehenden Lasertisches positioniert wurden (s. Abbildung 4).

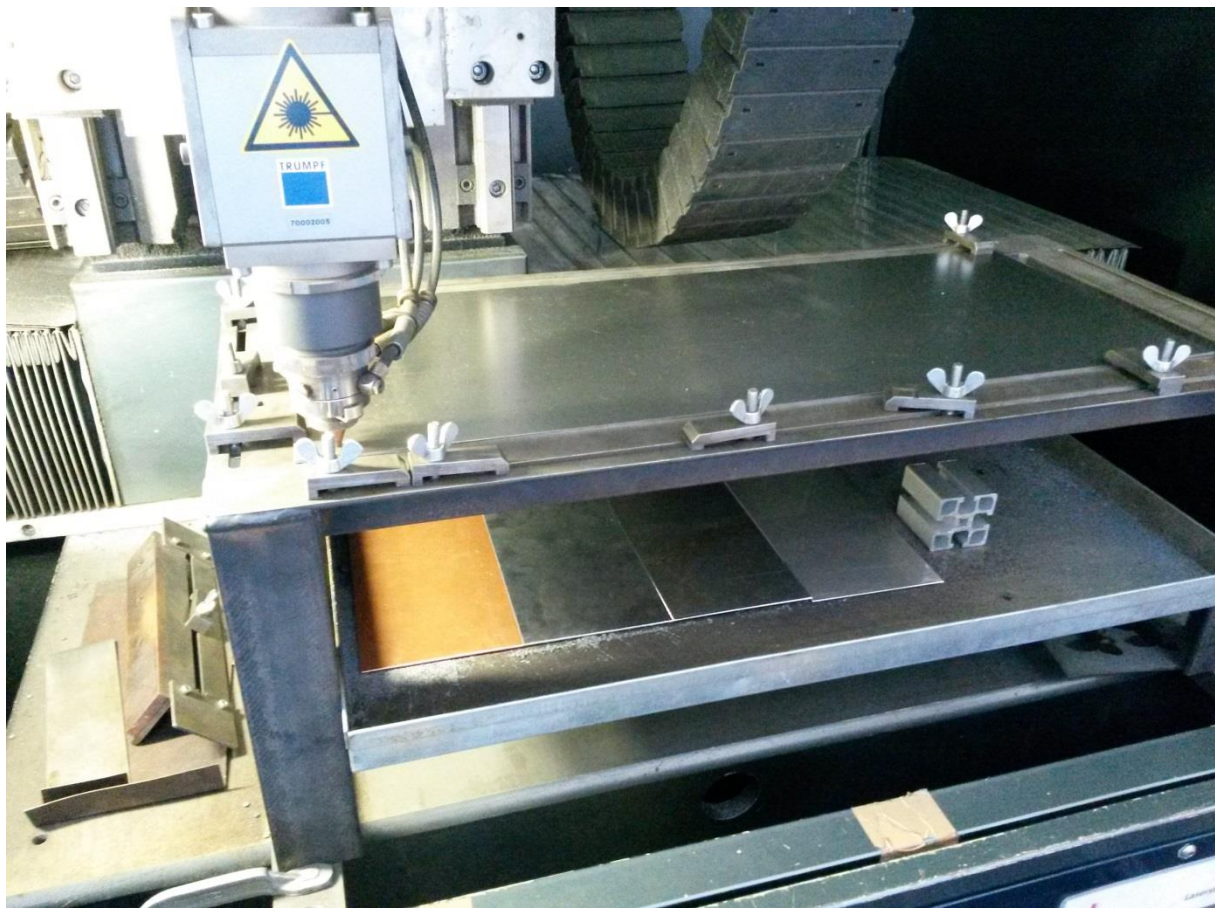


Abbildung 4: Anordnung der Blechproben in der Fangschale des vorhandenen Lasertisches [1]

Anschließend wurde aus einem 2 mm dicken Stahlblech eine Rechteckspirale herausgelasert um genügend Schlacke zu erzeugen. Der Abstand zwischen der Schneidebene und der Fangschale wurde möglichst gering gehalten um ein Auftreffen der Schmelze auf den Probeblechen bei noch möglichst hohen Temperaturen zu erzielen.



Abbildung 5: Sicht von oben durch das herausgelaserte Rechteck [1]

In Abbildung 5 ist das Ergebnis nach Herauslasern des Rechtecks von oben aufgenommen. Schon hier ist ein deutlicher Unterschied in der Schlackehaftung der verschiedenen Materialien zu sehen. Eine Detailbetrachtung mit Materialzuordnung in Abbildung 8 und der zugehörigen Tabelle 5 zeigt, dass sich die zweite Theorie bestätigt hat:

Stoff	Schlackehaftung	Aufwand der zur Entfernung der Schlacke	Thermische Schädigung des Blechmaterials	Für Einsatz geeignet
Stahl, unlegiert	mittel	hoch, Abkratzen mit Stahlbürste	Dunkle Verfärbung , raue Oberfläche vor und nach Reinigung	nein
Edelstahl	stark	Sehr hoch, intensives Abbürsten	Verfärbung , raue Oberfläche vor und nach Reinigung	nein
Aluminium	schwach bis mittel	Mittel, leichtes abbürsten	Leicht raue Oberfläche nach Reinigung	nein
Kupfer	schwach	Gering, Abfegen	-	ja

Tabelle 5: Auswertung des Schlackehaftungsversuch [2]



Abbildung 6: Detailansicht der anhaftenden Schlacke auf den Probeblechen [1]

Aufgrund der Erkenntnisse wurde für die Ablenkbleche Kupfer ausgewählt. Ebenso sind die Auflagebleche, auf denen die zu bearbeitenden Blechzuschnitte abgelegt werden, aus Kupfer.

6.2 Absaugleistung

Eine weitere Anforderung an den Maschinentisch der Laserstrahlmaschine ist die Integration einer Absaugung. Hierfür kann die im Maschinenraum eingebaute Absauganlage verwendet werden. Damit die beim Laserschneiden entstehenden Dämpfe direkt abgesaugt werden, wird der Maschinentisch von allen Seiten verschlossen und mit einem Rohr an der Unterseite versehen. Dieses hat eingefräste Langlöcher, damit die Dämpfe abgesaugt werden können. Zur Bestimmung des Volumenstroms der im Maschinenraum integrierten Absauganlage werden zwei Messungen vorgenommen. Dabei wird mit einem Pitot-Rohr der dynamische Druck einmal direkt an der Absaugung gemessen und einmal am Ende von zwei Verlängerungen die zur Anbringung am Maschinentisch benötigt werden.

Allgemeine Gleichungen:

$$\text{Dynamischer Druck: } p_{dyn} = \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ [5]} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 * p_{dyn}}{\rho}}$$

$$\text{Volumenstrom: } \dot{V} = c * A$$

$$\text{Querschnittsfläche: } A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Allgemeine Werte:

$$d = 0,1m \quad \rightarrow \quad A = 7,85 * 10^{-3} m^2$$

$$\rho = 1,225 \frac{kg}{m^3}$$

Volumenstrom direkt an der Absauganlage

$$\text{Geg.: } p_{dyn} = 31,4 \frac{N}{m^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 31,4 \frac{N}{m^2}}{1,225 \frac{kg}{m^3}}} = 7,16 \frac{m}{s} = c$$

$$\dot{V} = 7,16 \frac{m}{s} * 7,85 * 10^{-3} m^2 = 0,0562 \frac{m^3}{s}$$

Volumenstrom am Maschinentisch

$$\text{Geg.: } p_{dyn} = 23,7 \frac{N}{m^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 23,7 \frac{N}{m^2}}{1,225 \frac{kg}{m^3}}} = 6,22 \frac{m}{s} = c$$

$$\dot{V} = 6,22 \frac{m}{s} * 7,85 * 10^{-3} m^2 = 0,0488 \frac{m^3}{s}$$

Der Druckverlust entsteht durch die Anbringung der Absaugschläuche.

6.3 Auflageblech - Abstandsbestimmung

Als Spannmöglichkeit für Bleche im Rahmen des Tisches sind federbeanspruchte Spannelemente vorgesehen, welche die zu bearbeitenden Metallbleche auf die Auflagebleche drücken und so ein Verrutschen und Durchbiegen verhindern. Um einen sinnvollen Abstand der Auflagebleche zu bestimmen, damit nicht unnötig viele Bleche hergestellt werden, aber auch ein Durchhängen bei zu großem Abstand zu verhindern, wurde die Durchbiegung der zu schneidenden Teile aufgrund des Eigengewichts überschlägig berechnet.

Dazu wurde vereinfachend die Biegelinie nach der Festigkeitslehre von Dubbel herangezogen (vgl. Abbildung 7).

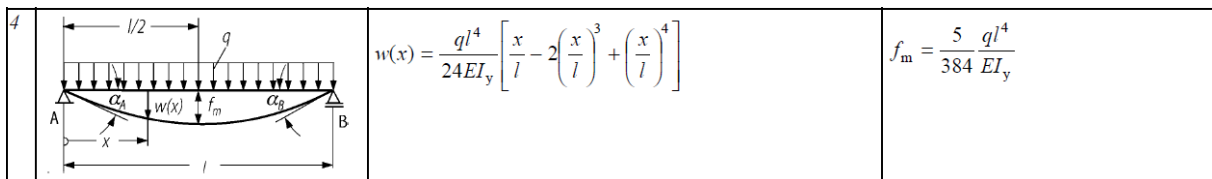


Abbildung 7: Biegelinie eines Balkens unter Flächenlast [5]

Weitere zur Berechnung erforderliche Gleichungen:

Volumen des Bleches: $V = l * b * h$

Gewicht des Bleches: $m = V * \rho$

Flächenlast: $q = \frac{m}{l}$

Flächenträgheitsmoment: $I_y = \frac{b * h^3}{12}$ [6]

E-Modul bei Standardstahl: $E = 210000 \frac{N}{mm^2}$ [7]

Als Dichte für Stahl wurde $\rho = 0,00785 \frac{kg}{mm^3}$ [4] angenommen.

Nach Überführung der hier genannten Gleichungen in die Gleichung 4 aus Tabelle 5a eingesetzt und vereinfacht ergibt für die maximale Durchbiegung in der Blechmitte f_m :

$$f_m = \frac{5}{32} * \frac{\rho * l^4}{E * h^2}$$
 [5]

Die Gleichung besagt, dass die Blechbreite keinen Einfluss auf die Durchbiegung hat, somit sind die Länge und die Dicke des Bleches die einzigen geometrischen Einflussfaktoren. In Tabelle 6 wurde für verschiedene geometrische Verhältnisse, die Durchbiegung nach der oben genannten Gleichung berechnet.

Blechlänge in mm	Blechdicke in mm	Durchbiegung f_m in mm
10	1,5	2,61E-08
50		1,63E-05
100		2,61E-04
150		1,32E-03
200		4,18E-03
50	0,5	1,47E-04
	1	3,67E-05
	1,5	1,63E-05
	2	9,18E-06
	2,5	5,88E-06
	3	4,08E-06

Tabelle 6: Durchbiegung von Blechen in Abhängigkeit von Länge und Dicke [2]

Die Berechnung bestätigt, dass die Durchbiegung der zu bearbeitenden Bleche aufgrund ihres Eigengewichts eine untergeordnete Rolle spielt. Durchbiegungen im Mikrometerbereich haben für die Schneidqualität des Lasers eine verschwindend geringe Auswirkung. Der neue Lasertisch hat einen endgültigen Abstand der Auflegebleche von 30 mm. Dieser relativ kurze Abstand ist allerdings durch die Vorgabe, dass nur sehr kleine Teile durch die Auflegebleche fallen dürfen bedingt.

7 Materialbeschaffung und Bearbeitung

7.1 Zukaufteile

Eine Anforderung an das Projekt war eine möglichst kostengünstige Fertigung des Lasertisches. Aufgrund dessen wurde bei der Entwicklung darauf geachtet, möglichst viele Normteile zu verwenden. Dadurch werden erhöhte Kosten die durch die Eigenfertigung entstehen können eingespart.

Alle Schrauben und Kleinteile, die zum Zusammenbau des Maschinentisches benötigt werden, kommen von der Firma Schraubenjäger (siehe 9.1 Zukaufteile). Wir haben die Firma Schraubenjäger ausgewählt, weil das IMP schon mit diesem Lieferant zusammengearbeitet hat.

Der Rahmen des Lasertisches wird aus einem Modularen Montage System (MMS 33) der Firma Kemmler + Riehle erstellt. Kemmler + Riehle bietet das System als Stangenmaterial an und schneidet es auf unsere gewünschten Maße zu. Zur Befestigung des Systems werden die dazugehörigen Kleinteile direkt bei Kemmler + Riehle mitbestellt (siehe 9.1 Zukaufteile).

Die Gelenkfüße zur Anbindung an den Maschinentisch und Höhenivellierung werden von der Firma Norelem geliefert.

7.2 Fertigungsteile

7.2.1 Wasser- oder Laserstrahlschneiden

Folgende Bauteile werden wasser- oder laserstrahlgeschnitten:

Benennung
Blechhaltewinkel_vorne
Blechhaltewinkel_hinten
Auflageblech
Ablenkblechhalter
Ablenkblech
Ablenkblech_vorne
Ablenkblech_hinten
Seitenblech_links
Seitenblech_rechts
Bodenblech
Türe

Tabelle 7: wasser- oder laserstrahlgeschnittene Bauteile [2]

7.2.2 CNC-Fräsen

Folgende Bauteile müssen gefräst werden:

Benennung
MMS33_700mm_vorne_oben
MMS33_311mm_links_oben
Anschlag
Schnellspanner_Spannbacke
Absaugrohr_rund
Querträger_spannen_excenter
Niederhalter
Winkel_Quertraverse
Winkel_Quertraverse_2

Tabelle 8: Bauteile die CNC-gefräst werden [2]

8 Lasertisch mit Funktionen

8.1 Anbindung an Maschinengrundtisch, Höhennivellierung und Nullpunkteinstellung

Da der Lasertisch auf der Maschinengrundplatte zur Einstellung des Nullpunktes befestigt wird und damit der gesamte Arbeitsbereich für jeden Laserschneidvorgang individuell angepasst werden kann, wurde zur Koppelung der beiden vorderen Lagerpunkte auf Stellfüße in Kombination mit einer Adapterplatte zurückgegriffen. Die Adapterplatte (vgl. Abbildung 8) wird auf dem Maschinengrundtisch angeschraubt. In dem Langloch kann der überkopf eingebaute Stellfuß, welcher in Abbildung 9 zu sehen ist, und somit auch der Gesamte Lasertisch in Y-Richtung verschoben werden. Durch die Anschraubung des Stellfußes an den Profalnuten des Lasertisches ist ebenfalls eine

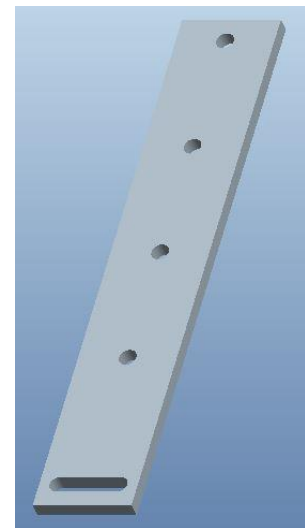


Abbildung 8: Adapterplatte [1]

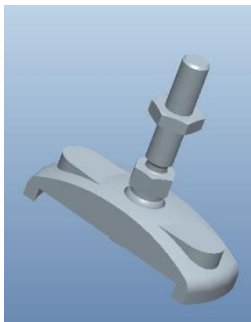


Abbildung 9: Stellfuß [1]

Verschiebung in X-Richtung möglich. Der hinten mittig sitzende Lagerpunkt wurde ebenfalls über einen Stellfuß realisiert. Allerdings wird dieser zur einfachen Entnahme des Lasertisches aus dem Maschinenraum lediglich tischseitig mit dem Absaugrohr verschraubt und auf der Maschinengrundplatte aufgestellt. Um später beste Schneidqualität zu bekommen, muss die Auflagefläche des zu bearbeitenden Bleches exakt parallel zur X-Y-Ebene des Lasers ausgerichtet sein. Diese Ausrichtung

und die Einstellung Tischhöhe geschieht durch die Dreipunktlagerung und das Ein- bzw. Ausschrauben der Gewinde an den Stellfüßen.

8.2 Blechauflage und Spannmöglichkeiten

8.2.1 Auflagebleche

Das plane Auflegen der zu schneidenden Bleche, ohne dass sich größere Bleche durch ihr Eigengewicht durchbiegen, ist eine zentrale Anforderung an den Lasertisch. Realisiert ist diese Anforderung durch zickzackförmige Auflagebleche, die variabel in Abständen von 30 mm eingesetzt bzw. herausgenommen werden können. Für einen verschleißärmeren Einsatz wurde Kupfer mit einer Blechdicke von 2 mm als Material gewählt, da dieses durch seine hohe Wärmeleitfähigkeit nicht so leicht aufgeschmolzen wird, wie Auflagebleche aus Stahl. Die Anordnung der nur teils eingesetzten Auflagebleche ist in Abbildung 10 ersichtlich.

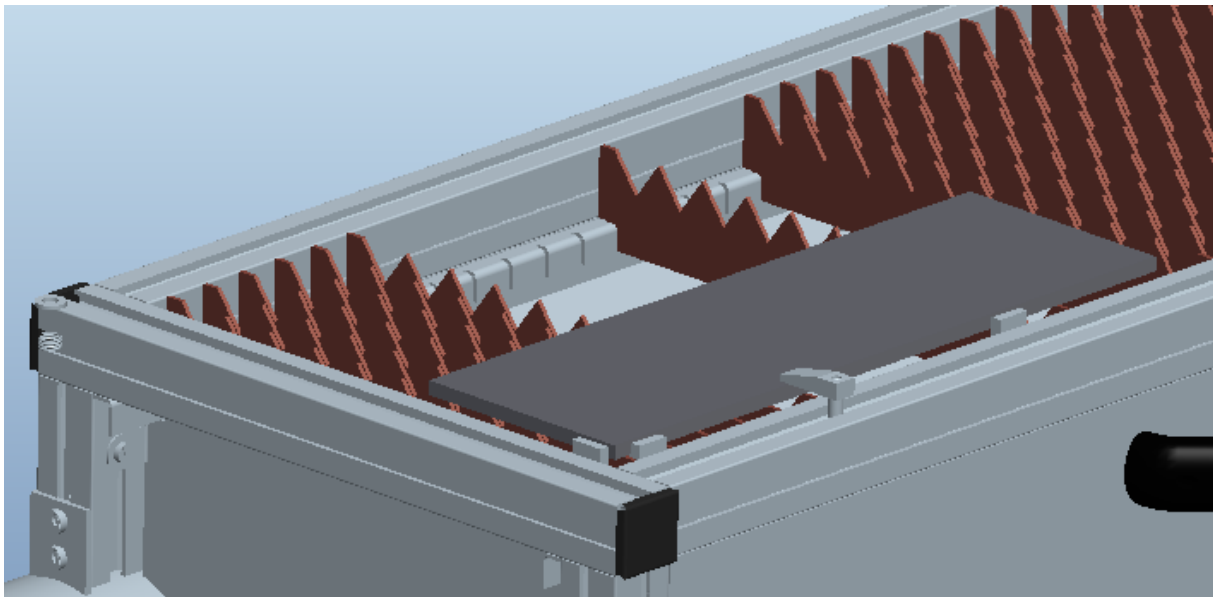


Abbildung 10: Anordnung der teils eingesetzten Auflagebleche im Maschinentisch [1]

8.2.2 Spannelemente und Anschläge vorne und links

Im IMP findet die Laserschneidemaschine häufig Anwendung für mittelgroße Blechteile, die den Arbeitsbereich der Maschine nicht komplett in Anspruch nehmen. Deshalb wurde bezüglich des Spanns von Blechteilen vor allem Wert auf ein einfaches und schnelles Spannen ohne Werkzeuge an der linken und der Vorderseite gelegt, da sich hier der Nullpunkt des Lasers befindet. Abbildung 11 zeigt die zwei Anschläge zur Ausrichtung der Blechteile und ein Spannelement. Die Konzeption der Spannelemente beruht auf einem

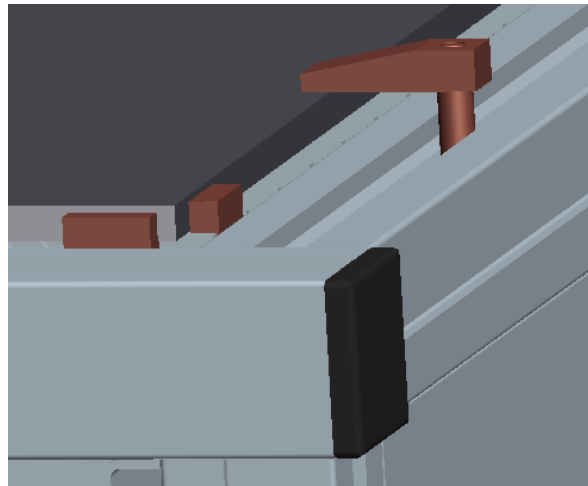


Abbildung 11: Anschläge und federbelastetes Spannelement [1]

federbelasteten Bolzen, der durch ein Langloch in den Profilen bewegt werden kann, und mit einer Spannbacke die Blechteile auf die Auflagebleche drückt. Wenn doch Bleche geschnitten werden sollten, deren Blechhalbzeug größer als der Arbeitsbereich ist, dann ist es nötig dieses Halbzeug komplett eben auf dem Lasertisch ablegen zu können. Aus diesem Grund sind die Spannelemente so konzipiert, dass diese durch ein Drehen um 90° komplett in dafür vorgesehenen Langlöcher in den Profilen versenkt werden können. In Abbildung 12 ist diese Stellung dargestellt.

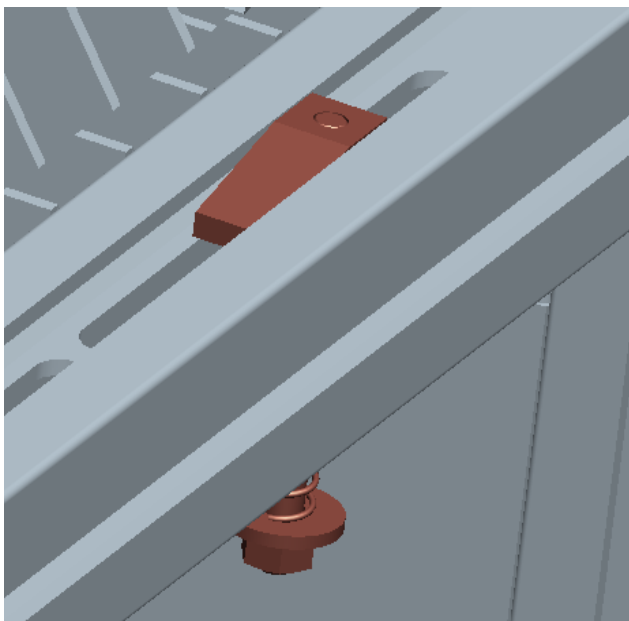


Abbildung 12: Spannelement in Profilen versenkt [1]

8.3 Klemmschlitten

Bei Blechzuschnitten, die deutlich kleiner sind als der Arbeitsbereich des Lasers, kann es bei leicht welligen Blechen zusätzlich nötig sein, diese an der rechten Seite zu spannen. Dies ist durch einen stufenlos verschiebbaren Klemmschlitten realisiert (vgl. Abbildung 13).

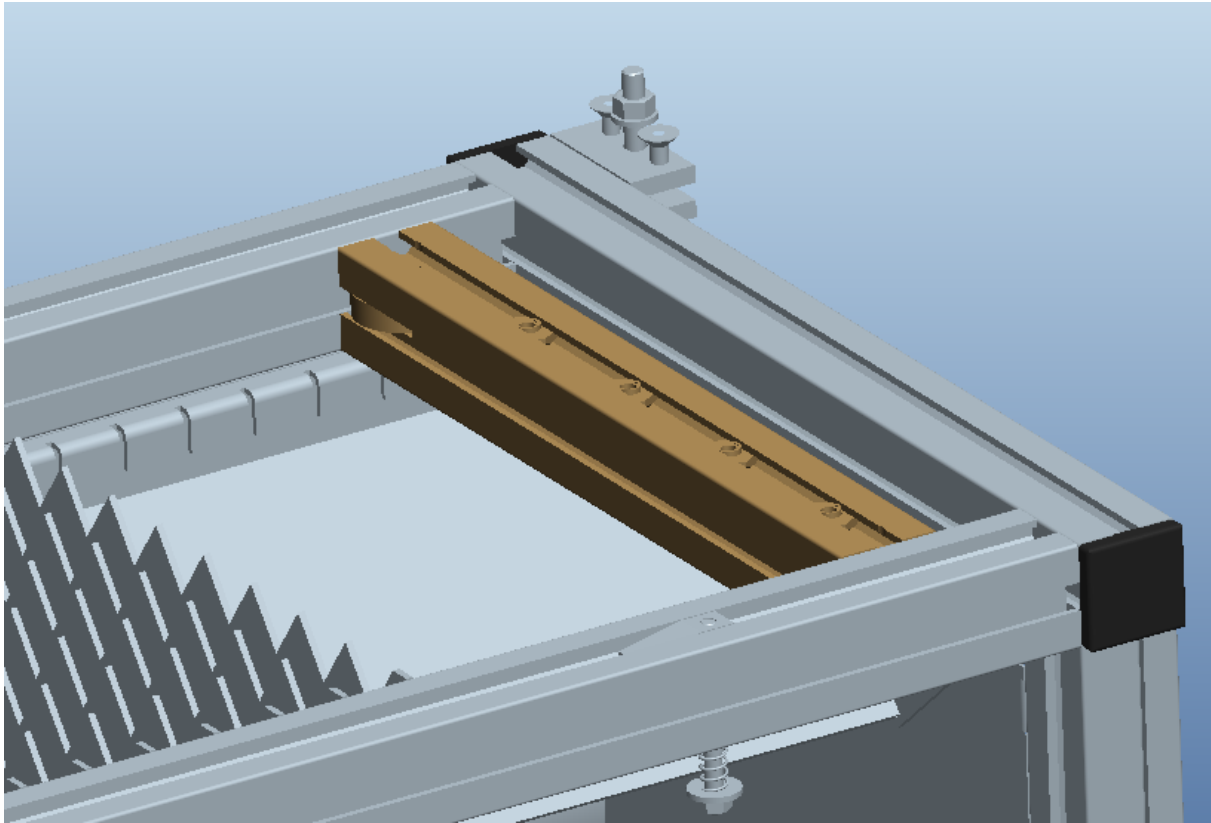


Abbildung 13: Klemmschlitten [1]

In diesen können die Spannbacken des alten Lasertisches bei Bedarf mittels Flügelmuttern eingeschraubt werden. Um eine variable Positionierung des Schlittens zu ermöglichen, ist er

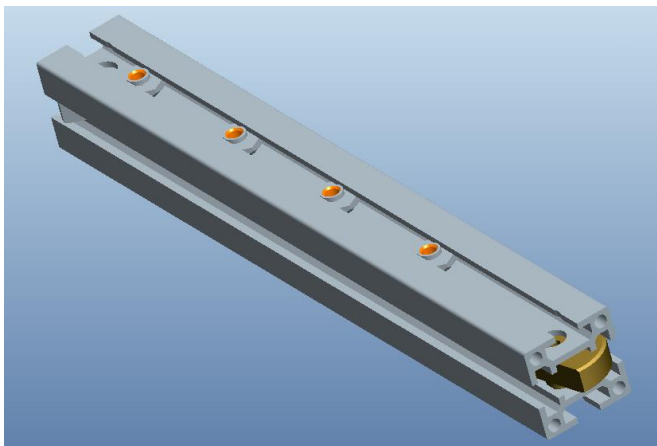


Abbildung 14: Klemmschlitten mit eingefärbter Exzentrerscheibe [1]

in den Fugen der umlaufenden Profile verschiebbar. Die in diesen speziellen Fällen nicht benötigten Auflagebleche werden dafür aus dem Tisch durch einfaches herausziehen entfernt. Zusätzlich kann der Klemmschlitten auch komplett aus dem Tisch herausgenommen werden. Hierfür sorgen die in Abbildung 14 eingefärbten Exzentrerscheiben.

8.4 Querschlitten

Nachdem die linke und die Vorderseite über die federbelasteten Spannelemente und von der rechten Seite aus mittels des Klemmschlittens gespannt wird, verbleibt bei der Forderung nach einem vierseitigen Spannen zuletzt die Rückseite. Hier wird ein Querschlitten mit vielen ausgesparten Spannzähnen verwendet. Abbildung X zeigt, dass die Spannzähne so positioniert sind, dass sie zur Entwicklung einer Spannkraft genau über den Zackenspitzen der Auflagebleche liegen. Auch der Querschlitten ist stufenlos in Y-Richtung verschiebbar, sowie komplett demontierbar, da er in den äußeren Fugen der umlaufenden Profile angebracht ist. Fixiert und gespannt wird er durch einen Fahrradschnellspanner am rechten und linken Ende des Schlittens.

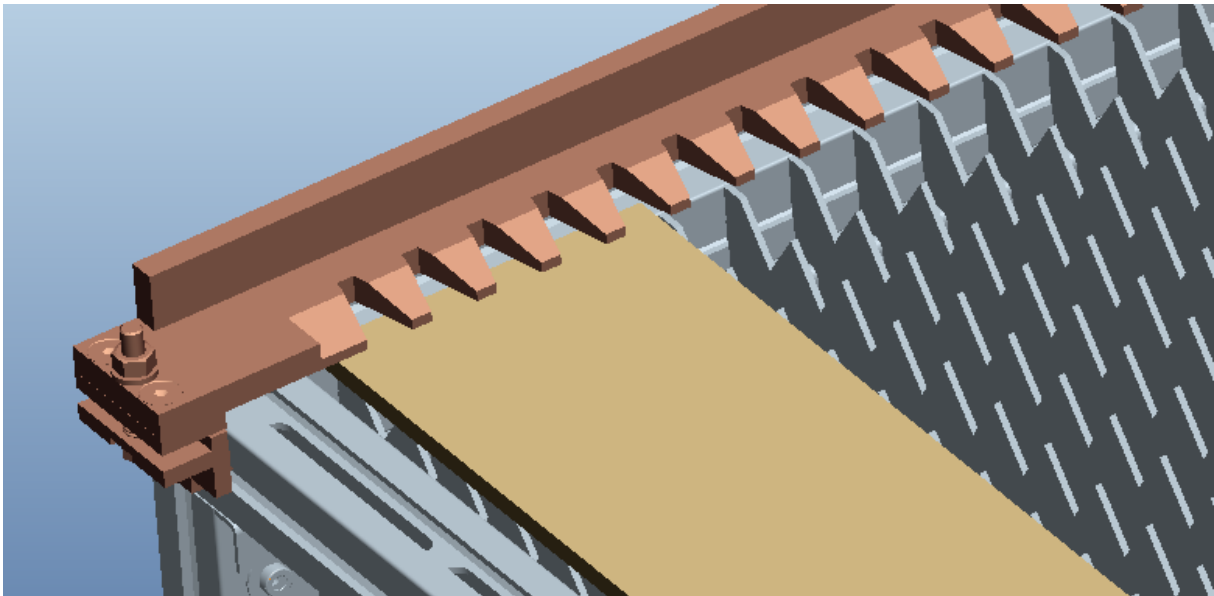


Abbildung 15: Querschlitten [1]

8.5 Teile-Schlacke-Trennung und Fertigteilentnahme

Die Trennung der fertigen Laserteile und der heißen Schlacke, die durch den Laservorgang entsteht, ist eine weitere wichtige Anforderung an den Maschinentisch. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten die Laserteile zu schützen. Zum einen bleiben größere Bauteile auf den Auflageblechen liegen, somit können sie nicht von der heißen Schlacke zerstört werden. Zum anderen fallen kleinere Laserteile nach unten weg. Dabei werden sie durch die in Abbildung 16 gezeigten Ablenkbleche jederzeit nach vorne umgelenkt. Durch diese Umlenkung können die Bauteile einfacher vom Benutzer entnommen werden, indem dieser die Klappe des Lasertisches öffnet. Zudem wird dadurch die Wahrscheinlichkeit verringert, dass größere Bauteile durch die Absaugung angezogen werden. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass kleinere Bauteile von der Absaugung eingesaugt werden. Dies wird durch die Anbringung von Filtern beziehungsweise Gittern vor den Langlöchern verhindert. Mit Hilfe der Ablenkbleche wird auch vermieden, dass die heruntergefallenen Laserteile von der heißen Schlacke getroffen werden. Diese kühlt beim Auftreffen auf die Ablenkbleche so weit herunter, dass die Bauteile nicht mehr beschädigt werden.

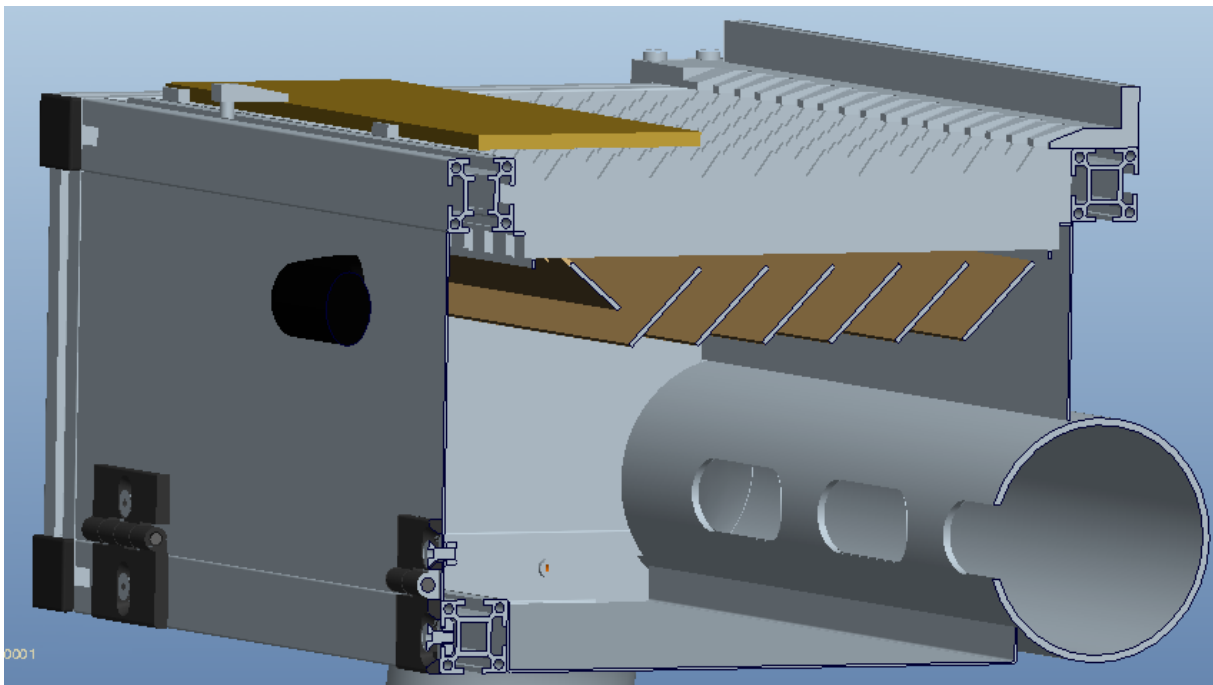


Abbildung 16: CAD-Schnittmodell des Lasertisches mit eingefärbten Ablenkblechen [1]

8.6 Absaugung

Die Absaugung der Schneidedämpfe erfolgt über ein Rohr mit ein gefrästen Langlöchern, das sich am Boden des Lasertisches befindet. Hierfür wird der Lasertisch von allen Seiten mit Blechen verschlossen, damit eine optimale Absaugung erfolgen kann. Die im Maschinenraum der Lasermaschine integrierte Absaugung wird über zwei Schläuche mit dem Lasertisch verbunden. Die Schläuche werden mit Schraubschellen jeweils rechts und links vom Lasertisch angeschlossen. In der Abbildung 17 werden die Schläuche zur Verdeutlichung weiß dargestellt

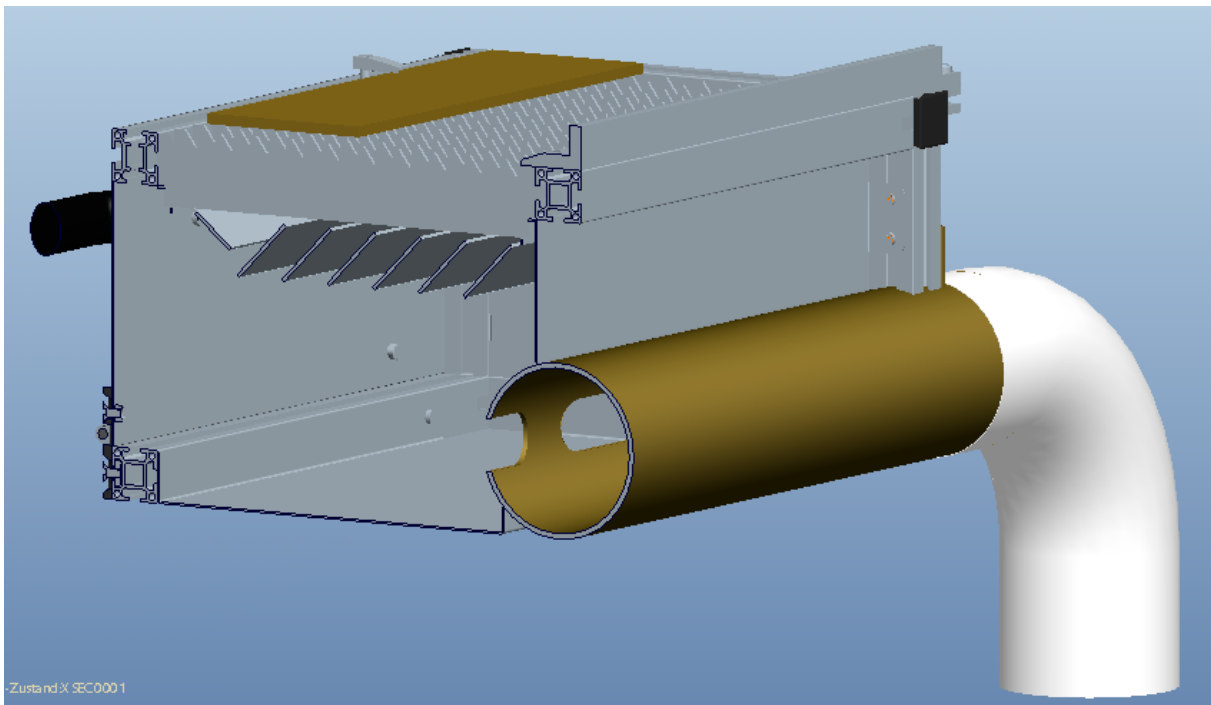


Abbildung 17: Schnitt des CAD-Modells mit bräunlich eingefärbtem Absaugrohr und weiß dargestelltem Absaugschlauch [1]

9 Kostenkalkulation

9.1 Zukaufteile

Lieferant: Schraubenjäger

Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
DIN 9021 Unterlegscheibe groß, Stahl, verzinkt 5,3	13	0,15 €	2,00 €
DIN 125 Unterlegscheibe, Stahl, verzinkt A6,4	12	0,17 €	2,00 €
DIN 466 Rändelmutter hohe Form, .5, verzinkt M5	10	0,53 €	5,30 €
DIN 912 Zylinderschraube mit I-6kt, 8.8, verzinkt 5X10	20	0,10 €	2,00 €
DIN 912 Zylinderschraube mit I-6kt, 8.8, verzinkt 6X10	8	0,25 €	2,00 €
DIN 912 Zylinderschraube mit I-6kt, 8.8, verzinkt 6X12	6	0,33 €	2,00 €
DIN 934 Sechskantmutter, .8, verzinkt M5	3	0,67 €	2,00 €
DIN 934 Sechskantmutter, .8, verzinkt M6	2	1,00 €	2,00 €
DIN 934 Sechskantmutter, Aluminium M10	1	2,00 €	2,00 €
DIN 976 Gewindestange, 8.8, verzinkt M5	1	2,01 €	2,01 €
DIN 7991 Sechskantschraube mit I-6kt, 8.8, verzinkt 5X12	6	0,33 €	2,00 €
DIN 7991 Sechskantschraube mit I-6kt, 8.8, verzinkt 6X30	2	1,00 €	2,00 €
N0370 Distanzmuffe rund, Stahl, verzinkt 5X30	10	0,42 €	4,21 €
Verpackung	1	6,50 €	6,50 €
Gesamtpreis			38,02 €

Tabelle 9: Zukaufteile von der Firma Schraubenjäger [2]

Lieferant: Kemmler + Riehle

Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
Quadratprofil MMS 33 80mm	2	3,77 €	1,83 €
Quadratprofil MMS 33 150mm	2	8,00 €	3,43 €
Quadratprofil MMS 33 251mm	1	11,43 €	2,86 €
Quadratprofil MMS 33 311mm	2	1,00 €	7,09 €
Quadratprofil MMS 33 330mm	2	0,50 €	7,54 €
Quadratprofil MMS 33 700mm	3	2,78 €	24,00 €
Quadratprofil MMS 33 1000mm	1	0,36 €	11,43 €
Zuschnitt Quadratprofil MMS 33	13	1,00 €	13,00 €
Bohrung für Profilverbinder MMS 33	26	0,50 €	11,61 €
Profilverbinder MMS 33	16	2,78 €	44,48 €
Sechskant-Nutenstein M6 MMS 33	8	0,36 €	2,88 €
Vierkant-Nutenstein M5 MMS 33	23	0,72 €	16,56 €
Profilabdeckung für Nut, MMS 33	9	1,29 €	11,61 €
Abdeckkappe MMS 33	6	0,72 €	4,32 €
Bügelgriff ergonomisch, MMS 44	1	5,51 €	5,51 €
Anschraubscharnier MMS 44	3	8,03 €	24,09 €
Ergebnis			192,24 €

Tabelle 10: Zukaufteile von der Firma Kemmler + Riehle [2]

Lieferant: Norelem

Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
Gewindespindel für Gelenkfüße, M10x45, Stahl	3	1,61 €	4,83 €
Teller für Gelenkfüße aus Kunststoff, D=80mm	3	3,33 €	9,99 €
Mindermengenzuschlag	1	5,00 €	5,00 €
19% Mehrwertsteuer	1	3,77 €	3,77 €
Ergebnis			23,59 €

Tabelle 11: Zukaufteile der Firma Norelem [2]

Lieferant: Sodemann

Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
Druckfedern Edelstahl – Serie A & B C03600420940S	8	7,55 €	60,40 €
Ergebnis			60,40 €

Tabelle 12: Zukaufteile der Firma Sodemann [2]

9.2 Fertigungsteile

9.2.1 Winkel

Damit der Querschlitten mit dem Lasertisch verbunden werden kann, werden zwei Winkel benötigt die von unserem Projektteam entwickelt wurden. Diese müssen mit einer CNC-Fräse aus Vollmaterial herausgefräst werden.

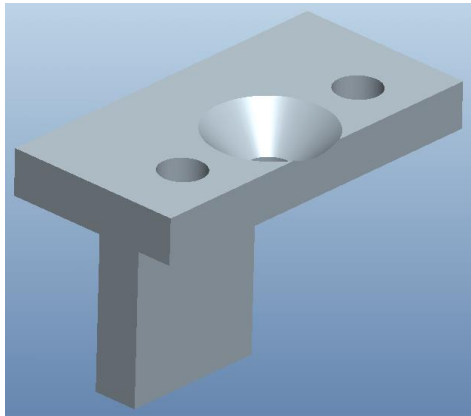


Abbildung 18: Winkel Quertraverse [1]

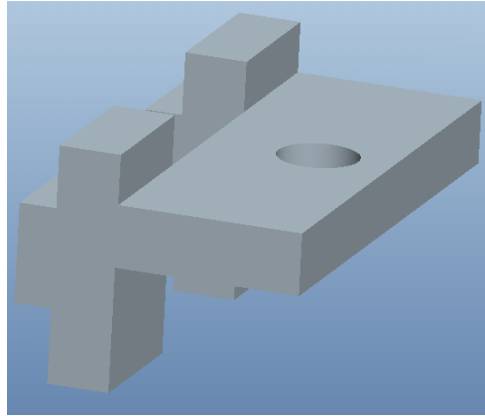


Abbildung 19: Winkel 2 Quertraverse [1]

9.2.2 Schnellspanner

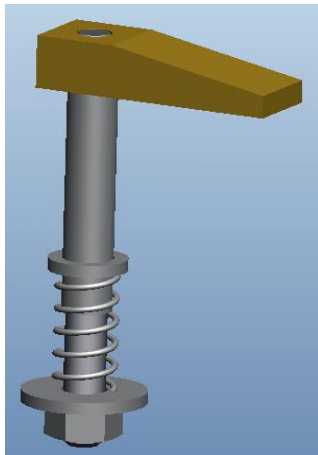


Abbildung 20: Schnellspanner [1]

Bei der Fertigung der Schnellspanner muss lediglich der in Abbildung 20 eingefärbte Spannkopf gefräst werden. Der Rest des Spannmoduls wird durch Zukaufteile zusammengebaut.

9.2.3 Exzenter

Für den einfachen Ein- und Ausbau des Klemmschlittens werden Exzenter scheiben benötigt. Diese werden aus einem Kunststoff herausgefräst und auf einer Seite gerade abgeschnitten, damit der Ein- und Ausbaumechanismus funktioniert.

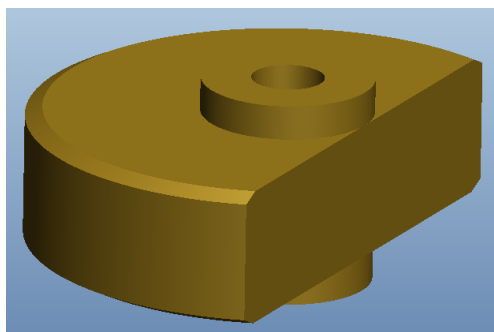


Abbildung 21: Exzenter [1]

10 Freigegebene Konstruktion

Der komplette Lasertisch als CAD-Modell ist in Abbildung 22 zu sehen. Hier ist der Tisch inklusive aller Spannmöglichkeiten, sowie aller Auflagebleche abgebildet. Die zur effizienten Absaugung nötige Blechkapselung und die Türe an der Vorderseite zur Kleinteilentnahme ist ebenfalls zu sehen.

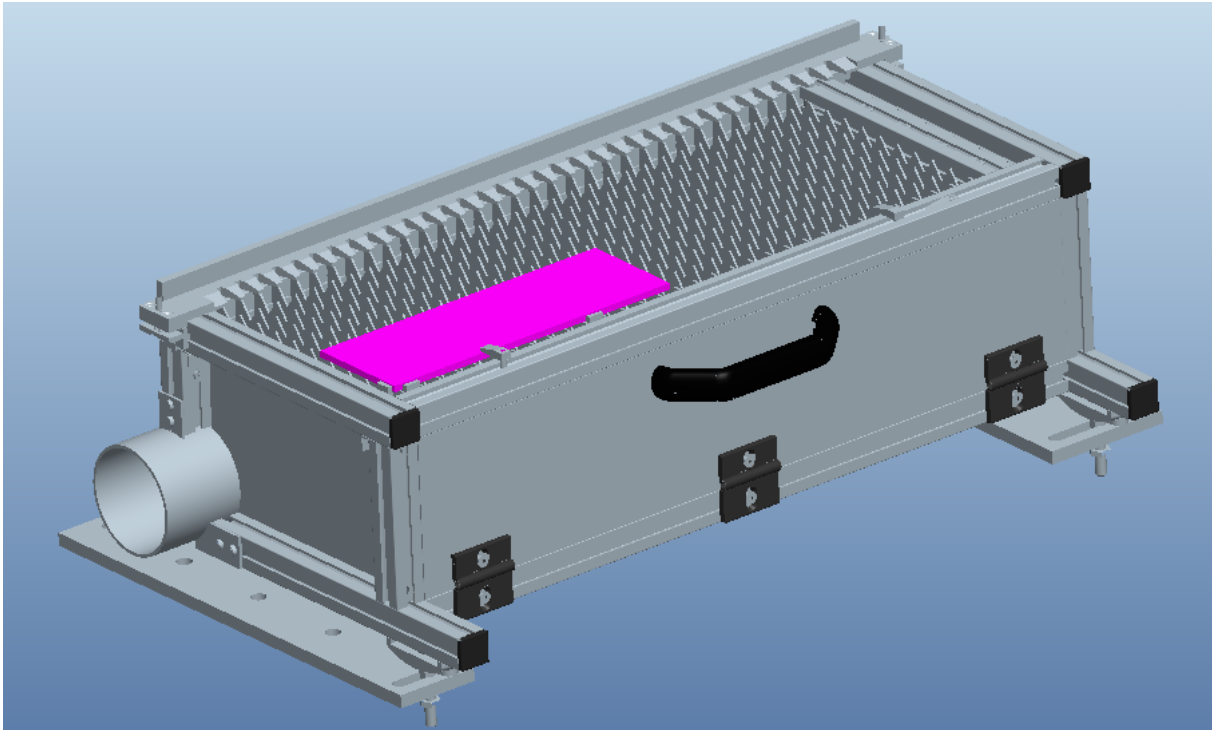


Abbildung 22: Gesamter Lasertisch [1]

10.1 Module

Für einen einfachen Zusammenbau des Lasertisches, wurde der Tisch in sechs Module unterteilt. In den Kapiteln 10.1.1 – 10.1.6 werden diese Module graphisch dargestellt. Auf den genauen Zusammenbau des Lasertisches wird hierbei nicht eingegangen, da sich die dafür benötigte Anleitung im Anhang befindet.

10.1.1 Gestell

Als Grundgerüst für den Lasertisch dient das Rahmengestell, dieses ist in der Abbildung 23 zu erkennen.

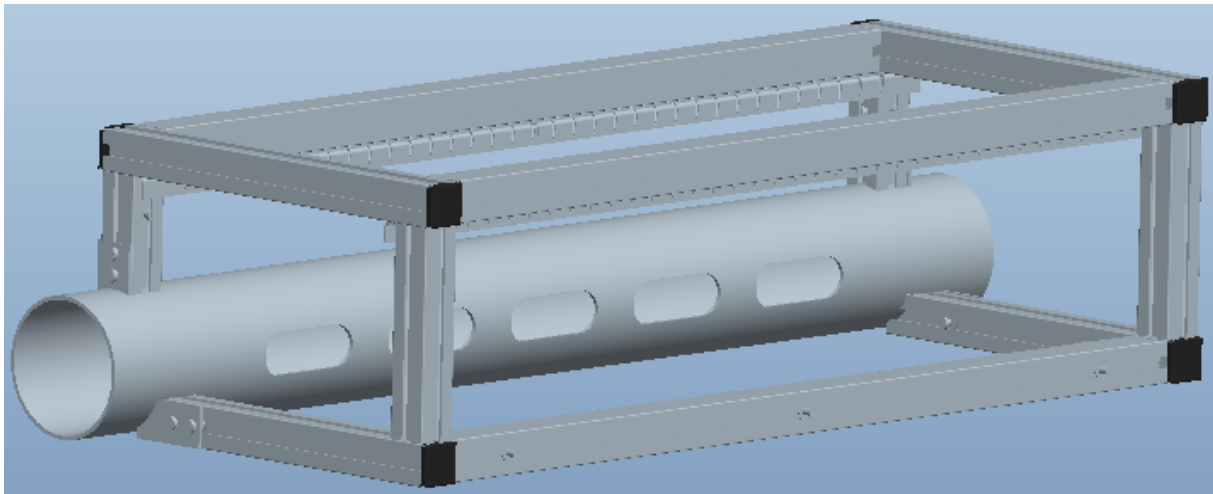


Abbildung 23: Gestell [1]

10.1.2 Ablenkeinsatz

Der für die Schlacke Teile Trennung benötigte Ablenkeinsatz wird in der Abbildung 24 dargestellt.

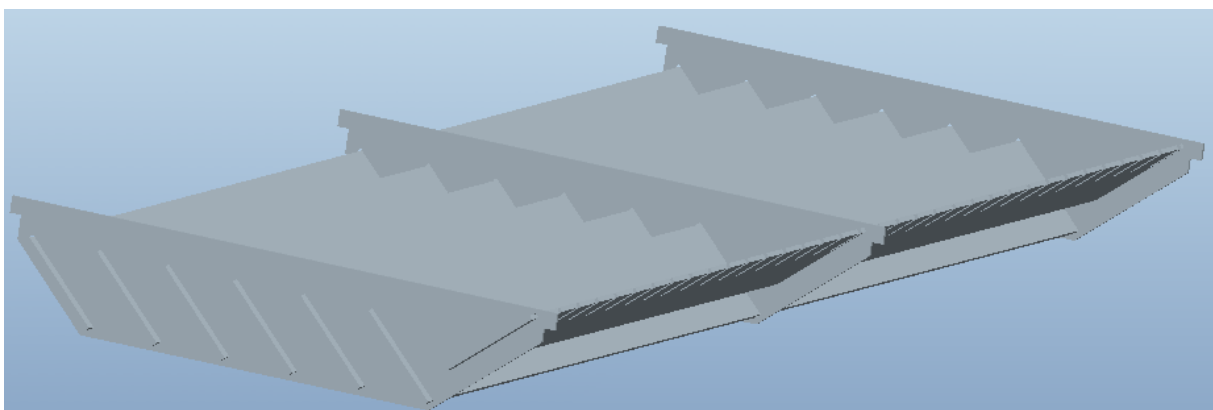


Abbildung 24: Ablenkeinsatz [1]

Kapselung

Für eine optimale Absaugung muss der Lasertisch von allen Seiten verschlossen sein, diese Kapselung ist in der Abbildung 25 zu sehen.

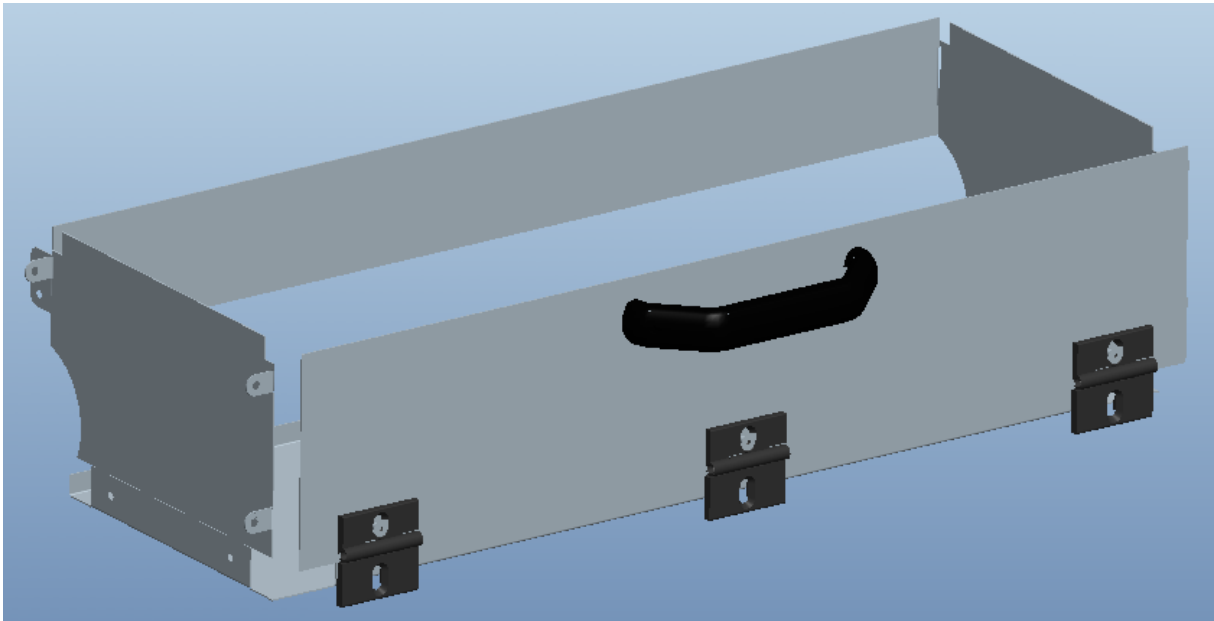


Abbildung 25: Kapselung [1]

10.1.3 Klemmschlitten

Ein weiteres Modul ist der zum Spannen benötigte Klemmschlitten (siehe Abbildung 36).

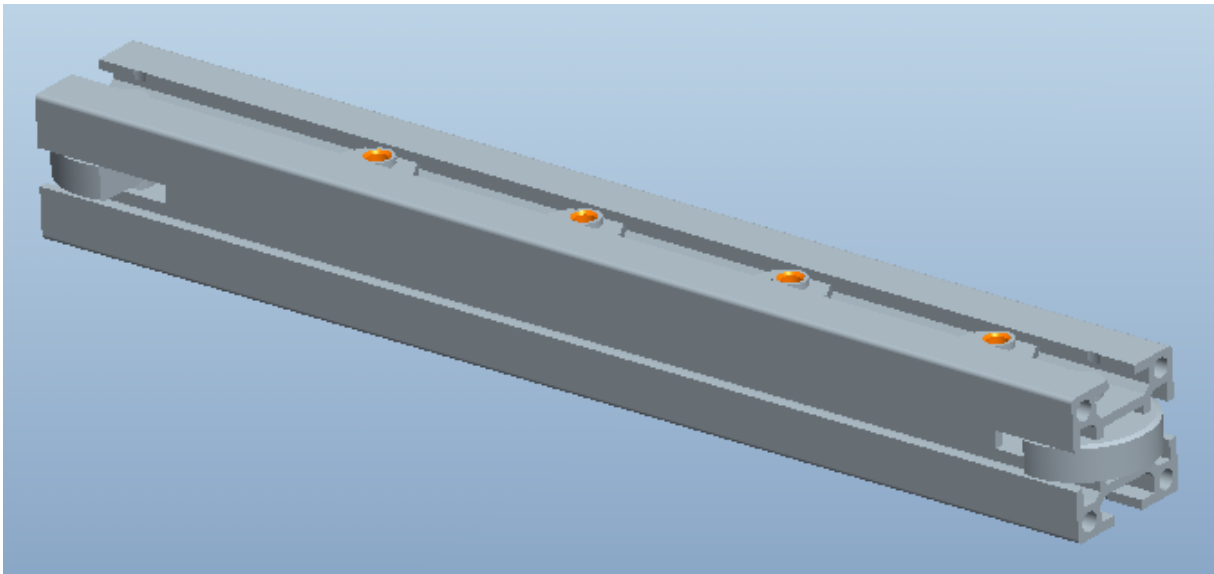


Abbildung 26: Klemmschlitten [1]

10.1.4 Spannelemente & Auflagebleche

Alle losen Kleinteile werden zusammen in einem Modul verbaut wie in Abbildung 27 zu sehen ist.

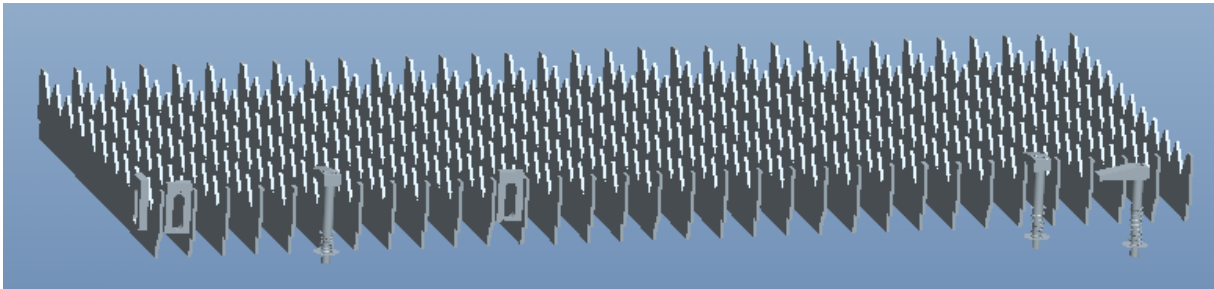


Abbildung 27: Spannelemente und Auflagebleche [1]

10.1.5 Niederhalter

Der in Abbildung 28 dargestellte Niederhalter ist das letzte Modul des Lasertisches.

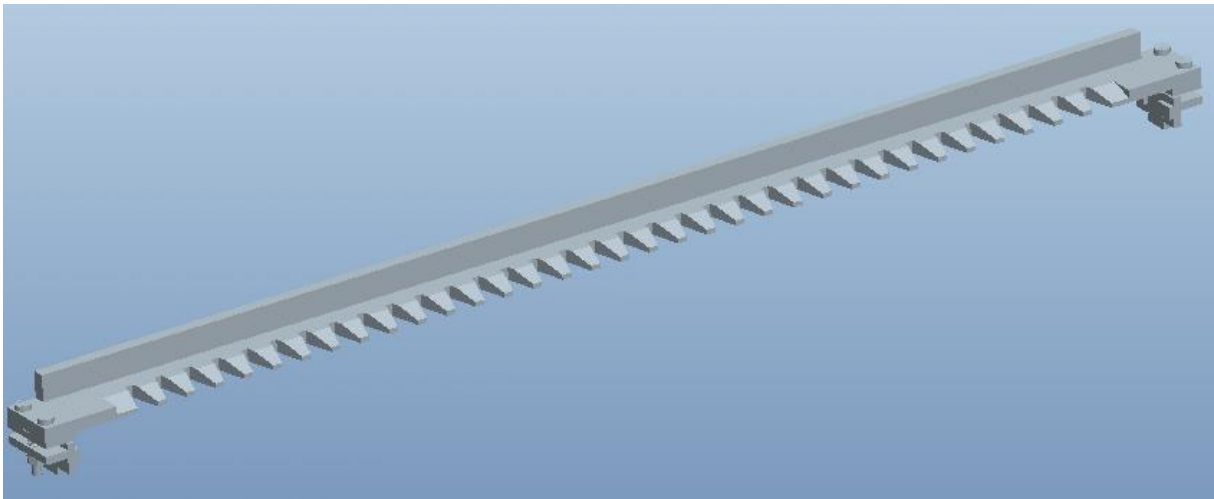


Abbildung 28: Niederhalter [1]

A Danksagung

Hiermit möchten wir uns bei Allen bedanken, die uns bei unserer Projektarbeit unterstützt und begleitet haben.

Unser Dank geht an Dipl.-Ing.(FH) David Sternkopf, dieser stand uns über den gesamten Projektzeitraum im Bereich Produktentwicklung und technologischen Fragen zur Seite. Des Weiteren möchten wir uns bei Dipl.-Ing.(FH) Oliver Brückom für sein Engagement im Bereich Produktbestellung und Prozessablauf bedanken. Ein Dank geht auch an Stefan Schmid für seine Unterstützung im Bereich der reibungslosen Kommunikation zwischen der Entwicklung und der Produktfertigung.

Des Weiteren möchten wir allen Mitarbeitern des Institute of Materials and Processes danken, die uns bei unserer Projektarbeit unterstützt haben.

B Literaturverzeichnis

- [1] *Eigene Aufnahmen*, 2014.
- [2] *Eigene Tabelle*, 2014.
- [3] www.laserschneiden-marktplatz.de, 21 07 2014. [Online]. Available: <http://www.laserschneiden-marktplatz.de/bilder/laserschneiden1.jpg>.
- [4] U. Fischer, „Tabellenbuch Metall,“ Europa Lehrmittel, 2011, pp. 112-113.
- [5] K.-H. Grote und J. Feldhusen, in *DUBBEL Taschenbuch für den Maschinenbau*, 2007.
- [6] Schaeffler KG, „Axiales Flächenmoment 2. Grades,“ in *Technisches Taschenbuch*, 2002, p. 119.
- [7] Schaeffler KG, „Werkstoffkennwerte,“ in *Technisches Taschenbuch*, 2002, p. 111.
- [8] K.-H. u. Feldhusen, „Dubbel,“ in *Taschenbuch für den Maschinenbau 22. Auflage*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2007, p. B 47.

C Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: vorhandener Maschinentisch [1].....	8
Abbildung 2: Schneiden von Metall mittels eines Laserstrahls [3].....	15
Abbildung 3: CAD-Modellschnitt des Lasertisches mit schräg angeordneten Ablenkblechen [1].....	16
Abbildung 4: Anordnung der Blechproben in der Fangschale des vorhandenen Lasertisches [1].....	17
Abbildung 5: Sicht von oben durch das herausgelaserte Rechteck [1].....	18
Abbildung 6: Detailansicht der anhaftenden Schlacke auf den Probeblechen [1].....	19
Abbildung 7: Biegelinie eines Balkens unter Flächenlast [5].....	21
Abbildung 8: Adapterplatte [1].....	24
Abbildung 9: Stellfuß [1].....	24
Abbildung 10: Anordnung der teils eingestzten Auflegebleche im Maschinentisch [1].....	25
Abbildung 11: Anschläge und federbelastetes Spannelement [1].....	26
Abbildung 12: Spannelement in Profilen versenkt [1].....	26
Abbildung 13: Klemmschlitten [1].....	27
Abbildung 14: Klemmschlitten mit eingefärbter Exzentrerscheibe [1].....	27
Abbildung 15: Querschlitten [1].....	28
Abbildung 16: CAD-Schnittmodell des Lasertisches mit eingefärbten Ablenkblechen [1].....	29
Abbildung 17: Schnitt des CAD-Modells mit bräunlich eingefärbtem Absaugrohr und weiß dargestelltem Absaugschlauch [1].....	30
Abbildung 18: Winkel Quertraverse [1].....	34
Abbildung 19: Winkel 2 Quertraverse [1].....	34
Abbildung 20: Schnellspanner [1].....	34
Abbildung 21: Exzenter [1].....	34
Abbildung 22: Gesamter Lasertisch [1].....	35
Abbildung 23: Gestell [1].....	36
Abbildung 24: Ablenkblecheinsatz [1].....	36
Abbildung 25: Kapselung [1].....	37
Abbildung 26: Klemmschlitten [1].....	37
Abbildung 27: Spannelemente und Auflagebleche [1].....	38
Abbildung 28: Niederhalter.....	38

D Anhang

Montageanleitung

Montagestückliste

Modulzeichnungen für die Montage

Fertigungszeichnungen

Montageanleitung

Die folgenden Anweisungen und Hinweise beziehen sich auf die vereinfachten Modulzeichnungen und die Montagelisten im weiteren Anhang. Sie dienen lediglich als Hilfestellung bei Montage und Demontage des Lasertisches und erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, da Kleinteile wie Nutensteine nicht aufgeführt sind.

Der modulare Aufbau des Lasertisches ermöglicht einen schrittweisen Aufbau der fünf größeren Einheiten. Nachfolgend ist die empfohlene Reihenfolge der Montage ausgeführt:

- Baugruppe_1: Es empfiehlt sich die Baugruppe kopfüber auf einer Richtplatte zu montieren, damit später die Planarität der Bearbeitungsebene gegeben ist.
 1. Zusammenschrauben der oberen Profile (7, 8, 9, 43).
 2. Anbringen der vertikalen Profile (5, 10)
 3. Restliche Profile anbringen (6, 7)
 4. Anschrauben des Absaugrohrs(13) mit angeschweißten Haltern (14, 15) und Gewindeverlängerung (16)
 5. Stellfüße (11, 12) anschrauben bzw. einschrauben und Anschläge (2) anbringen
 6. Die Adapter für den Maschinentisch (3, 4) auf Maschinengrundplatte befestigen

- Baugruppe_2:
 1. Anschließend müssen die Blechhaltewinkel (21) an die Profile geschraubt werden
 2. Die Ablenkbleche (18) in die Ablenkblechhalter (17) schieben
 3. Ablenkblechhalter in die Blechhaltewinkel einsetzen
 4. Auflegebleche (19) in die Blechhaltewinkel einsetzen

- Baugruppe_3:
 1. Exzenter (23) in das Profil (24) einsetzen und mit Imbusschrauben befestigen
 2. Profil in den Tisch einsetzen

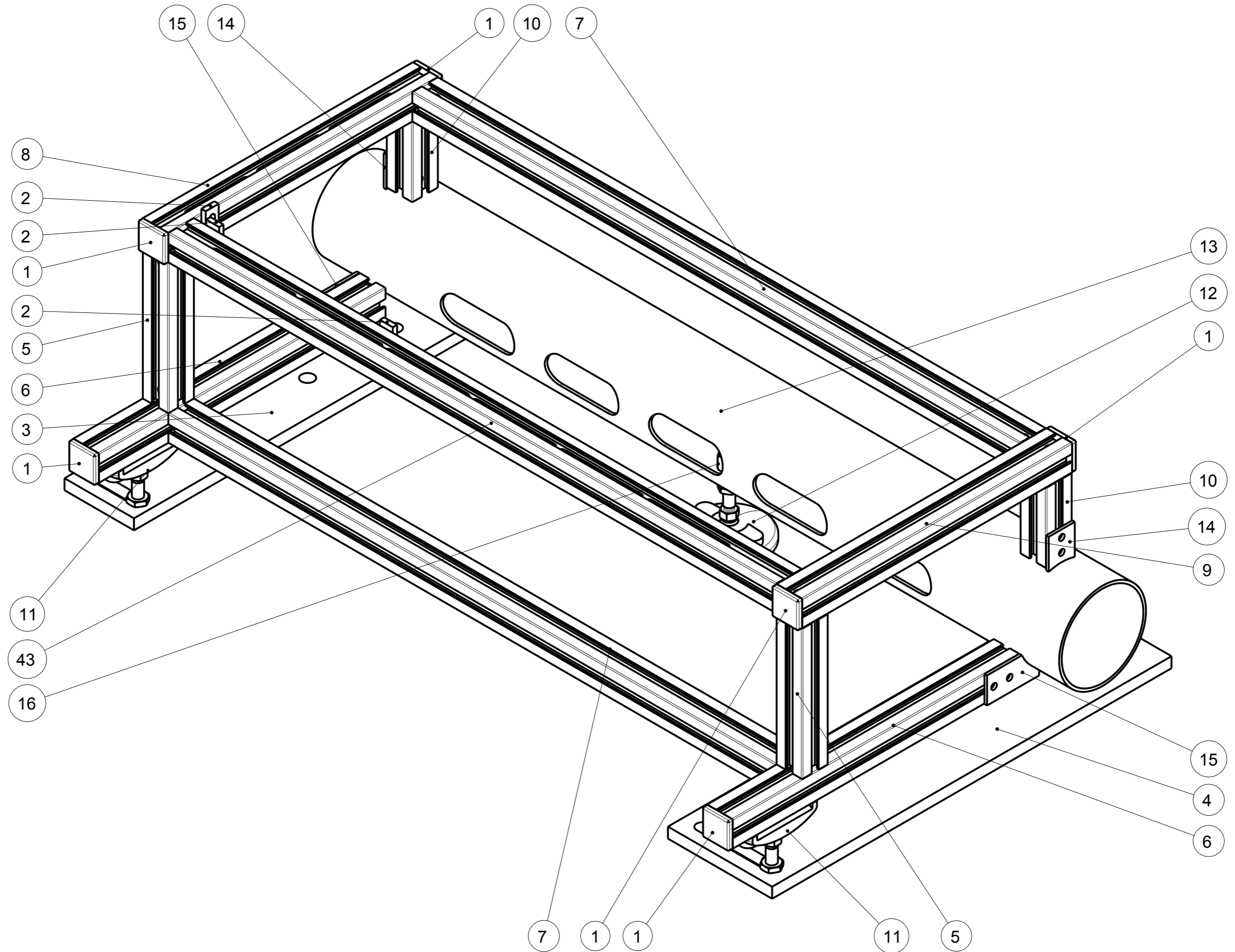
- Baugruppe_4:
 1. Niederhalter (27) und die Winkel (25, 26), mit der Feder (28) zwischen den beiden Winkeln, zusammenschrauben (nur leicht anziehen)
 2. Modul von hinten in die Profile (8, 9) schieben

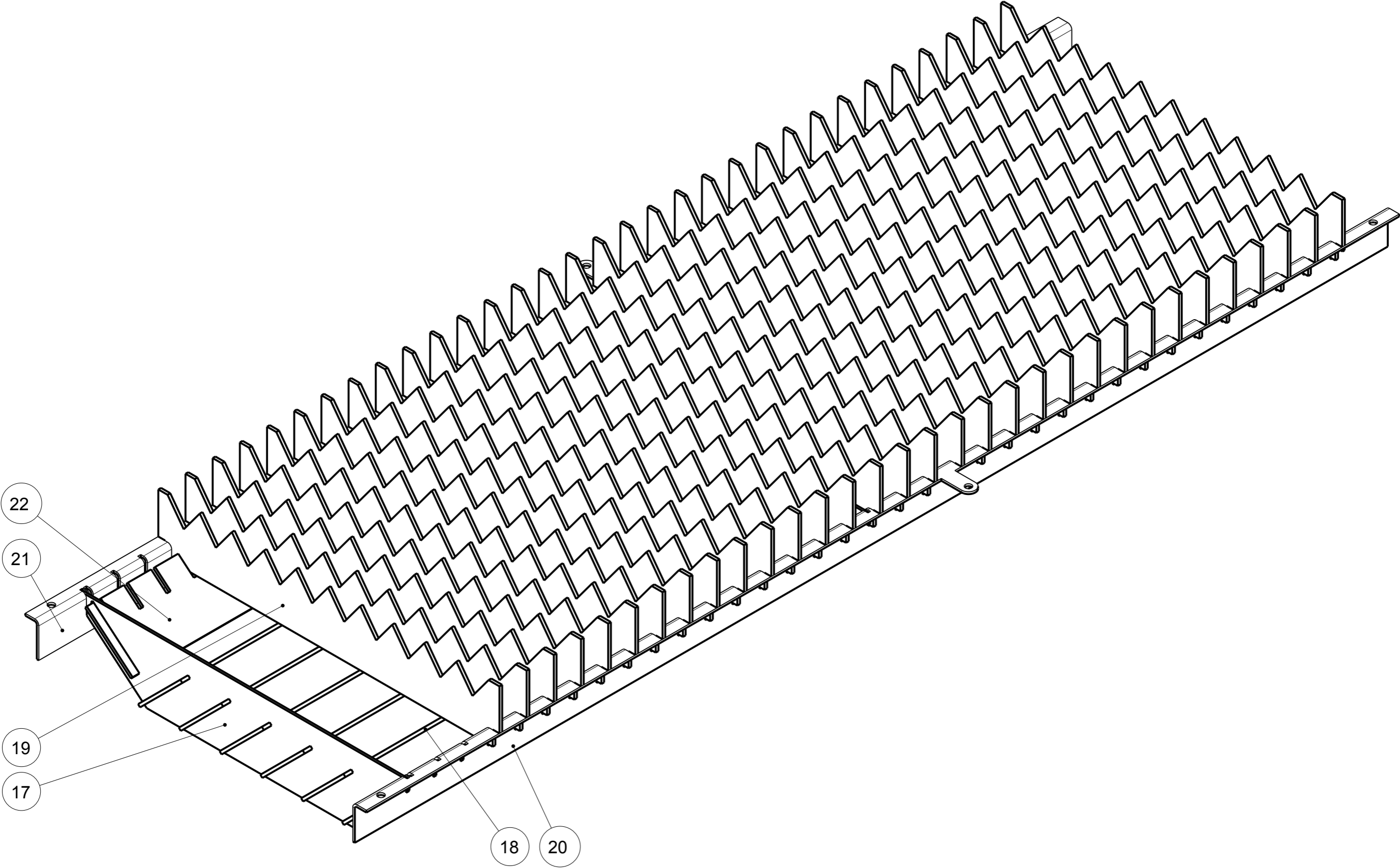
- Baugruppe_5:
 1. Abdeckbleche (33, 34, 35) an den Profilen anbringen
 2. Griff (32) und Scharniere (30) an der Tür (31) anbringen und diese dann an das untere Profil (7) schrauben

- Baugruppe_6:
 1. Gewindestange (40) mit Schraubensicherung versehen und in Spannbacke (36) schrauben
 2. Gewindehülse (37) aufschrauben
 3. Anschließend in die Langlöcher der Profile von oben einsetzen
 4. Scheibe (38), Feder (39) und Scheibe (41) von unten über die Gewindestange schieben und anschließend die Mutter (42) soweit anziehen, bis eine minimale Spannkraft auftritt

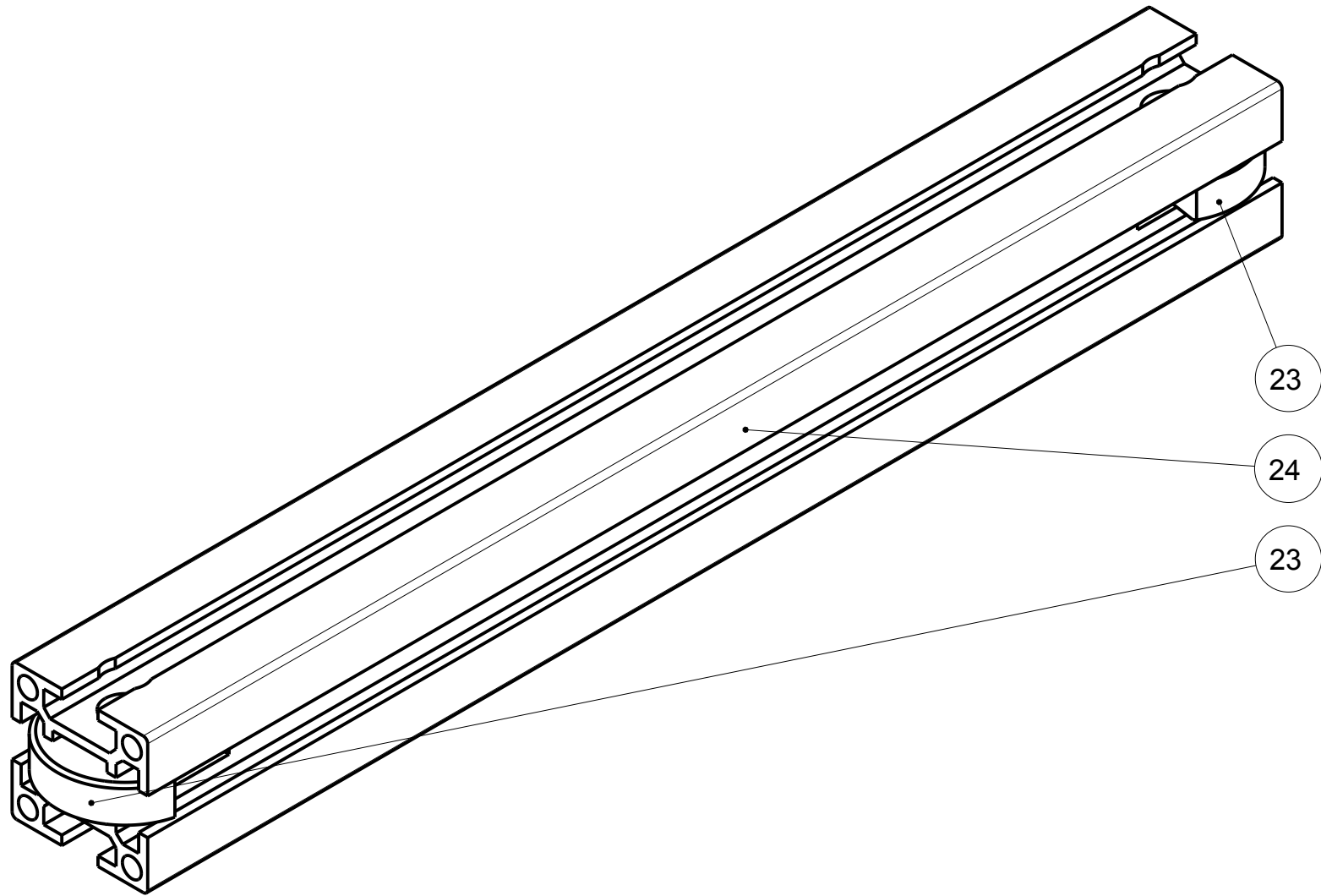
Montagestückliste

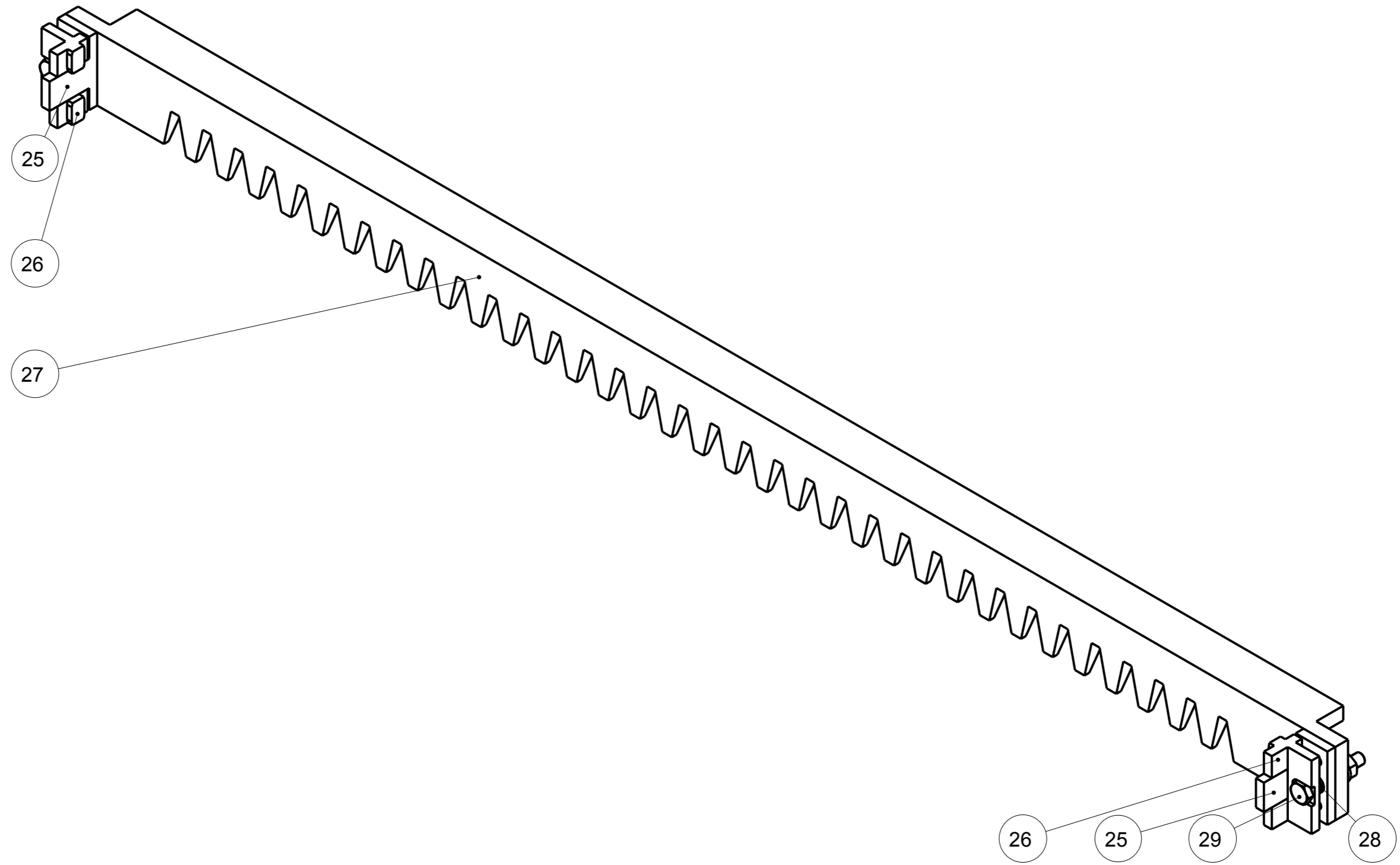
Positionsnummer	Teilebezeichnung
1	Abdeckkappe
2	Anschlag
3	Machinentisch_Adapter_L
4	Machinentisch_Adapter_R
5	MMS33_150mm_Links_Vorne
6	MMS33_270mm_Links_Unten
7	MMS33_700mm_Vorne_Unten
8	MMS33_311mm_Links_Oben
9	MMS33_311mm_Rechts_Oben
10	MMS33_86_6mm_L_R_Hinten
11	Stellfuß_Vorne
12	Stellfuß_Hinten
13	Absaugrohr_Rund
14	Absaugrohr_Halter_1
15	Absaugrohr_Halter_2
16	Gewindeverlaengerung
17	Ablenklechhalter
18	Ablenklech
19	Auflegeblech
20	Blechhaltewinkel_vorne
21	Blechhaltewinkel_hinten
22	Ablenklech_Vorne
23	Querträger_Spannen_Exzenter
24	MMS33_251mm_Klemmschlitten
25	Winkel_Quertraverse
26	Winkel_Quertraverse_2
27	Niederhalter
28	Querschlitten_Feder
29	Schraube_ISO_4017_M06_X_035
30	Scharnier
31	Tuere
32	Griff
33	Seitenblech_Links
34	Seitenblech_Rechts
35	Abdeckblech_Hinten
36	Schnellspanner_Spannbacke
37	Schnellspanner_Gewindehuelse
38	Schnellspanner_Scheibe_PA_6
39	Schnellspanner_Feder
40	Schnellspanner_Gewindestange
41	Schnellspanner_Scheibe_ST_5
42	Mutter_ISO_4032_M05
43	MMS33_Vorne_Oben

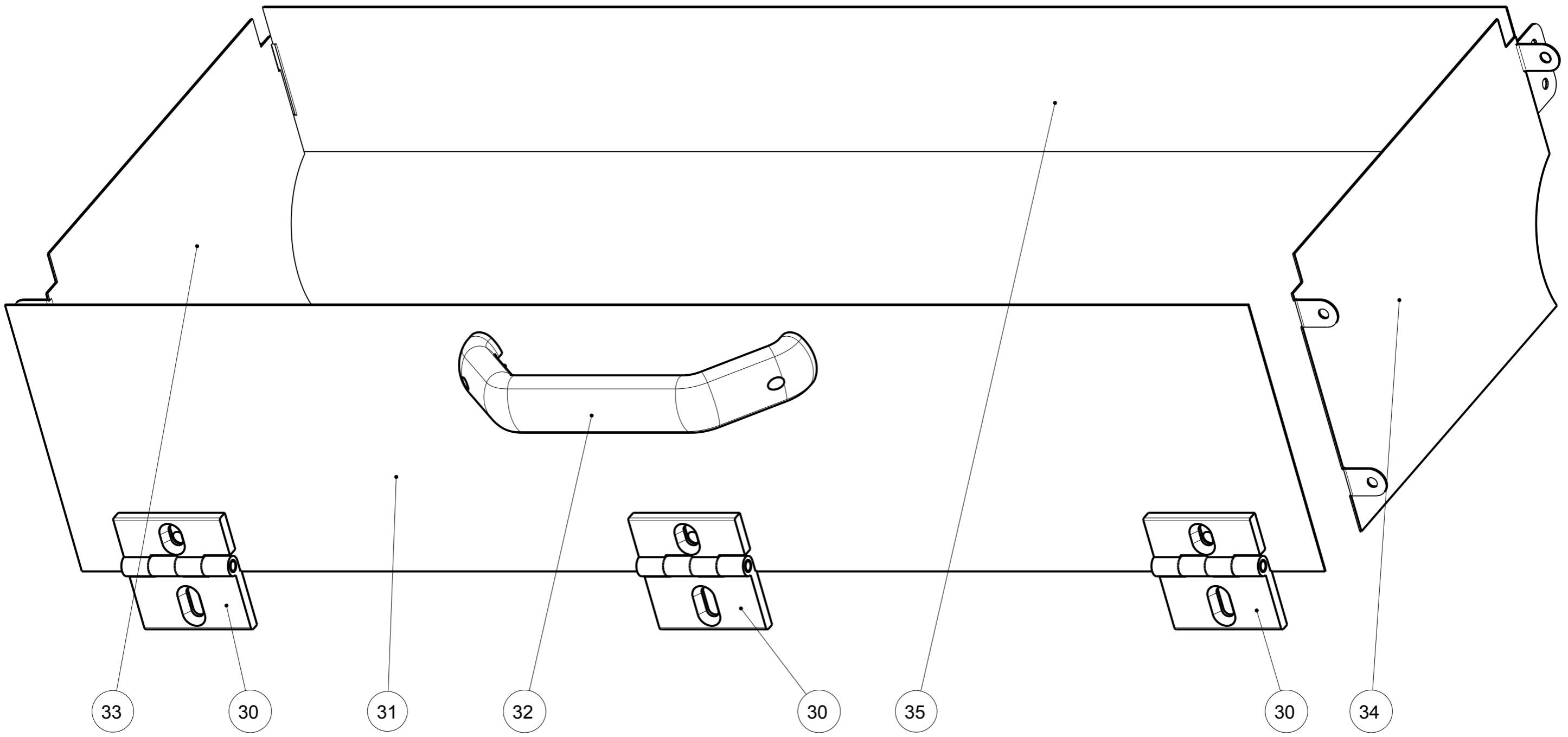




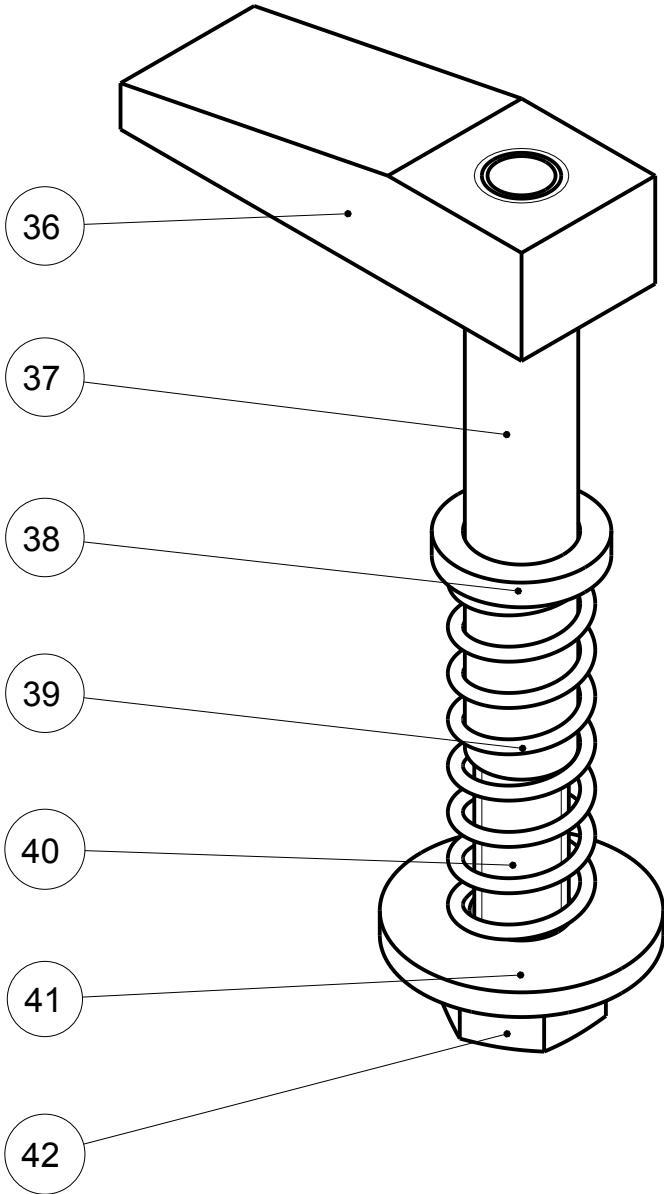
Baugruppe_3

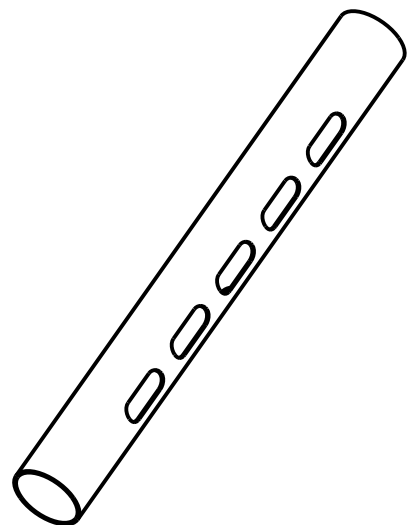
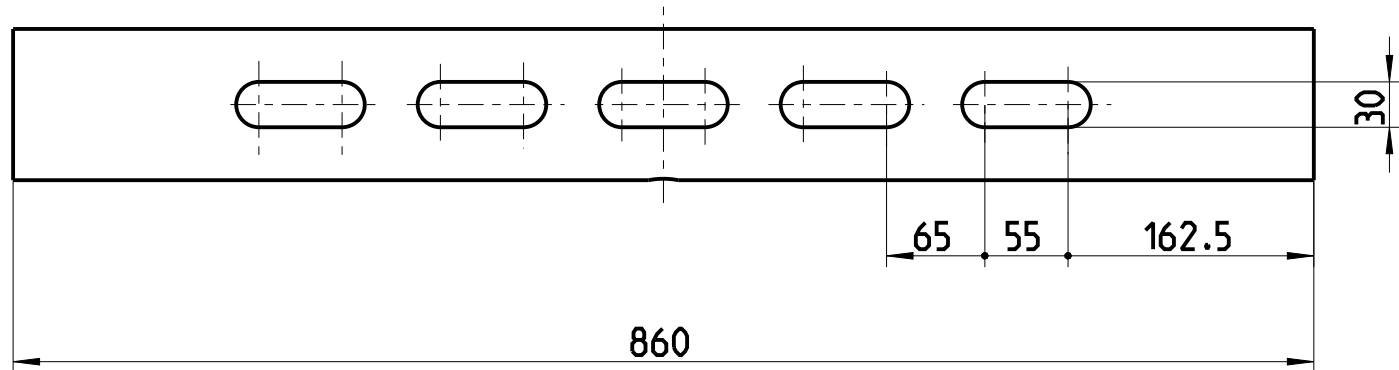
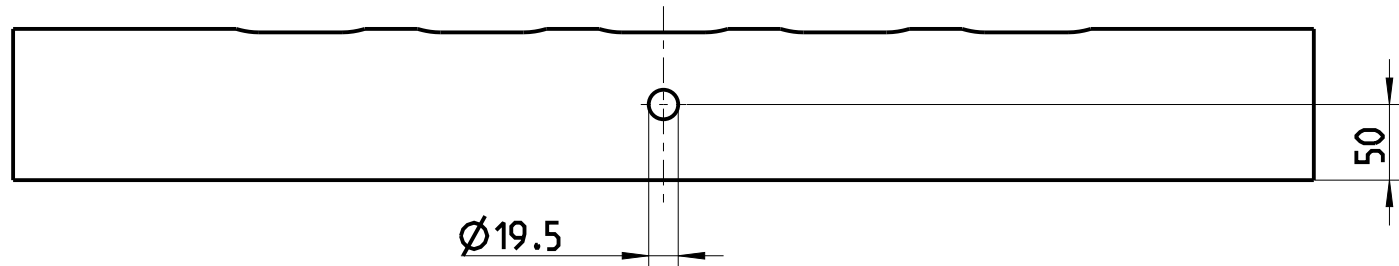
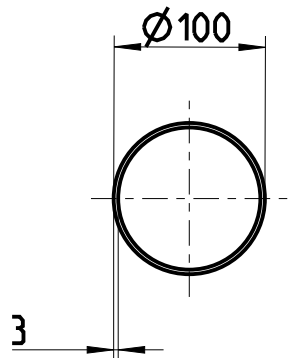






Baugruppe_6



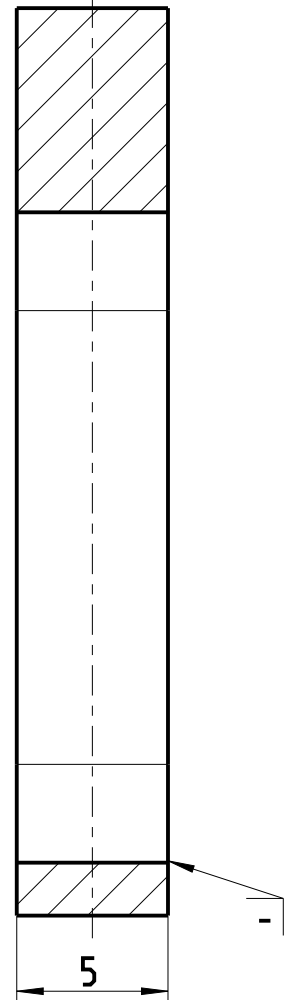
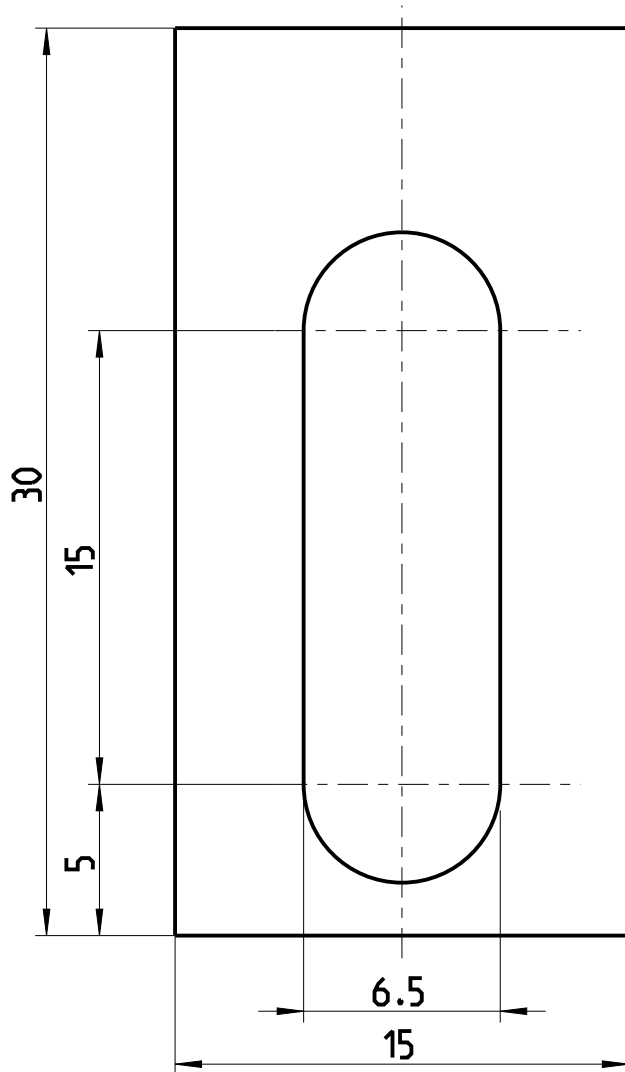


1:10

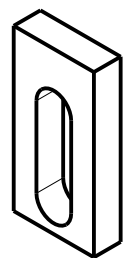
Alle Kanten entgraten

Dateiname	ABSAUGROHR_RUND	A4
Modell	ABSAUGROHR_RUND	PART

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:5	Gew.: 2.023 kg
				Aluminiumrohr 100x3	
1	zus ägen			Datum	Name
2	fr äsen			Bearb. 17.07.14	
				Gepr.	
				Norm	
				(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)	
ST_Lasertisch_SS14					1
St ückzahl: 1					
ABSAUGROHR_RUND					1
Zust.	Änderung	Datum	Name	1 Bl.	



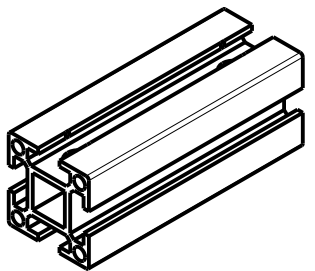
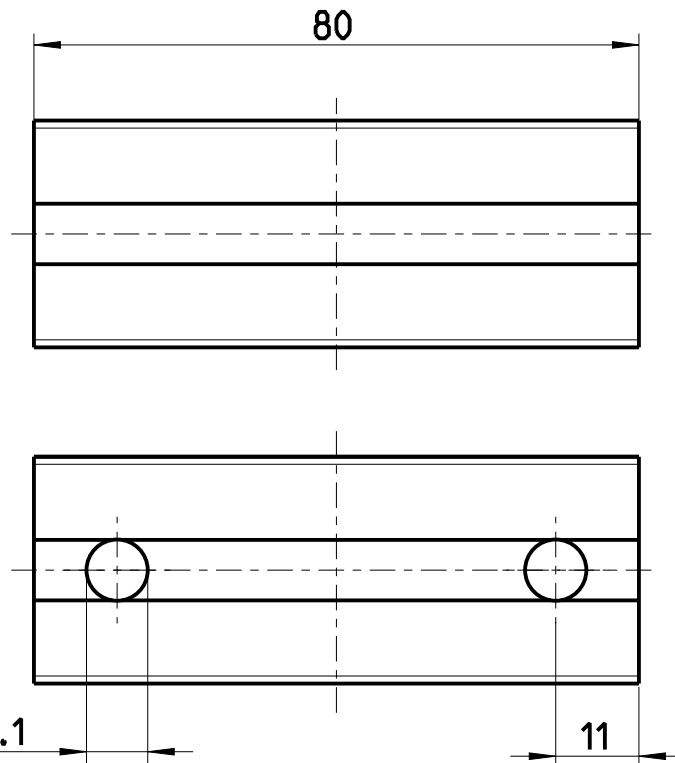
A-A



1:1

Alle Kanten entgraten

Dateiname		ANSCHLAG		A4	
Modell		ANSCHLAG		PART	
Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES			DIN ISO 2768-m		Maßstab 4:1
					Gew.: 0.013 kg
					15x5 mm Flachstahl
			Datum	Name	ST_Lasertisch_SS14
			Bearb.	24.07.14	
			Gepr.		
			Norm		
			(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		Stückzahl : 3
					Anschlag
					1
Zust.	Änderung	Datum	Name	1 Bl.	

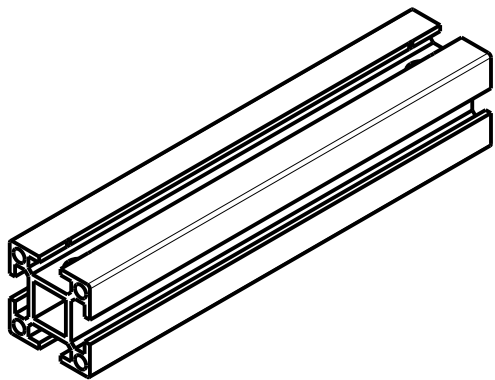
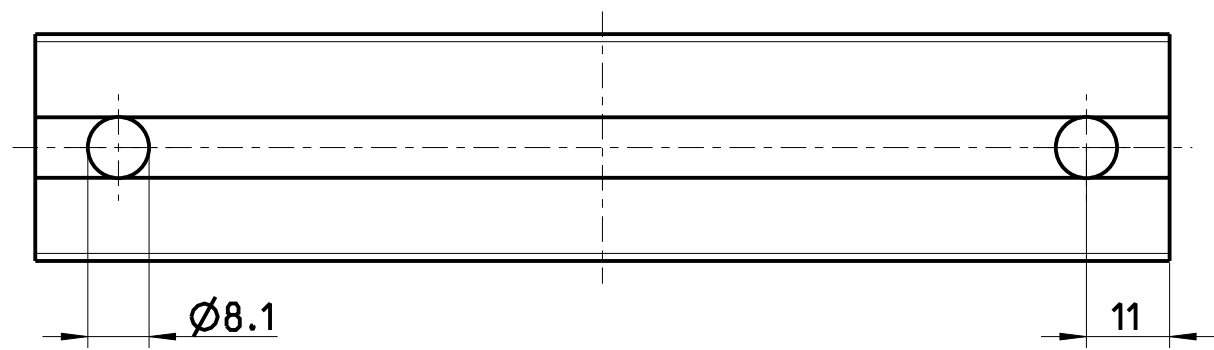
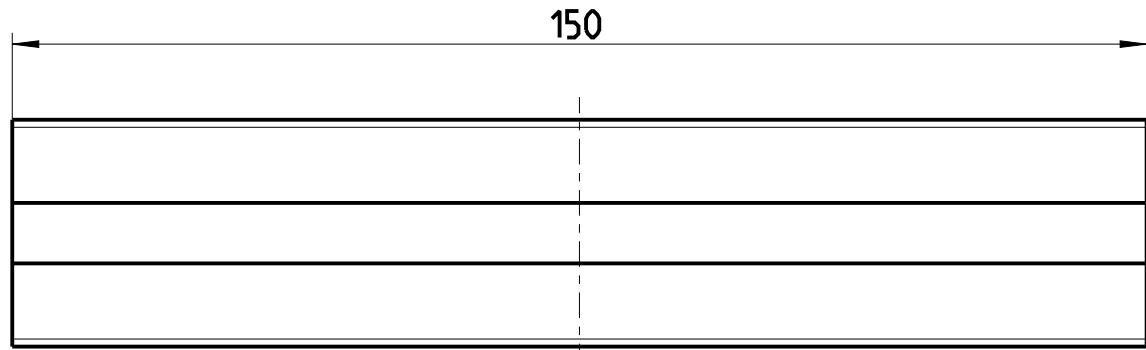


1:2

Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES				DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:1		Gew.: 0.070 kg	
						MMS33 Stangenmaterial			
				Datum		Name			
				Bearb. 13.07.14					
				Gepr.					
				Norm					
						ST_Lasertisch_SS14 Stückzahl: 2			
				(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		MMS33_86.6mm_L_R_HINTEN			1
									1 Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name						

Dateiname	MMS33_86_6MM_L_R_HINTEN	A4
Modell	MMS33_86_6MM_L_R_HINTEN	PART

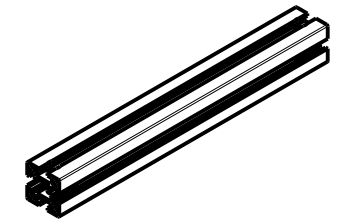
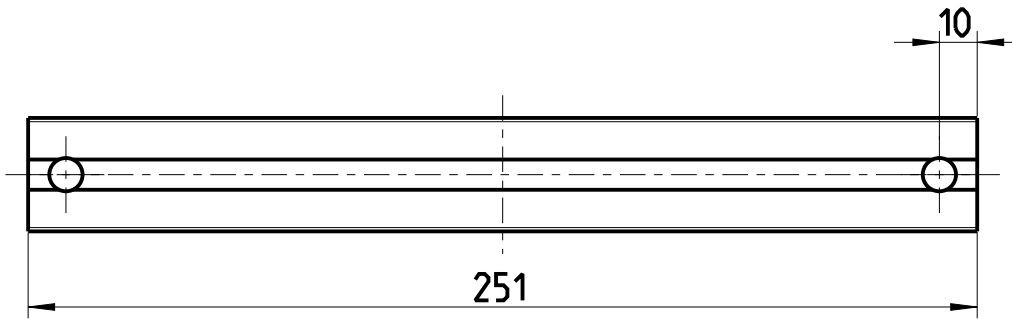
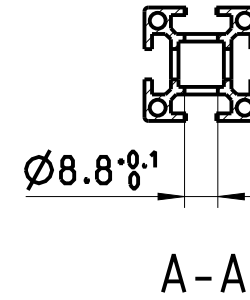
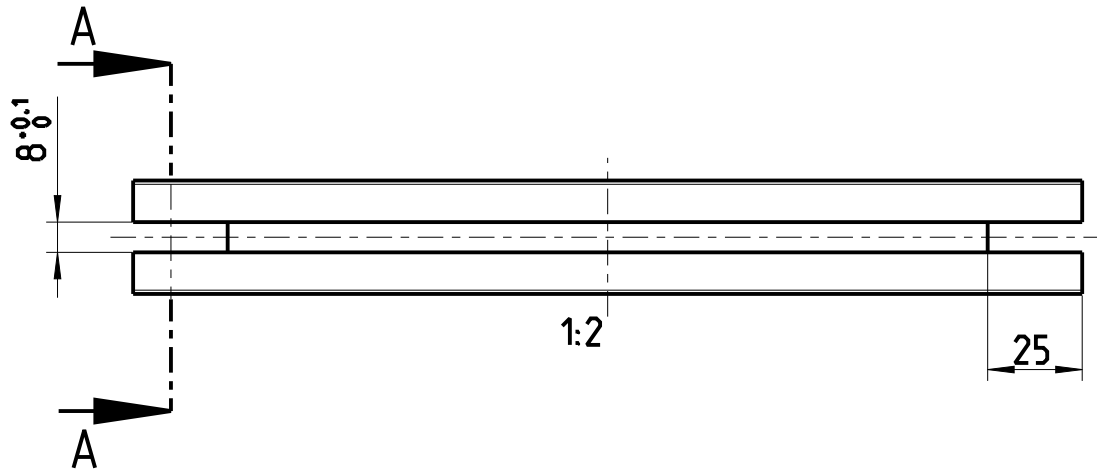


1:2

Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:1	Gew.: 0.131 kg
		MMS33 Stangenmaterial			
			Datum	Name	
			Bearb. 13.07.14		
			Gepr.		
			Norm		
				ST_Lasertisch_SS14 Stückzahl: 2	
				MMS33_150mm	
				1 Bl.	
Zust.	Änderung	Datum	Name		

Dateiname	MMS33_150MM	A4
Modell	MMS33_150MM_LINKS_VORNE	PART

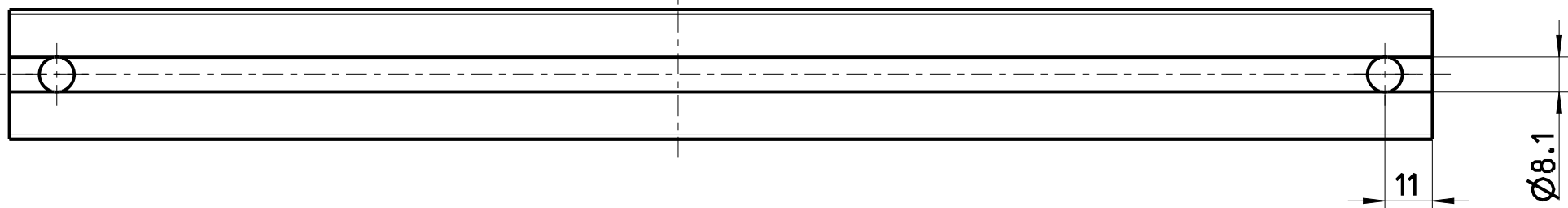
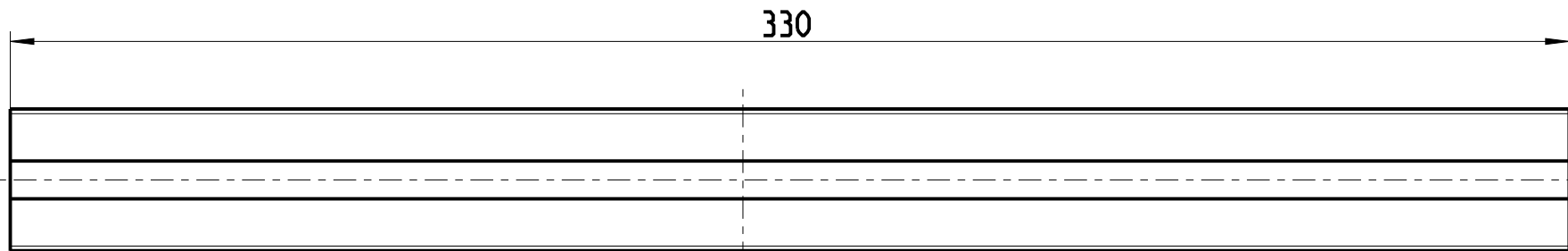


1:5

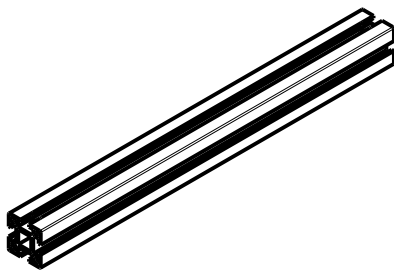
Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:2	Gew.: 0.214 kg
				MMS33 Stangenmaterial	
			Datum	Name	
			Bearb. 18.07.14		
			Gepr.		
			Norm		
				ST_Lasertisch_SS14	
				(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)	
				MMS33_251mm_KLEMMSCHLITTEN	
				1	
				1 Bl.	
Dateiname	MMS33_251MM_KLEMMSCHLITTEN	A4	Zust.	Änderung	Datum
Modell	MMS33_251MM_KLEMMSCHLITTEN	PART			Name

Dateiname	MMS33_251MM_KLEMMSCHLITTEN	A4
Modell	MMS33_251MM_KLEMMSCHLITTEN	PART



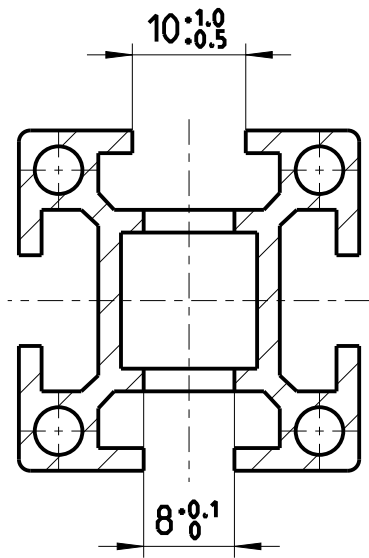
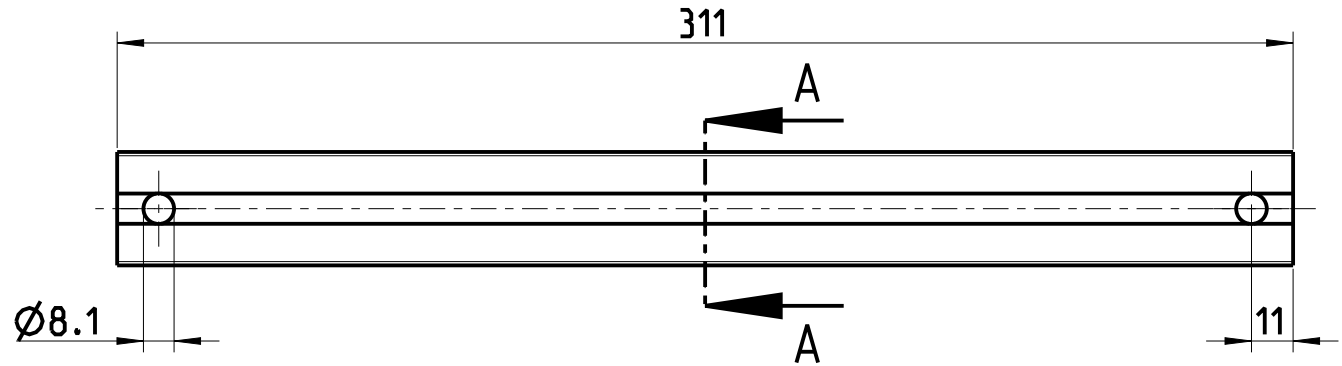
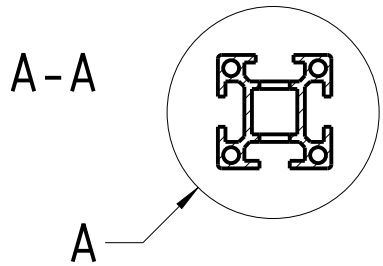
Alle Kanten entgraten



1:5

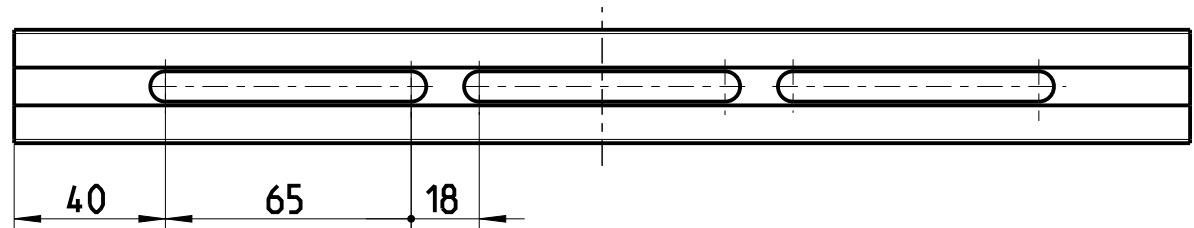
Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m	Maßstab 7:10	Gew.: 0.289 kg		
			MMS33 Stangenmaterial			
		Datum	ST_Lasertisch_SS14			
		Bearb. 13.07.14			Anzahl: 2	
		Gepr.				
		Norm				
		(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		MMS33_270mm		
Zust.	Änderung	Datum	Name	1 Bl.		

Dateiname	MMS33_270MM	A4
Modell	MMS33_270MM_L INKS_UNTEN	PART



A
3:2

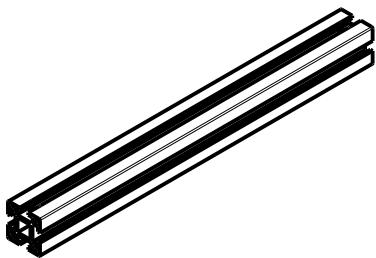
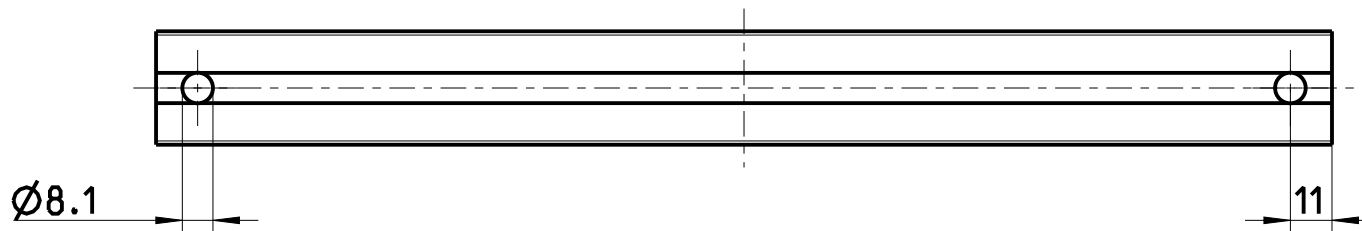
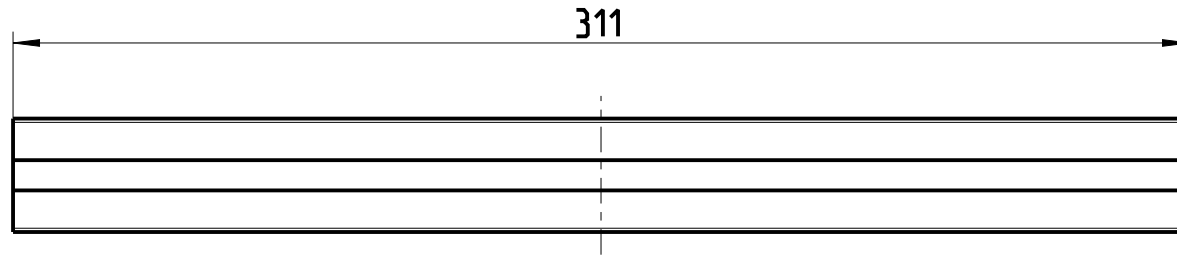
Detailansicht A



Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m	Maßstab 1:2	Gew.: 0.250 kg
			MMS33 Stangematerial	
			ST_Lasertisch_SS14	
			Stückzahl: 1	
			MMS33_311mm_L INKS_OBEN	1
			1	Bl.
Bearb.	Datum	Name		
Gepr.	13.07.14			
Norm				
			(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)	
Zust.	Änderung	Datum	Name	

Dateiname	MMS33_311MM_L INKS_OBEN	A4
Modell	MMS33_311MM_L INKS_OBEN	PART

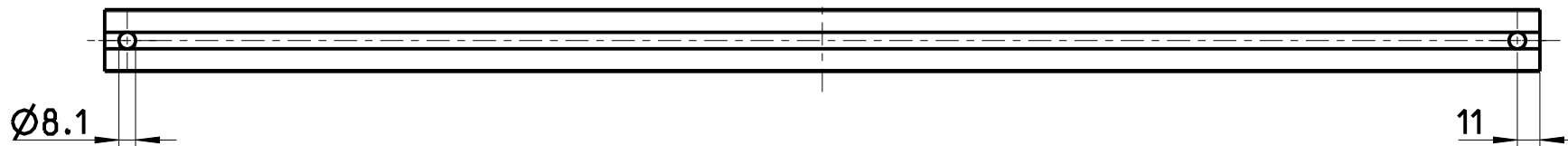
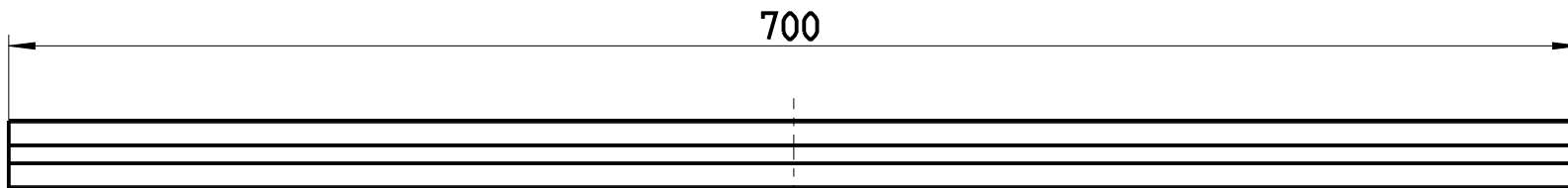


1:5

alle Kanten entgraten

Dateiname	MMS33_311MM_RECHTS_OBEN	A4
Modell	MMS33_311MM_RECHTS_OBEN	PART

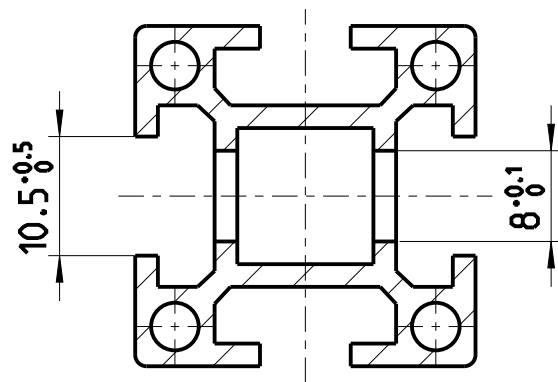
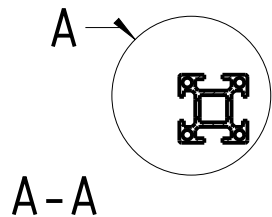
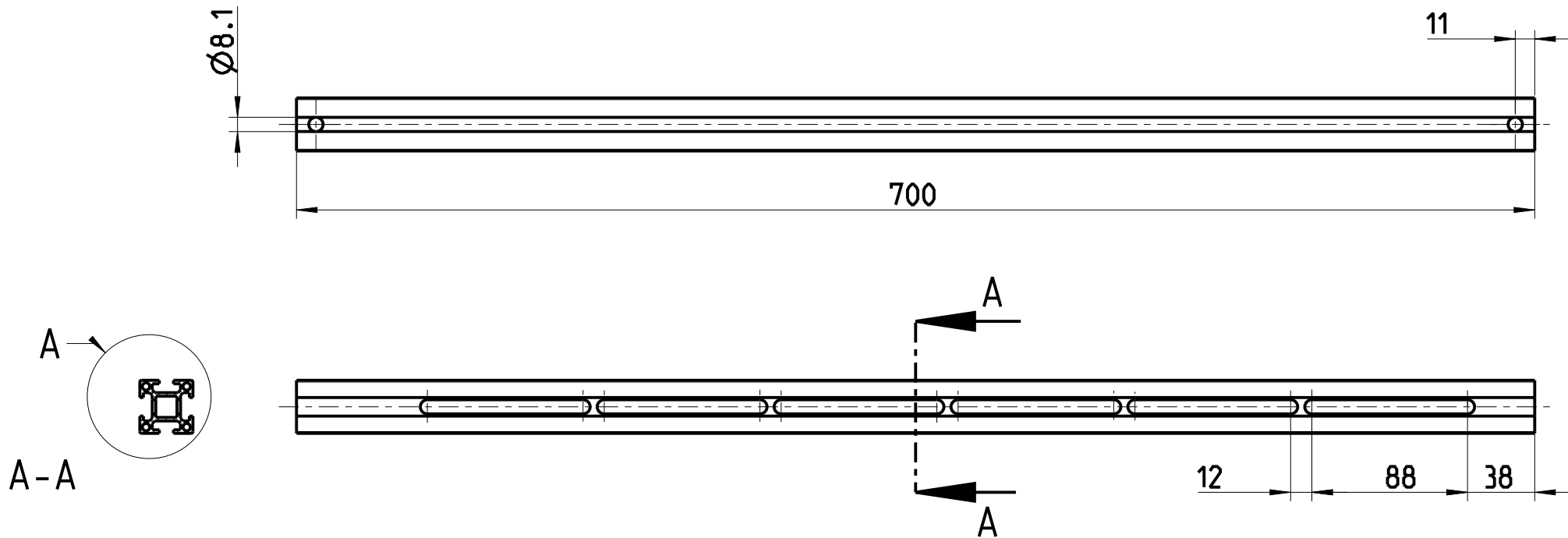
Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m	Maßstab 1:2	Gew.: 0.272 kg
			MMS33 Stangenmaterial	
zus ägen		Datum	ST_Lasertisch_SS14	
		Bearb. 13.07.14		
		Gepr.		
		Norm		
		(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		Stückzahl: 1
		MMS33_311mm_RECHTS_OBEN		1
Zust.	Änderung	Datum	Name	1 Bl.



Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES				DIN ISO 2768-m		Maßstab 3:10	Gew.: 0.613 kg
				Bearb.	Datum	St_Lasertisch_SS14 Stückzahl: 2	
				Gepr.	Name		
				Norm			
						MMS33_700mm_HINTEN_OBEN	1
				Zust.	Änderung	Datum	Name
							1 Bl.

Dateiname	MMS33_700MM_HINTEN_OBEN_VORNE_U	A4
Modell	MMS33_700MM_HINTEN_OBEN	PART



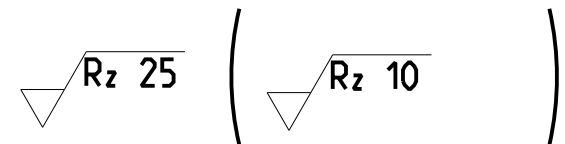
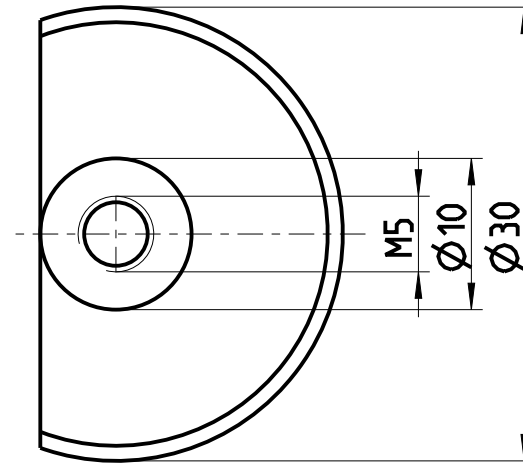
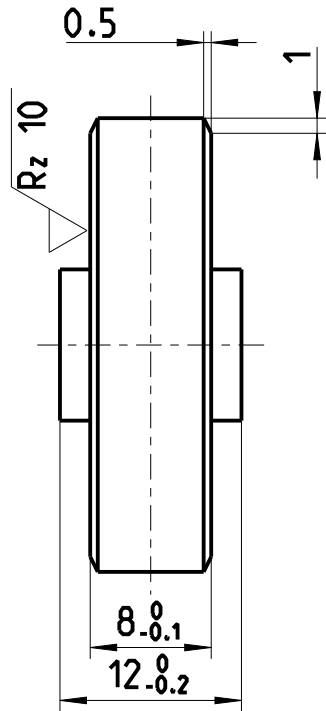
Detailansicht A

A
3:2

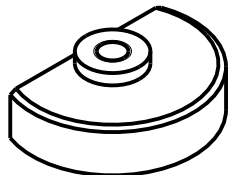
Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 3:10	Gew.: 0.556 kg
				MMS33 Stangenmaterial	
				ST_Lasertisch_SS14	
				Stückzahl: 1	
				MMS33_700mm_VORNE_OBEN	
				1 Bl.	
		(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)			
Zust.	Änderung	Datum	Name		

Dateiname	MMS33_700MM_VORNE_OBEN	A4
Modell	MMS33_700MM_VORNE_OBEN	PART



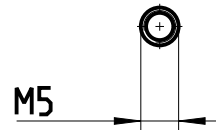
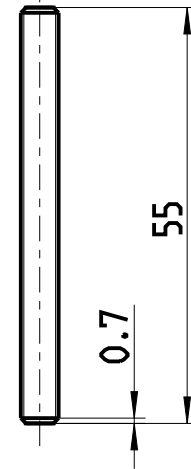
Alle Kanten entgraten



1:1

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 2:1	Gew.: 0.032 kg
				PA/PTFE Rundstab d=30mm	
1	zusügen			Datum	Name
2	drehen			Bearb. 18.07.14	
3	fräsen			Gepr.	
				Norm	
				ST_Lasertisch_SS14 Stückzahl: 2	
				QUERTRAEGER_SPANNEN_EXCENTER	
				(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)	
Zust.	Änderung	Datum	Name	1 Bl.	

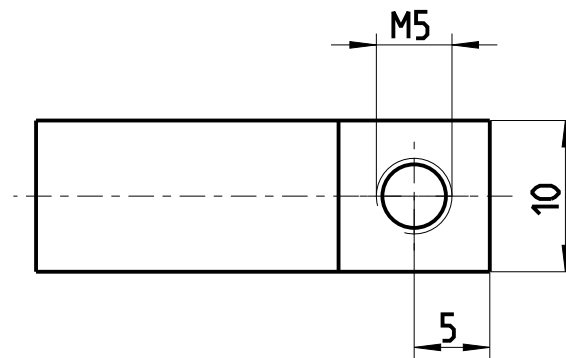
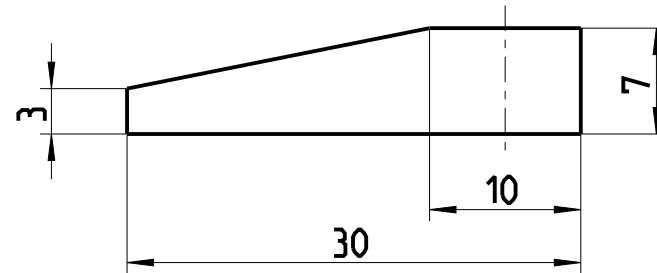
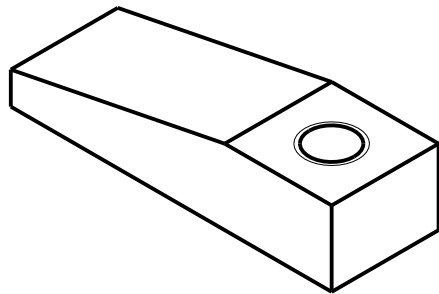
Dateiname	QUERTRAEGER_SPANNEN_EXCENTER	A4
Modell	QUERTRAEGER_SPANNEN_EXCENTER	PART



Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:1	Gew.: 0.008 kg
				Gewindestange M5	
			Datum	ST_Lasertisch_SS14	
			Name		
		Bearb.	15.07.14		
		Gepr.			
			Norm	Stückzahl: 10	
				SCHNELLSPANNER_GEW INDESTANGE	
			(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		
				1	1 Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name		

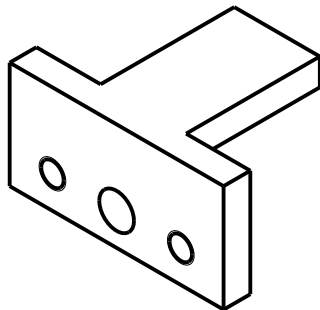
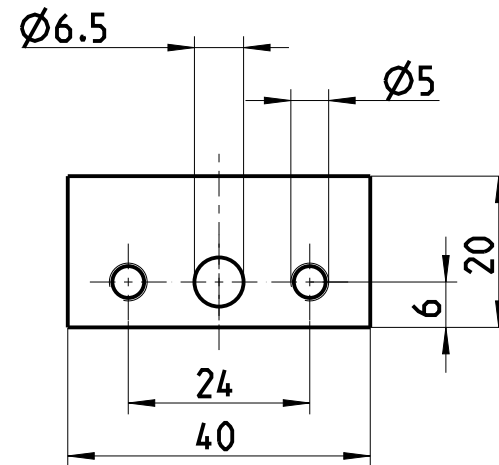
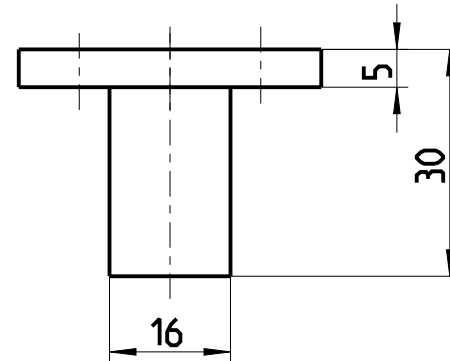
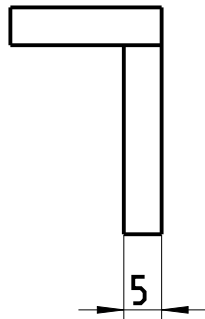
Dateiname	SCHNELLSPANNER_GEW INDESTANGE	A4
Modell	SCHNELLSPANNER_GEW INDESTANGE	PART



Alle Kanten entgraten

Dateiname	SCHNELLSPANNER_SPANNBACKE	A4
Modell	SCHNELLSPANNER_SPANNBACKE	PART

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m	Maßstab 2:1	Gew.: 0.013 kg	
			10x10 Vierkantstahl		
		Datum	ST_Lasertisch_SS14		
		Name			
		Bearb. 15.07.14			
		Gepr.			
		Norm	Stückzahl: 10		
			(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		
			SCHNELLSPANNER_SPANNBACKE		
			1 Bl.		
Zust.	Änderung	Datum	Name		

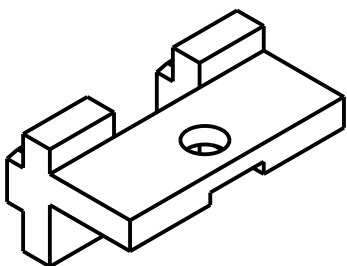
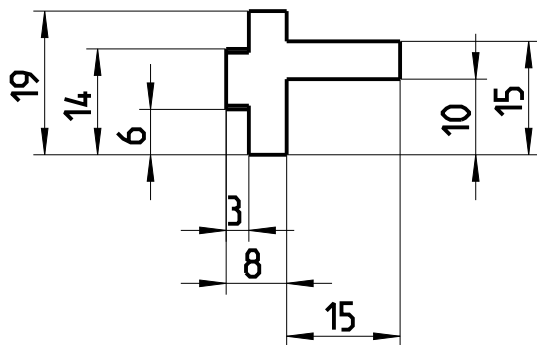
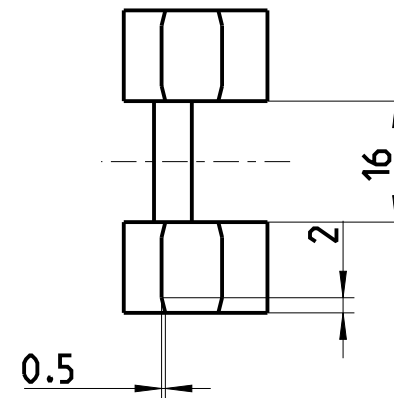
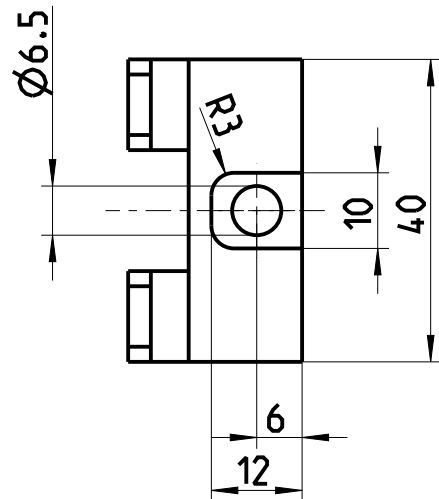


Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:1	Gew.: 0.045 kg
				Vierkantstahl 20x40	
				ST_Lasertisch_SS14	
				Stückzahl: 2	
				W INKEL_QUERTRAVERSE	
				1 Bl.	
Dateiname		w INKEL_QUERTRAVERSE		A4	
Modell		w INKEL_QUERTRAVERSE		PART	
Zust.	Änderung	Datum	Name		

Dateiname	w INKEL_QUERTRAVERSE	A4
Modell	w INKEL_QUERTRAVERSE	PART

	Datum	Name
Bearb.	18.07.14	
Gepr.		
Norm		
(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)		



Alle Kanten entgraten

Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES		DIN ISO 2768-m		Maßstab 1:1	Gew.: 0.043 kg
				Vierkantstahl 25x40	
				ST_Lasertisch_SS14	
				Stückzahl: 2	
				W INKEL_QUERTRAVERSE_2	
				1 Bl.	
		(Name, Vorname) (Matrikelnummer) (Semester)			
Zust.	Änderung	Datum	Name		

Dateiname	w INKEL_QUERTRAVERSE_2	A4
Modell	w INKEL_QUERTRAVERSE_2	PART