

Das Ultimative Laser Handbuch*

Fabian Morón Zirfas

University of Applied Sciences Potsdam (Germany)

moron-zirfas@fh-potsdam.de

Zusammenfassung

Dies ist ein Step by Step Guide zur Bedienung des 100W CO₂ Lasers der Fachhochschule Potsdam.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
Grundlegende Voraussetzungen sind...	4
Sicherheit	5
Feuer?	5
Notaus?	5
Pflege der Anlage	6
Wechseln der Filter	6
Reinigung der Spiegel	6
Reinigung der Sichtscheiben	7
Reinigung des Arbeitsraums	7
Reinigung des Distanztasters	8
Reinigung des Gitters	8
Entsorgung der Schnittreste	8
Inbetriebnahme	10
Oberlicht Öffnen	10
Lüftung Einschalten	10
Arbeitsfläche leeren	10
Gitter Überprüfen	10
Hauptstrom	10
Distanztaster Überprüfung	12
Einschalten	15
Referenzfahrt	15
Z-Achse	15
Material Einlegen	15
Fokus Setzen	15
Null Null (Origin)	20
Laser Job	22
Positionierung	22
Die Parameter Verstehen	22
Daten Vorbereiten	22
Vektor Daten	22
Unterstützte Vektor Formate	27

*Dank geht an Anne Boenisch für ihren Review.

AI DXF Export	27
Daten Trennen	29
Pixelbilder	30
Daten Import	30
Art des Jobs	30
Schneiden	31
Gravieren	32
Perforieren	35
Material Bibliothek	36
Lüftung	37
Den Job Starten	37
Der Job Läuft	38
Abschaltung	39
Laserkopf in Ausgangsposition	39
Z-Achse Runter Fahren	39
Abschaltung Steuerung und Laser	39
Abschaltung Hauptstrom	39
Lüftung	39
Oberlicht Schließen	39
Materialien	40
Zugang zu Anlage, Schlüssel und Computer	41
Der Computer	41
Terminvergabe	41
Checklist	42
Hersteller Sabko	43
Über dieses Dokument	43
Schriften	43
Dokument Generieren	43
Lizenz	44

Abbildungsverzeichnis

1	Die Spiegel	6
2	Das Festo CTM 48 E Saugmobil	7
3	Der Rollkorb für Schnittreste	9
4	Das Oberlicht des Lüfters	11
5	Lüfter Steuerung	12
6	Hauptstrom	13
7	Laserkopf mit Distanztaster	14
8	Steuerung des Lasers	16
9	Das Menü aktiv	17
10	Die Steuerung der Z-Achse	18
11	Der Menüeintrag für den Autofokus	19
12	Setzen des Origins	20
13	Adobe Illustrator GPU-Vorschau	23
14	Adobe Illustrator Pfad Ansicht	24
15	Adobe Illustrator Fläche offen GPU-Vorschau	24
16	Adobe Illustrator Fläche offen Pfadansicht	25
17	Adobe Illustrator versteckte Reste GPU-Vorschau	26
18	Adobe Illustrator versteckte Reste Pfadansicht	26
19	Adobe Illustrator Datei Export Dialog	27
20	Adobe Illustrator DXF Export Dialog	28
21	RDworks Software Oberfläche	30
22	RDWorks Ebeneneinstellungen Schneiden	31
23	RDWorks Ebeneneinstellung Gravur Vektorform	33
24	RDWorks Ebeneneinstellung Gravur Vektorform	34
25	RDWorks Ebeneneinstellungen Perforieren	35
26	RDworks Materialbibliothek	36

Einleitung

Dieses Dokument ist der Versuch den gesamten Prozess der Bedienung der Laser Anlage an der Fachhochschule Potsdam zu dokumentieren. Es sollte aufmerksam gelesen werden bevor die Anlage durch Studierende in Betrieb genommen wird. Am Ende des Dokuments befindet sich eine [Checkliste](#) die ausgedruckt und als Spickzettel beim Betrieb verwendet werden kann. In einigen Bereichen wie der Aufbereitung von Daten und der Bedienung der Software geht es nicht in die Tiefe. Wir hoffen das dies als ein „lebendes“ Dokument genutzt wird und zukünftig um nützliche Bereiche erweitert wird. Anregungen, Fragen, Fehler können auf [GitHub als Issue](#) vorgebracht werden oder per Mail an die Autoren gesendet werden. Das Dokument selber kann als PDF [hier](#) runtergeladen werden. Eine HTML-Version ist [hier](#) zu finden. Wir freuen uns über jede Art von Beitrag. Gerne nehmen wir auch weitere Kapitel an (siehe Abschnitt [Über dieses Dokument](#))

Viel Spaß mit dem „Ultimativen Laser Handbuch“¹!

Grundlegende Voraussetzungen sind...

- Die Unterzeichnung und Anerkennung der Werkstattordnung.
- Die Teilnahme an der Sicherheitseinweisung durch Anne Boenisch und oder eine Freigabe durch sie.
- Der Laser wird immer in Gruppen von 2 oder mehr Personen betrieben.
- Der Laser wird nicht alleine gelassen während er läuft.
- Die Werkstatt wird nach Nutzung wieder aufgeräumt.
- Der Laser wird nach Gebrauch gereinigt.
- Es dürfen **KEINE** PVC-haltigen oder leicht entflammbare Materialien geschnitten werden (siehe Abschnitt [Materialien](#)).

¹ Ultimative ist vielleicht ein wenig übertrieben.

Sicherheit

Die Anlage darf nicht alleine Betrieben werden. Es müssen immer mindestens 2 Personen vor Ort sein.

Feuer?

Im Falle eines Feuers in der Anlage gilt es Ruhe zu bewahren. Folgende Schritte sind auszuführen.

1. Laservorgang stoppen! (Notaus oder Start/Stop Knopf)
2. Lüftung abschalten!
3. CO2 Feuerlöscher benutzen! (Falls es immer noch brennen sollte)
4. Die Feuerwehr rufen wenn der Brand nicht zu löschen ist!

Hinweise:

- Es sollte bis zum Einsatz des Feuerlöscher die Abdeckung nicht geöffnet werden.
- Es sollten niemals Flüssigkeiten verwendet werden um den Brand zu löschen.

Notaus?

Der Notaus (siehe Abbildung 8) ist für den Notfall. Wenn dieser gedrückt wurde, sollte genau überlegt werden ob die Anlage wieder in Betrieb genommen werden kann ohne sie zu beschädigen. Im Zweifelsfalle sind die Administratoren zu kontaktieren. Wenn der Notaus gedrückt wurde und wieder raus gezogen wird, startet die gesamte Anlage neu.² Der Laserkopf führt eine Referenzfahrt aus. Es gilt darauf zu achten das der Kopf bei dieser Fahrt nicht beschädigt wird.

²Um die sofortige Referenzfahrt zu verhindern sollte der Schlüssel im An/Aus Schlüsselloch auf Aus gedreht werden (siehe Abbildung 8).

Pflege der Anlage

Eine verschmutzte Maschine ist bald eine defekte Maschine.

- Fabian Morón Zirfas

Damit der Laser lange betrieben werden kann, muss er regelmäßig gereinigt werden. Dies passiert durch die Studierenden. Sie sind selber dazu angehalten dies zu organisieren. Die Reinigung wird nur bei ausgeschalteter Anlage durchgeführt

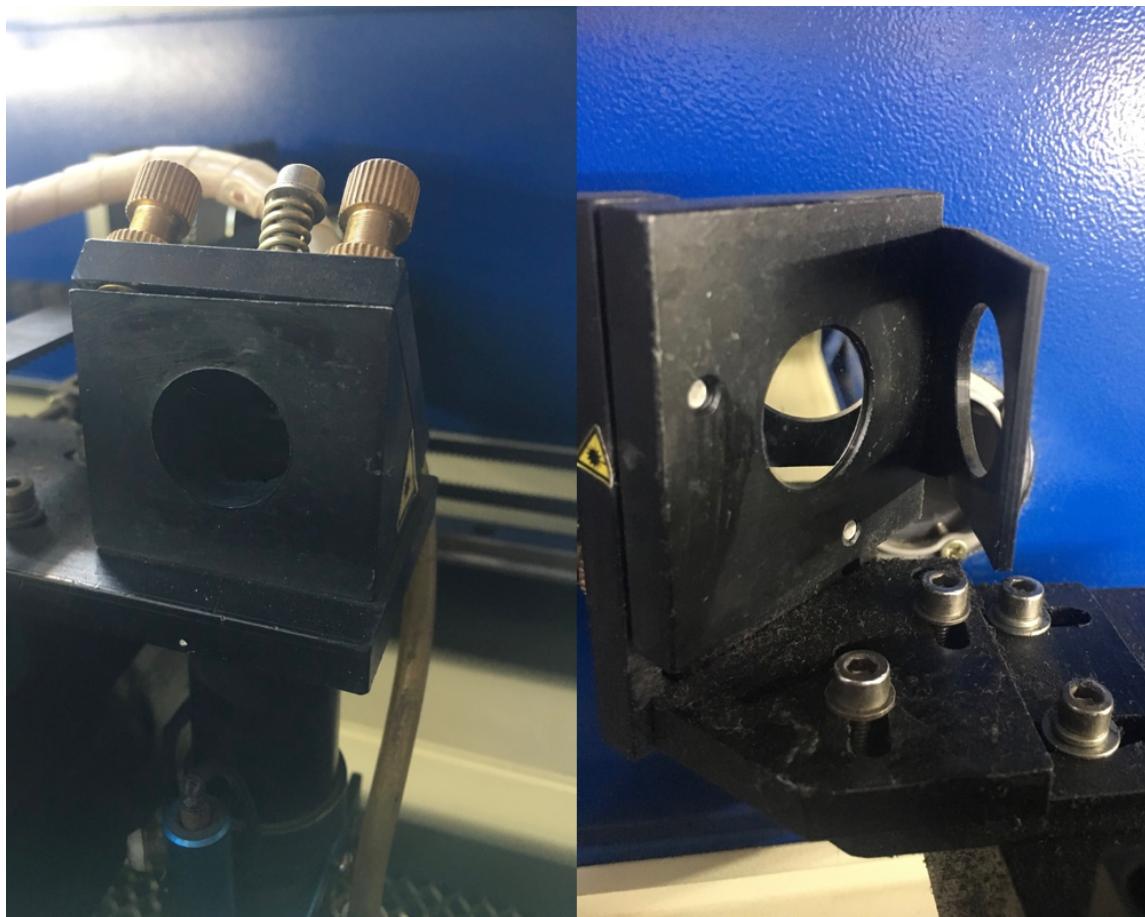
In der Metallwerkstatt stehen hinter der Tür zwei Kisten. In der einen gibt es saubere Tücher. Diese dürfen verwendet werden um den Laser sauber zu machen.

Wechseln der Filter

to be defined...

Reinigung der Spiegel

Abbildung 1: Die Spiegel



Zur Reinigung der Spiegel (siehe Abbildung 1) darf nur Isopropanol und Q-Tip verwendet werden. Dies sollte mindestens einmal im Monat durchgeführt werden um eine konstante Leistung des Lasers zu garantieren.

Reinigung der Sichtscheiben

Zur Reinigung der Sichtscheiben darf kein alkoholhaltiges Mittel benutzen werden. Normale Lappen oder Papiertücher zerkratzen die Scheibe schnell und stark. Die Scheibe ist aus PolyCarbonat und kann somit auch nicht so leicht wieder aufpoliert werden wie zum Beispiel Acrylglass.

Reinigung des Arbeitsraums

Abbildung 2: Das Festo CTM 48 E Saugmobil



Der Arbeitsraum und auch die unteren Bereiche der Anlage müssen regelmäßig gereinigt werden. Für eine oberflächliche Reinigung kann das „Festo CTM 48 E Saugmobil“ der Modellbauwerkstatt genutzt werden im die Anlage auszusaugen (siehe Abbildung 2). Es sollte jedoch auch regelmäßig mit einem Lappen eine tiefer gehende Reinigung vorgenommen werden. Auch unterhalb des Gitters und der Lamellen sowie im unteren Raum des Lasers.³

³Zum öffnen der äußeren Verkleidung gibt es in der Werkzeugkiste Dreikantschlüssel.

Reinigung des Distanztasters

Vor jedem Gebrauch muss überprüft werden ob der Taster sich bewegen lässt. Nach jedem Gebrauch sollte der Taster mit einem Papiertuch von Ruß befreit werden.

Reinigung des Gitters

Das Gitter, dass im Arbeitsraum der Anlage liegt sollte regelmäßig gereinigt werden. Wenn es zu sehr verschmutzt ist werden Rußreste, die auf dem Gitter sind, durch den Laser nochmals entzündet. Diese schmauchen auf die Unterseite des Materials und hinterlassen unschöne Spuren. Daher ist es auch Sinne der Studierenden die Reinigung regelmäßig durchzuführen um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Um das Gitter zu reinigen sollte die Wanne der Siebdruckwerkstatt und deren Kärscher genutzt werden.⁴

Entsorgung der Schnittreste

Für Schnittreste existiert ein eigener Abfallbehälter (siehe Abbildung 3). Dieser muss selbständig und regelmäßig entleert werden.

⁴Die Erlaubnis der Siebdruckwerkstatt muss vorher eingeholt werden.

Abbildung 3: Der Rollkorb für Schnittreste



Inbetriebnahme

Die folgenden Punkte **müssen** in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Die **Checkliste** sollte von ungeübten Nutzer/innen zu Rate gezogen werden.

Oberlicht Öffnen

Damit eine arbeitsgerechte Abluft stattfinden kann, muss das Oberlicht an das die Lüftung angeschlossen ist, geöffnet werden (siehe Abbildung 4).

Lüftung Einschalten

An der Lüftung gibt es den 4 Steuerungsbereiche (siehe Abbildung 5).

1. Netz/Power
2. Filter
3. Start/Stop
4. Motor

Über den Hauptschalter in Bereich 1 wird die Lüftung aktiviert. Wenn im Bereich 2 die Status-LED OK (grün) anzeigt kann die Maschine in Betrieb genommen werden. Steht sie auf Prüfen oder Wechseln müssen zuallererst die zuständigen Personen kontaktiert werden. Die Anlage wird bis dahin **nicht** in Betrieb genommen.

Über den Start/Stop Knopf in Bereich 3 kann die Lüftung pausiert werden.

In Bereich 4 kann die Stärke der Lüftung angepasst werden. Bei stark rußenden Materialien sollte die Lüftung auch stark belüften.

Um die Ohren zu schonen kann der Motor der Lüftung in Bereich 4 runter gedreht oder in Bereich 3 pausiert werden solange kein Job läuft. *Dies darf jedoch nicht vergessen werden wieder zu aktivieren.*

Arbeitsfläche leeren

Damit der Laserkopf bei der ersten Referenzfahrt in die rechte Obere Ecke nicht beschädigt wird, darf kein Material bei der Inbetriebnahme auf der Arbeitsfläche liegen.

Gitter Überprüfen

Das Gitter, dass in der Maschine liegt ist frei beweglich. Es muss vor der Inbetriebnahme sichergestellt werden, dass es nicht unter die Absätze links und rechts rutschen kann. Bei einem Autofokus oder fahren der Z-Achse könnte sonst die Ausrichtung der Plattform beschädigt werden. Diese muss dann manuell wieder in Waage gebracht werden.

Hauptstrom

Auf der Rückseite des Lasers ist ein großer rot gelber Hauptschalter (siehe Abbildung 6). Dieser muss aktiviert werden um der Maschine Strom zu geben.

Abbildung 4: Das Oberlicht des Lüfters

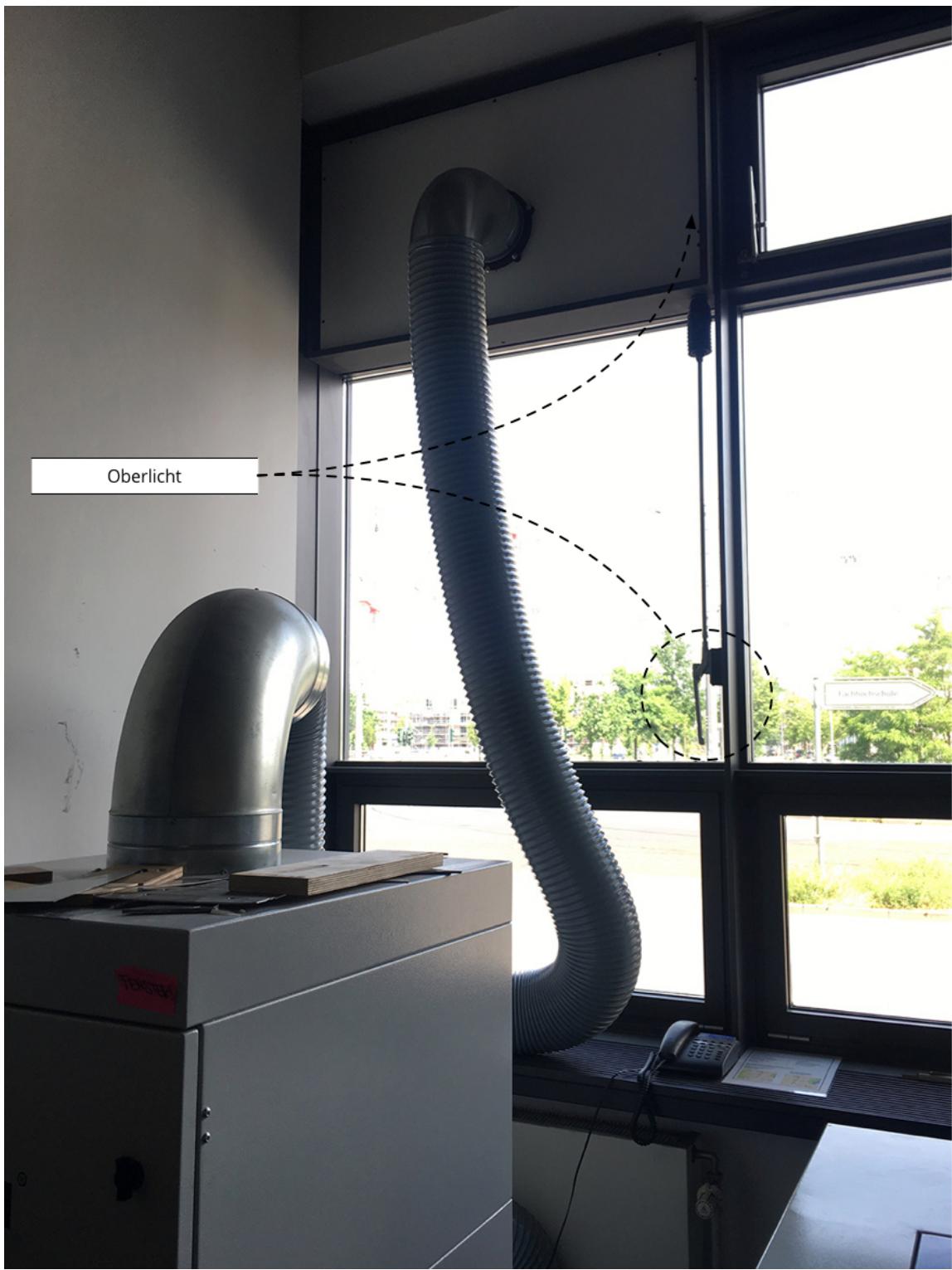


Abbildung 5: Lüfter Steuerung



Distanztaster Überprüfung

Am Laserkopf ist links der Distanztaster (siehe Abbildung 7).⁵ Dieser dient dazu die Distanz des Lasers zur Oberfläche des Materials einzustellen.⁶ Vor dem einschalten der Lasersteuerung muss überprüft werden:

1. Ob der Taster sich bewegt.⁷
2. Ob der Taster über dem Gitter beziehungsweise den Lamellen steht und nirgendwo anstoßen kann bei einer Referenzfahrt.

⁵Der Taster ähnelt einem Kugelschreiber.

⁶Die Distanz beträgt 21,2mm.

⁷Es kann passieren, dass der Taster verrußt und dadurch nicht mehr reagiert.

Abbildung 6: Hauptstrom

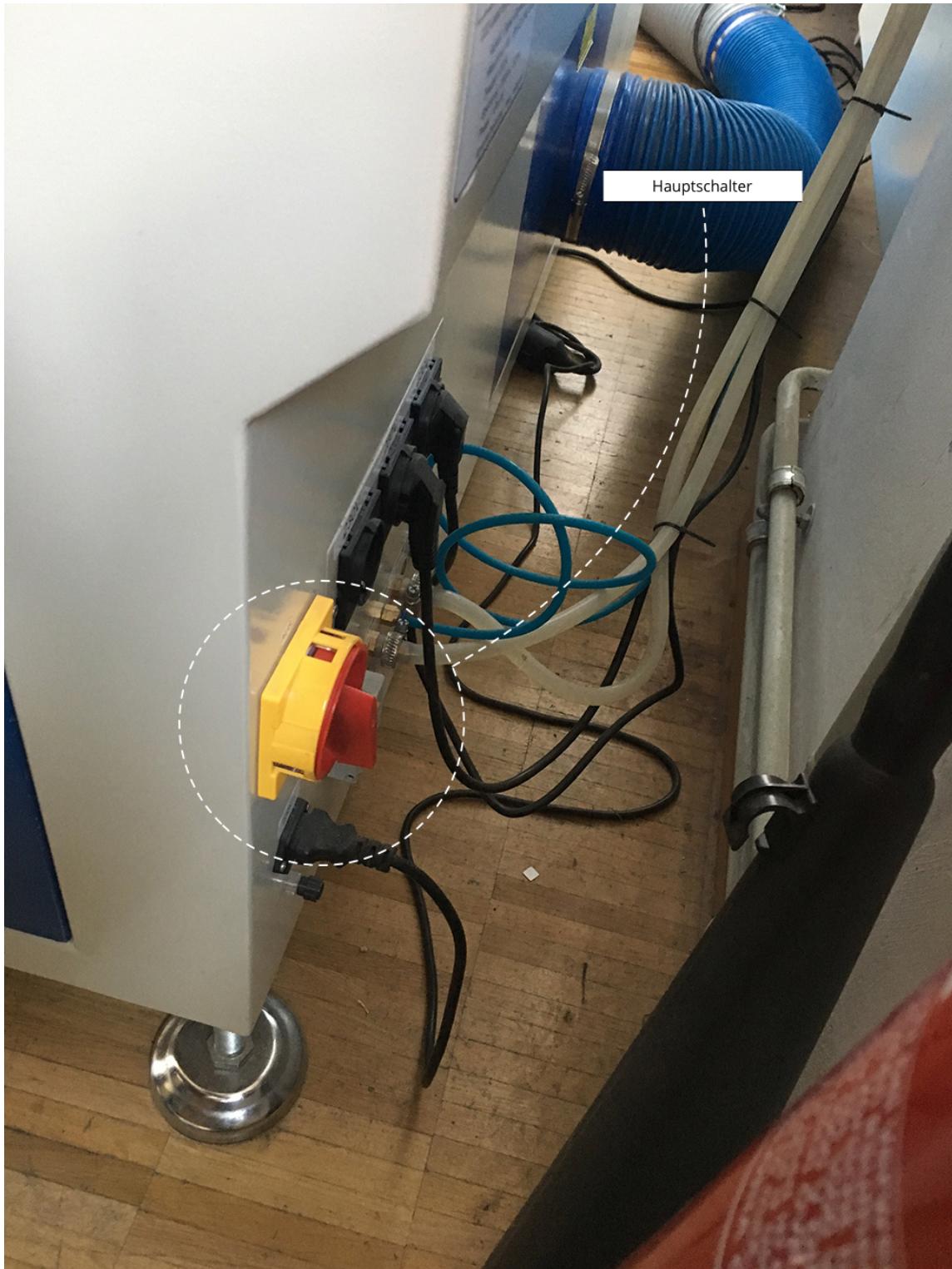
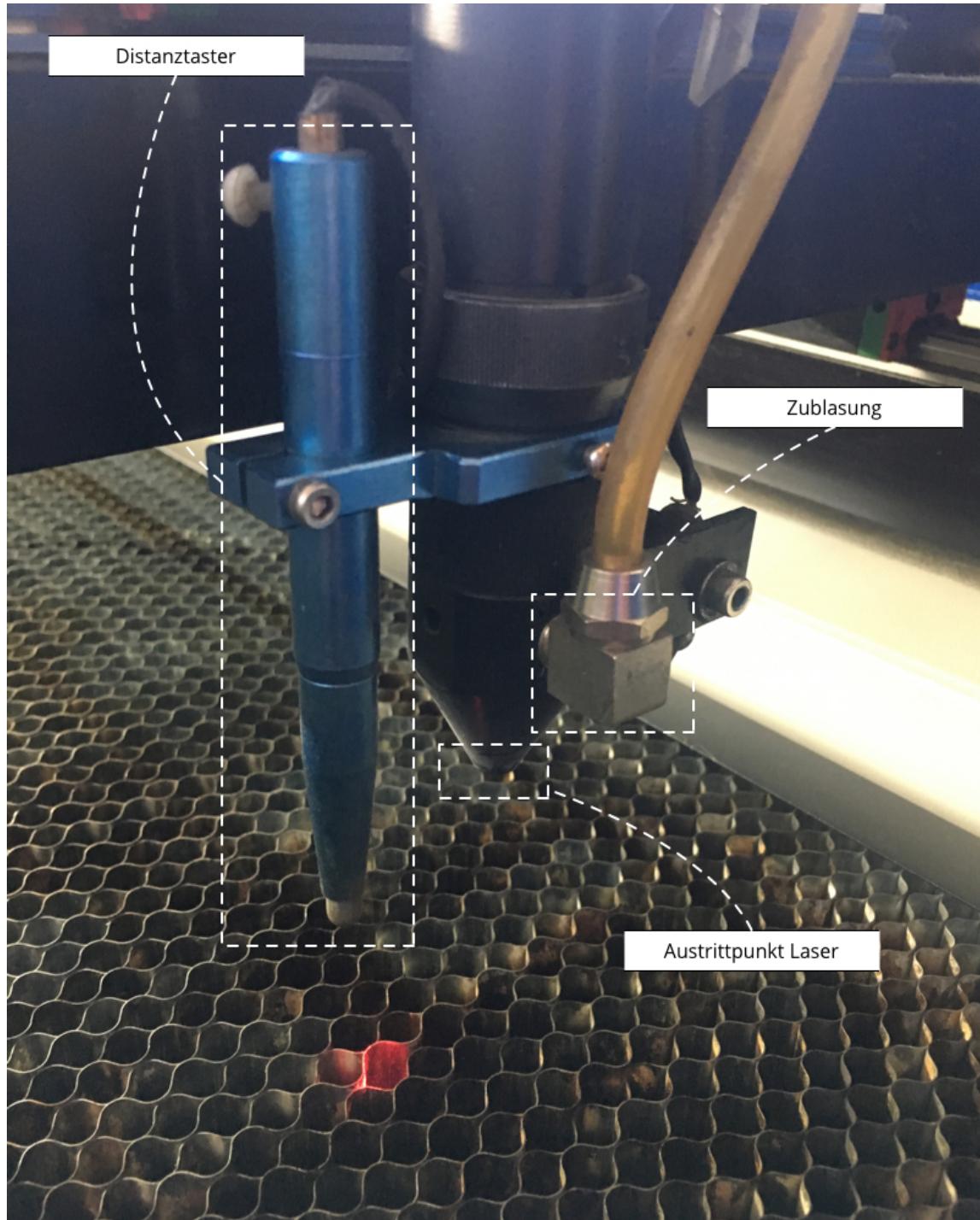


Abbildung 7: Laserkopf mit Distanztaster



Einschalten

Wenn alle entsprechenden Überprüfungen stattgefunden haben, kann die Maschine über den Aus/Ein Drehschalter mit dem Schlüssel aktiviert werden (siehe Abbildung 8 unten). **Hierbei ist die eine Hand über dem Notaus**, für den Fall dass etwas unvorhergesehenes passiert.⁸

Referenzfahrt

Bei jedem Einschalten (oder nach einem Notaus) führt die Maschine eine Referenzfahrt in die rechte obere Ecke aus. Dies lässt sich nicht unterbinden. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig beim Einschalten die Maschine im Falle eines Problems schnell wieder abschalten zu können. Um Probleme zu vermeiden ist es „Best Practice“ den Laserkopf vor dem Abschalten in die rechte obere Ecke zu fahren und dort den „Origin“ zu setzen. Dadurch können Probleme beim nächsten Anschalten des Anlage vermieden werden. Ebenfalls empfiehlt es sich die Z-Achse ein Stück abzusenken. Siehe Abschnitt „Gitter Überprüfen“.

Z-Achse

Die Z-Achse des Tisches kann manuell herauf oder hinunter gefahren werden. Wenn zum Beispiel ein dickes Material eingelegt werden soll. Dazu muss an der Steuerung (siehe Abbildung 10) das Menü mit dem Z/U (siehe Abbildung 9) Knopf in der Mitte des Steuerkreuzes aktiviert werden. Dann können die ← und → Tasten genutzt werden um mit ← die Z-Achse rauf zu fahren und mit → runter zu fahren.

Material Einlegen

Wenn die Maschine betriebsbereit ist, kann das zu schneidende Material eingelegt werden. Die Arbeitsfläche der Anlage hat 1200 Millimeter (mm) Breite und 900mm Höhe. Abhängig von der Tiefe/Stärke des Materials ist jedoch die Fläche nicht komplett nutzbar.

Ein Beispiel: Beim Lasern einer diagonale über eine $5 \times 1000 \times 700\text{mm}$ ($t \times b \times h$) mitteldichten Faserplatte (MDF Platte) mit einer Geschwindigkeit von 5mm/s und einer Leistung von 95% ist der Laserstrahl bei ungefähr der Hälfte des Materials nicht mehr durchgegangen.

Das bedeutet: Je stärker das Material desto kleiner wird der Bereich in dem ein Schnitt gewährleistet ist. Es empfiehlt sich bei starken Materialien kleinere Nutzen anzulegen und mehrere Jobs auszuführen.

Fokus Setzen

Um den Laserkopf in seiner Distanz zur Oberfläche des Materials einzustellen, hat die Maschine eine Autofokus Funktion. Dazu wird der Distanztaster⁹ (siehe Abbildung 7) mit dem Steuerkreuz in die Mitte des Materials gefahren.

Achtung: Ein üblicher Fehler den es jedoch zu vermeiden gilt, ist dass nicht der Taster über das Material gesetzt wird sondern der Laserpunkt. Das könnte zur Folge haben, dass der Distanztaster im Gitter versenkt wird.¹⁰ Gegebenenfalls muss die Z-Achse noch runter gefahren werden, wenn dies nicht schon beim einlegen des Materials passiert ist (siehe Abschnitt Z-Achse).

⁸Die Referenzfahrt stoppt nicht, es wurde vergessen Material aus der Arbeitsfläche zu nehmen o.ä.

⁹Der Taster ähnelt einem Kugelschreiber.

¹⁰Wenn der Distanztaster im Gitter steckt bleibt die Maschine Abgeschaltet und muss erst wieder durch die zuständigen Personen freigegeben werden.

Abbildung 8: Steuerung des Lasers

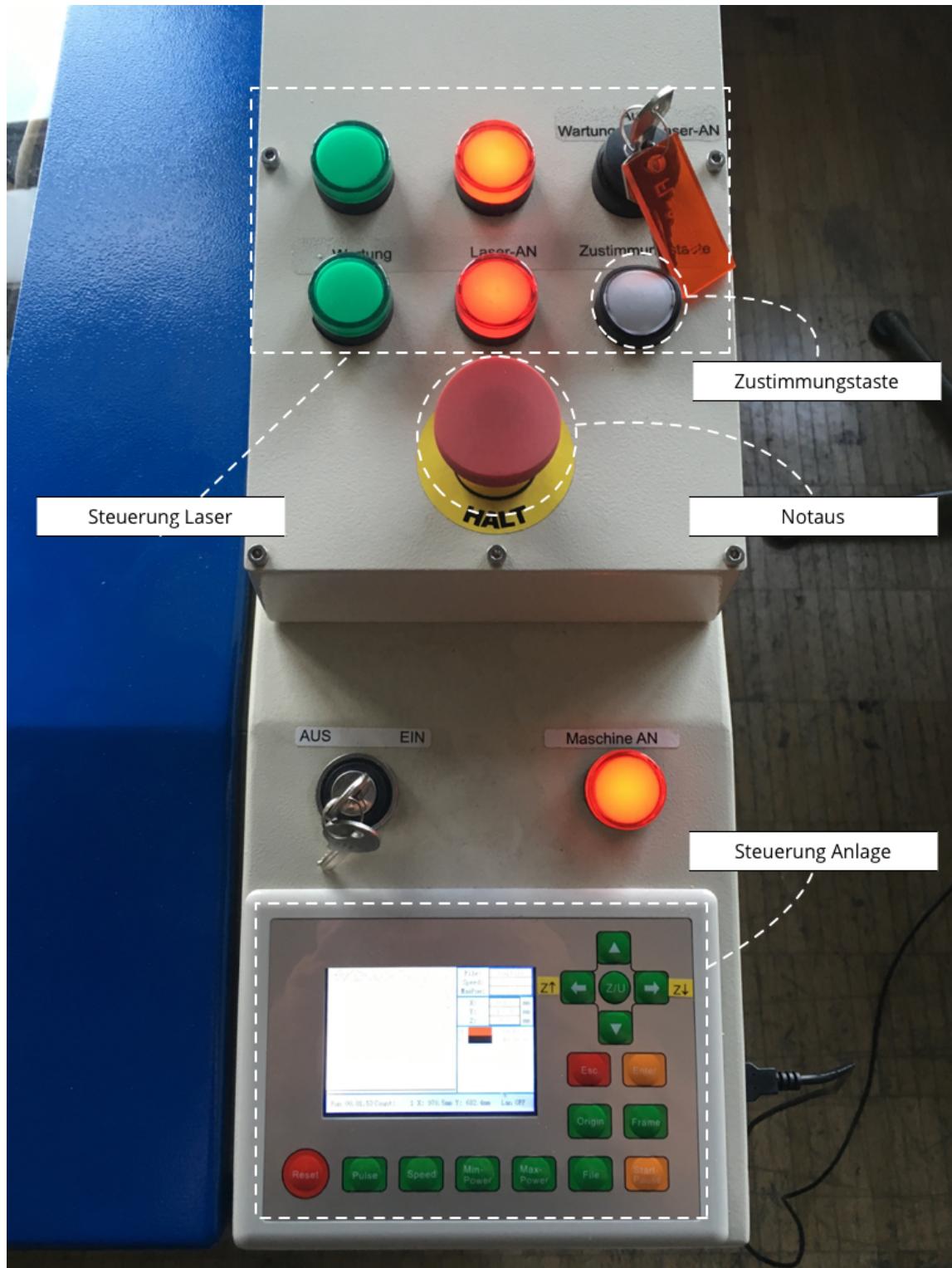


Abbildung 9: Das Menü aktiv

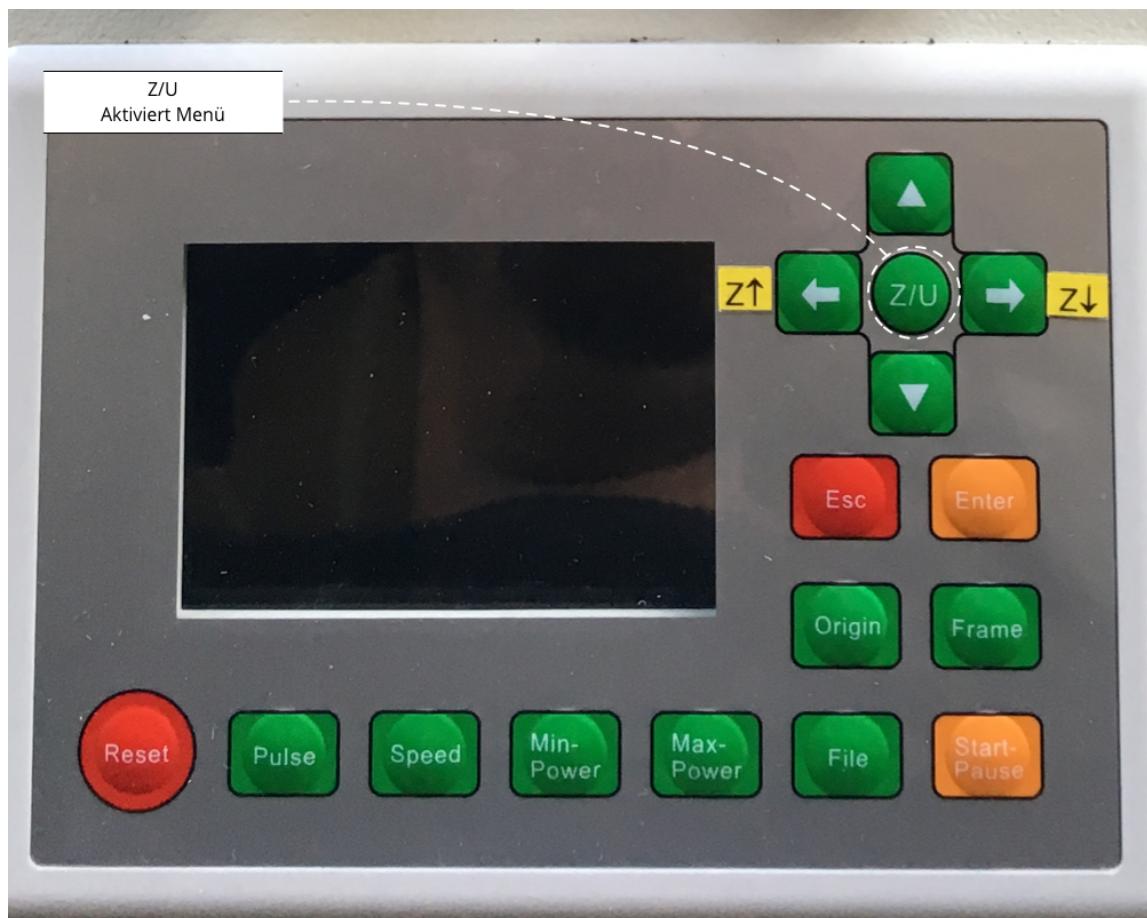
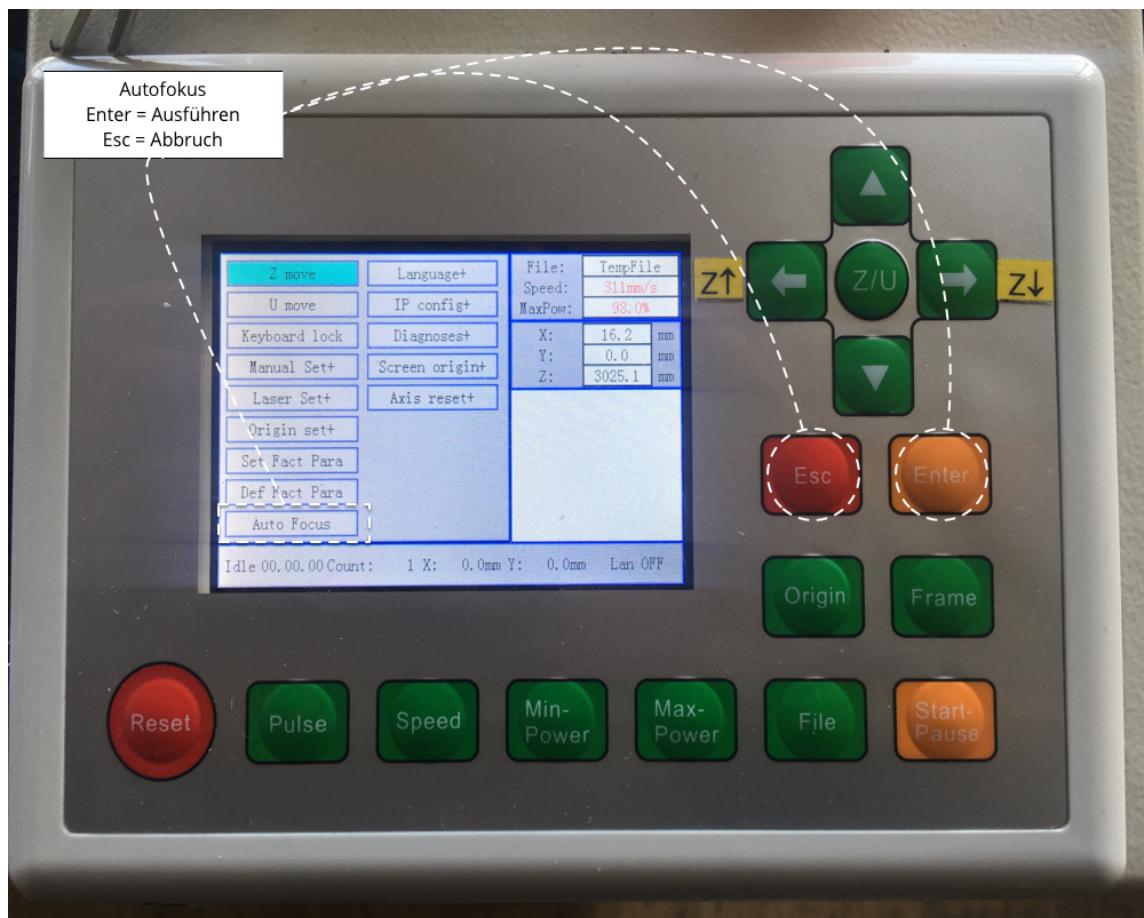


Abbildung 10: Die Steuerung der Z-Achse



Abbildung 11: Der Menüeintrag für den Autofokus



Wenn das Material unter dem Taster liegt kann das Menü über die Z/U Taste aktiviert werden (siehe Abbildung 9). Mit dem Punkt Autofocus (siehe Abbildung 11) wird die Distanz automatisch auf 21,2mm eingestellt. Über die ↑ ↓ Tasten kann der Punkt Autofocus ausgewählt werden. Mit Enter wird er aktiviert.

Achtung: Beim einstellen des Autofokus sollte immer ein Finger auf dem Esc (Escape) Knopf liegen, für den Fall, dass etwas unvorhergesehenes passiert (Der Taster bohrt sich durch das Material, der Taster reagiert nicht, der Taster ist doch nicht über dem Material).

Nach dem Autofokus Prozess liegt der Brennpunkt des Lasers auf der Oberfläche des Materials.¹¹

Null Null (Origin)

Abbildung 12: Setzen des Origins



Um die Maschine für den Laser Job bereit zu haben, kann nun der Laserkopf mit den ← ↑ ↓ → Tasten an die gewünschte Position gefahren werden. Um diese Position als Ausgangspunkt für einen Schnitt, eine Gravur oder eine

¹¹ Bei starken Materialien kann es nützlich sein den Fokus nicht auf der Oberfläche, sondern im Material zu haben. Um bei einem 10mm starken Material dies zu bewerkstelligen, bedarf es eines 5mm starken Materials. Auf dieses wird der Fokus gesetzt. Dann wird es durch das 10mm starke Material ausgetauscht. Hierbei ist jedoch drauf zu achten, dass der Taster nicht gegen das Material stoßen darf. Diese Methode ist nur ratsam für bereits erfahrene Benutzer.

Perforation zu setzen muss dies mit der Taste „Origin“ (siehe Abbildung 12) bestätigt werden.¹² Falls Unsicherheit besteht ob der Origin auch der aktuellen Position des Laserkopfes entspricht, kann über einen Druck auf die Taste Esc der Kopf auf seinen letzten Origin zurückgesetzt werden.

Achtung: Vor dem Starten eines Jobs sollte nochmals sichergestellt werden, dass der Origin stimmt. Der Laser beginnt einen Job von dieser Position aus (siehe Abschnitt [Positionierung](#)). Falls die Position vom Origin abweicht könnte das Material an einer anderen Stelle bearbeitet werden.

¹²Die Taste bestätigt, dass sie gedrückt wurde mit einem Piep. Mehr nicht. Es empfiehlt sich vor einem Job mehrfach zu überprüfen ob der Origin auch gesetzt ist.

Laser Job

Die einfachste Methode einen Job zu starten ist über die USB Verbindung aus der RDWorks Software heraus mit der Start Taste. Es existiert auch die Möglichkeit Job Dateien aus RDWorks heraus auf ein USB Stick zu speichern und diesen direkt in die Maschine zu stecken. Dafür muss der Stick FAT formatiert sein und die Dateien müssen auf der untersten Ebene des Dateisystems liegen. Unterordner werden nicht erkannt. Im weiteren Verlauf dieses Handbuchs wird diese Möglichkeit nicht berücksichtigt. Ebenfalls werden hier nur die minimalen Schritte beschrieben um einen Job mit RDWorks einzurichten und auszuführen. Ein komplette Übersicht würde den Rahmen dieses Dokuments sprengen. Hierfür existiert ein Benutzerhandbuch das vom Hersteller der Software zusammen mit dieser ausgeliefert wird.

Positionierung

Der **Origin** des Laserkopfes korrespondiert mit der Linken oberen Ecke der Daten in der Software (siehe Abbildung 21). Dies sollte nicht verändert werden, da die Leistung des Lasers von Links oben nach rechts unten abnimmt.¹³ Wenn die Daten die mögliche zu fahrende Fläche überschreitet, wird dies im Menü angezeigt. Es ist möglich den Job dennoch durchführen zu lassen. Alles was über die Arbeitsfläche hinaus geht wird nicht gelasert.

Die Parameter Verstehen

Die Parameter die zur Verfügung stehen sind

1. Die Geschwindigkeit des Laserkopfes gemessen in Millimeter pro Sekunde (mm/s).
2. Die Intensität des Laserstahls gemessen in Prozent (%).

Ausgehend von diesen beiden Parametern muss der Job eingerichtet werden. Ein 3mm Acrylplatte würde zum Beispiel bei 10mm/s und 90% Leistung geschnitten werden. Eine Gravur auf dieser Platte kann schon bei 80mm/s und 15% Leistung gut aussehen.

Stärkere Materialien bedürfen mehr Leistung und eine langsamere Bewegung. Dünne Materialien können bei einer schnellen Fahrt auch schon mit geringer Leistung geschnitten werden. Wobei eine zu hohe Geschwindigkeit sich auch auf die Qualität von Kurven und Ecken auswirkt. Es gilt hier eigenen Erfahrungswerte zu sammeln. Ebenfalls können die Außentemperatur, die Feuchtigkeit des Materials oder auch die Reinigung der Umwerf-Spiegel die Werte beeinflussen.

Daten Vorbereiten

Die Steuerungssoftware RDWorks kann mit zwei unterschiedlichen Dateitypen umgehen.

1. Vektor Daten
2. Pixel Bilder

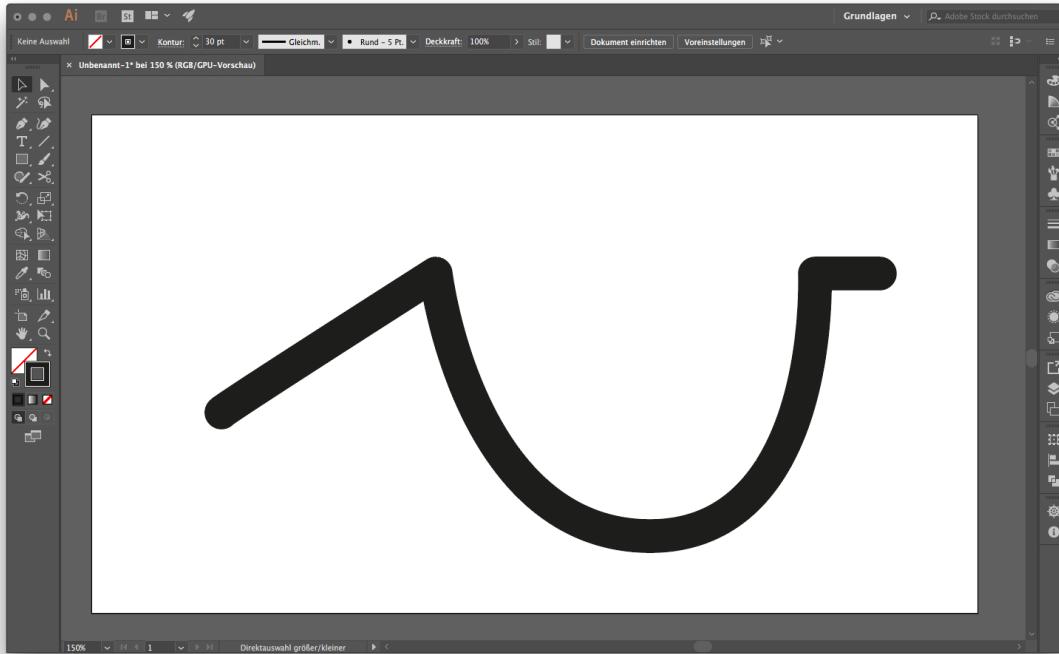
Vektor Daten

Vektor Daten können für das Schneiden, Perforieren und Gravieren genutzt werden. Es existieren einige Applikationen zum erstellen von Vektordaten. Adobe Illustrator (AI), **Inkscape**, Affinity Designer, Sketch. Hier werden Beispiele aus AI gezeigt.

¹³Versuche mit einer 3mm starken 700mm × 1000mm MDF Platte haben gezeigt, dass bei einer Leistung von 95% und einer Geschwindigkeit von 5mm/s die Platte mit einem diagonalen Schnitt nur bis zur Hälfte geschnitten werden kann.

Für Schnitt und Perforation können Pfade angelegt werden die offen sind. Diese werden von dem Laserkopf nachgefahren. Hierbei ist zu beachten, dass die Software jeden Pfad erkennt der im Dokument liegt. Es werden nur Pfade erkannt, keine Konturen. In Abbildung 13 ist die GPU-Vorschau von AI zu sehen. Dies ist jedoch nicht was der Laser erkennt.

Abbildung 13: Adobe Illustrator GPU-Vorschau



Was in Abbildung 14 zu sehen ist, entspricht dem was von dem Laserkopf nach fahren würde. Die Abbildung zeigt die Pfadansicht. Um zwischen GPU-Vorschau und Pfadansicht zu wechseln kann die Tastenkombination Command Y (macOS) oder Strg Y (Win) genutzt werden.¹⁴

Für die Gravuren funktionieren nur geschlossene Vektorpfade. In Abbildung 15 sieht es so aus als ob beide Flächen geschlossen sind. Die Pfadansicht zeigt jedoch, dass die rechte Form nicht geschlossen ist Abbildung 16. So mit würde die rechte Form für eine Gravur nicht beachtet werden.

¹⁴Im weiteren Verlauf dieses Handbuchs wird nur die macOS Variante Command dargestellt. Für Windows muss dies durch Strg ersetzt werden. Falls Abweichungen existieren wird darauf hingewiesen.

Abbildung 14: Adobe Illustrator Pfad Ansicht

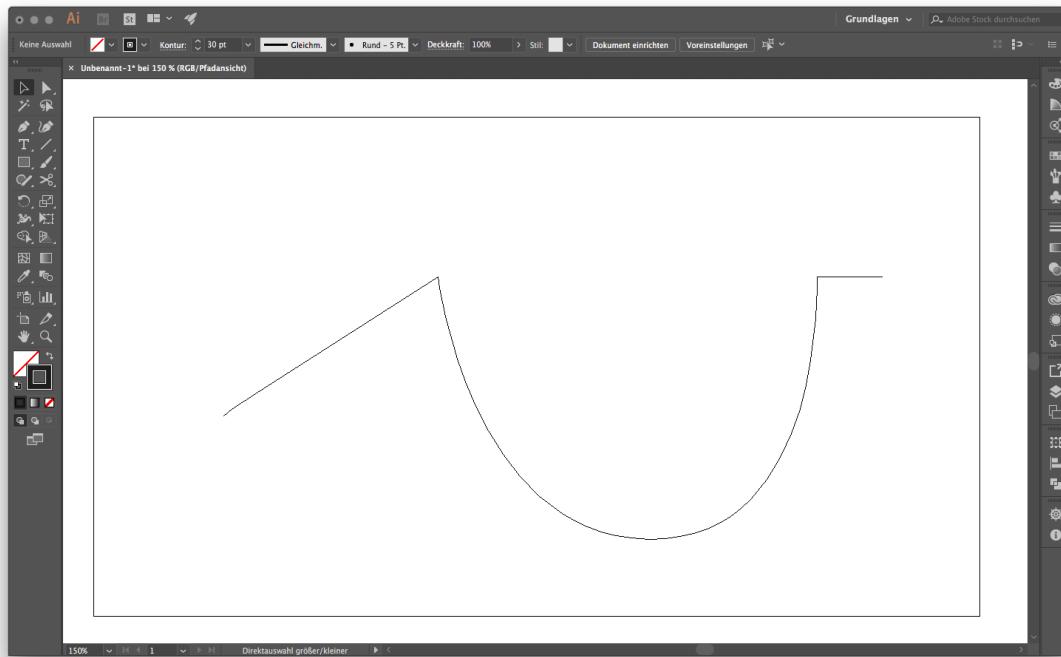


Abbildung 15: Adobe Illustrator Fläche offen GPU-Vorschau

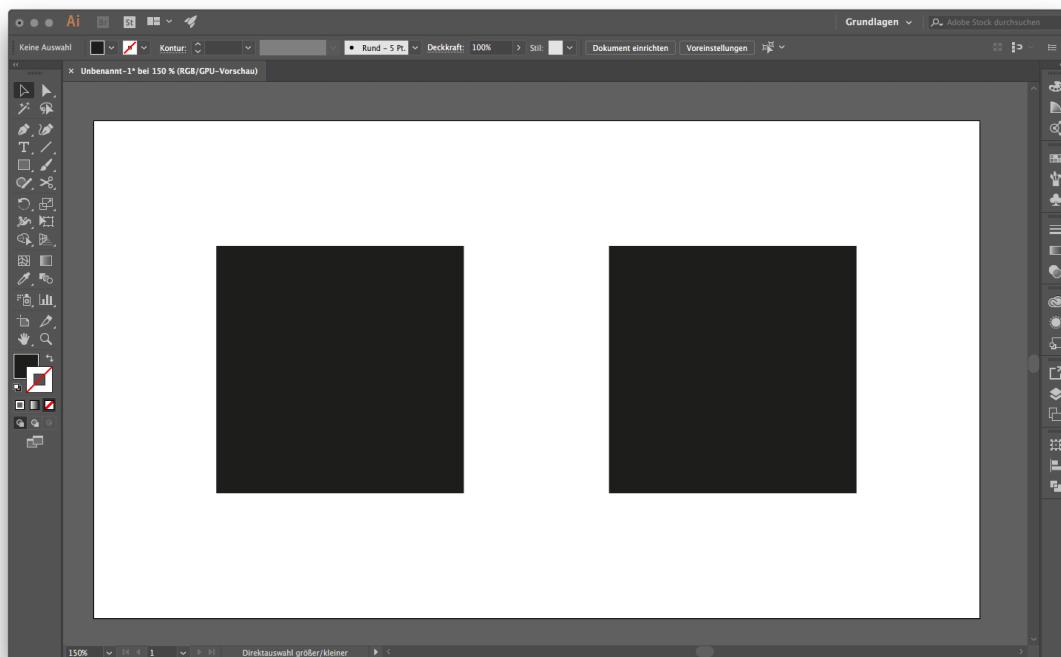
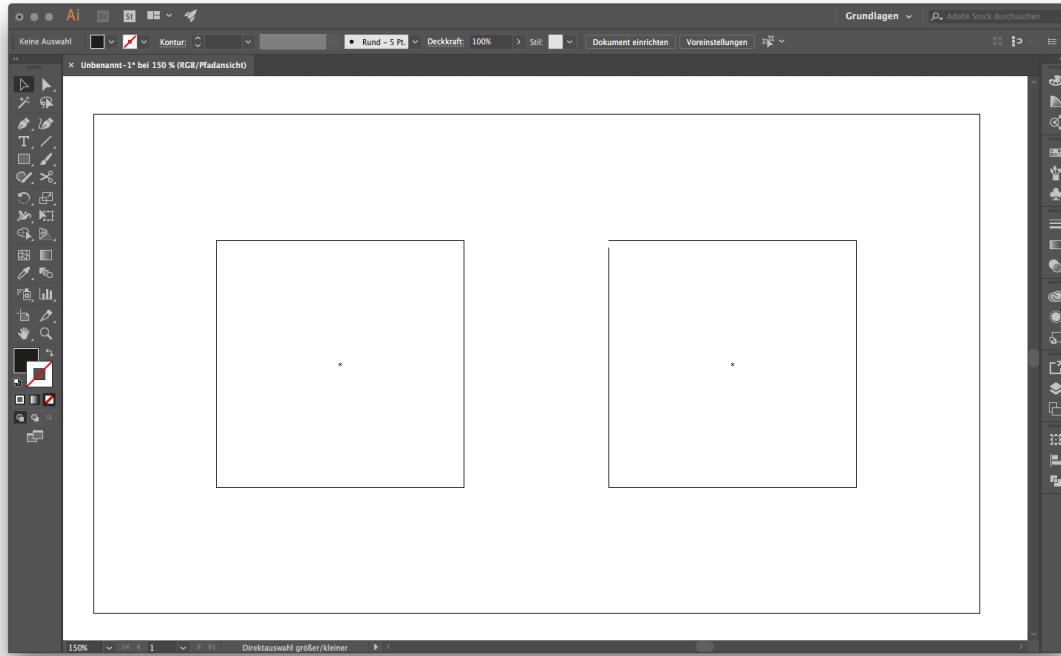


Abbildung 16: Adobe Illustrator Fläche offen Pfadansicht



Grundsätzlich sollte ein AI Dokument so angelegt werden, dass

- keine Überreste von Pfadpunkten in ihm liegen.
- keine Ebenen ausgeblendet werden.
- keine Daten außerhalb der Arbeitsfläche liegen.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 sind in der Pfadansicht Reste zu sehen die optisch in der GPU-Vorschau nicht zu erkennen wären. Die Maschine würde diese Pfadpunkte und Pfade dennoch in Betracht ziehen.

Abbildung 17: Adobe Illustrator versteckte Reste GPU-Vorschau

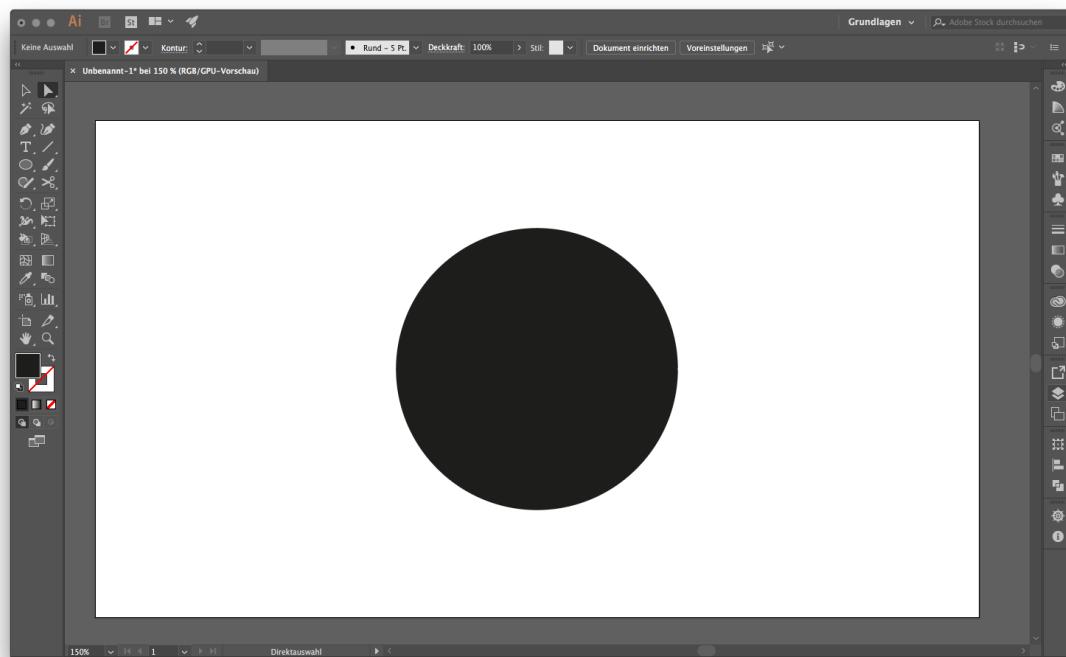
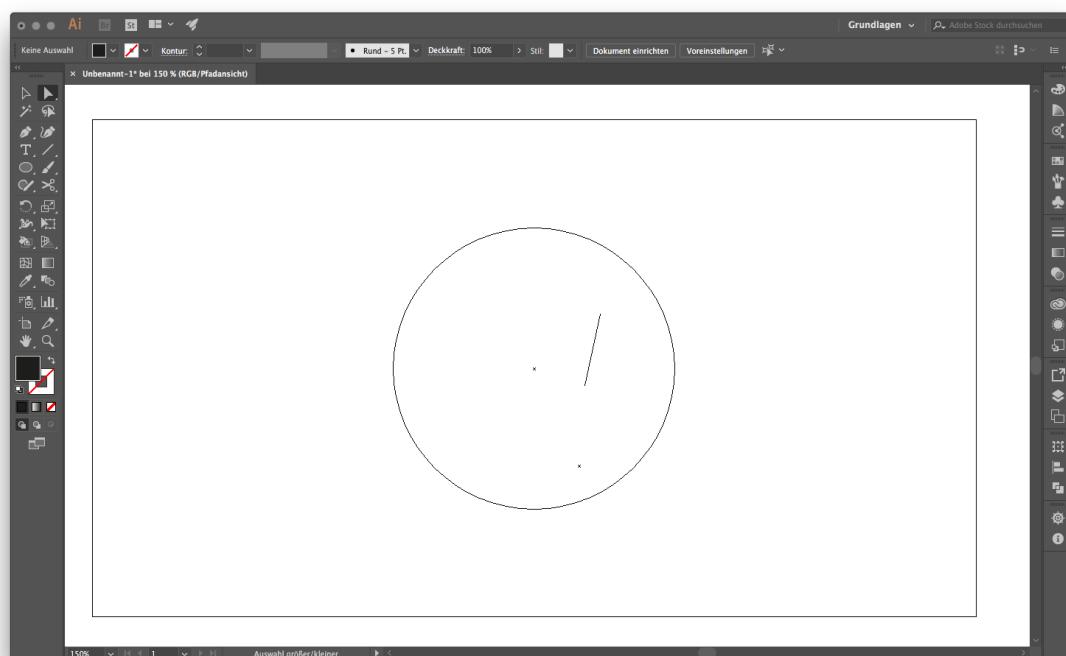


Abbildung 18: Adobe Illustrator versteckte Reste Pfadansicht



Unterstützte Vektor Formate

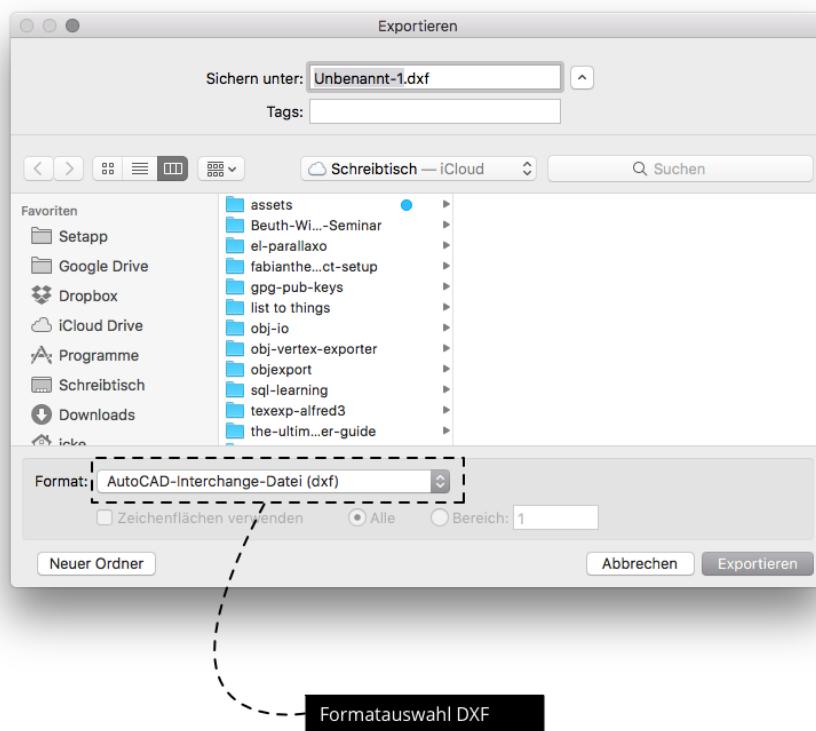
Die Software RDworks unterstützt viele Formate. Die besten Ergebnisse wurden bisher mit folgenden Formaten erzielt.¹⁵

- .ai (Version 3)
- .dxf (R14)

Bei allen Formaten ist zu beachten, dass die voreingestellte Einheit mm sein sollte.

AI DXF Export

Abbildung 19: Adobe Illustrator Datei Export Dialog



DXF Dateien können aus AI unter Datei>Exportieren>Exportieren als... ausgegeben werden. Dazu muss am unteren Rand des Datei Dialogs die Option AutoCAD-Interchange-Format (DXF) gewählt werden. Siehe Abbildung 19.

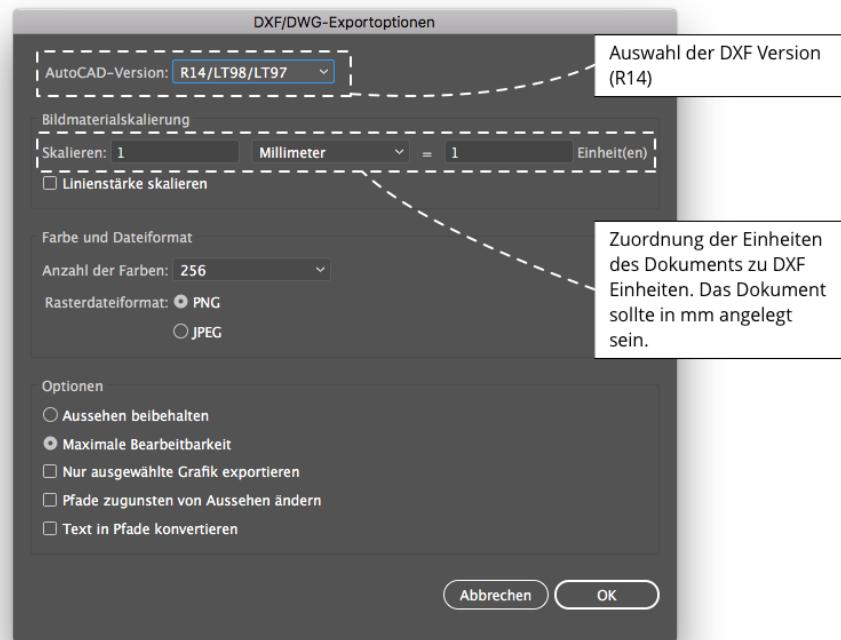
Dies öffnet einen weiteren Dialog für die Einstellungen der DXF Datei. Hier ist drauf zu achten, dass

- die AutoCAD Version R14/LT98/LT97 ist.
- im Abschnitt Bildmaterialskalierung die Einheiten richtig von 1 mm in 1 Einheit skaliert werden.

Alle weiteren Einstellungen können so bleiben wie sie sind. Siehe Abbildung 20

¹⁵Weiter Informationen zu Formaten sind im Handbuch der Software zu finden.

Abbildung 20: Adobe Illustrator DXF Export Dialog



Daten Trennen

Wenn in einer Datei mehrere Arten von Schnitt, Perforation oder Gravur angelegt werden sollen können die einzelnen Objekte getrennt werden indem ihnen eine eigene Farbe zugeordnet wird. Ebenen werden beim Export nicht berücksichtigt.

Pixelbilder

Es können ebenfalls Pixelbilder genutzt werden um Gravuren zu erzeugen. Hierbei besteht die Möglichkeit die Graustufen des Bildes zu verwenden um die Intensität des Lasers zu steuern. Die Bilder können maximal einen Auflösung von 1000 „dots per inch“ (dpi) haben. Ab 300dpi können bereits sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Unterhalb von 300dpi wird die Auflösung der Gravur roh. Gerade bei Schriften sollte wenn möglich entweder eine hohe Auflösung genutzt werden oder auf Vektoren zurückgegriffen werden.

Daten Import

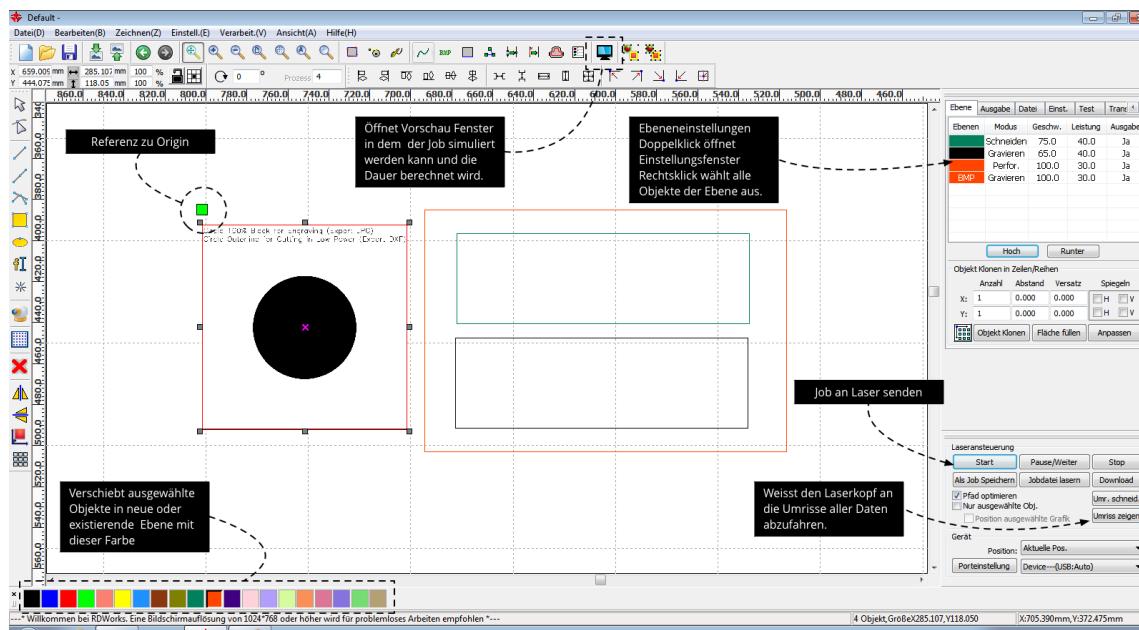
Vektor Dateien und Pixelbilder werden über den Befehl Datei>Import in die Software eingeladen.

Art des Jobs

Die Art des Laserjobs bestimmt auch mit welche Möglichkeiten zur Verfügung stehen.

- Schneiden
- Gravieren
- Perforieren

Abbildung 21: RDworks Software Oberfläche



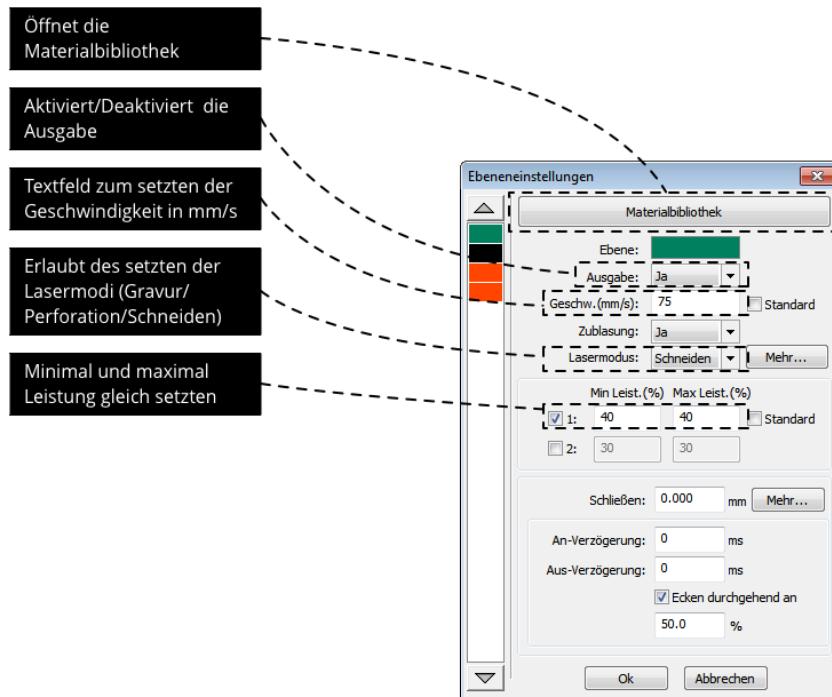
Schneiden

Um einen Schnitt einzurichten kann mit einem Doppelklick auf die entsprechende Ebene in der Ebenenpalette rechts oben (siehe Abbildung 21) das Menü für die Einstellungen aufgerufen werden. Siehe Abbildung 22. Hier kann eingestellt werden wie schnell der Laserkopf gefahren werden soll und mit welcher Intensität der Schnitt stattfinden soll. Dazu muss:

1. Die Ausgabe auf Ja stehen.
2. In Geschw. (mm/s) der gewünschte Wert eingetragen werden.
3. Der Lasermodus auf Schneiden stehen.
4. Im Feld mit der 1 und der Checkbox in Min Leist (%) und Max Leist. (%) der gleiche Wert eingetragen werden.¹⁶

Alle weiteren Möglichkeiten sind zur Feineinstellung. Hierfür sollte das Handbuch der Software zu Rate gezogen werden.

Abbildung 22: RDWorks Ebeneneinstellungen Schneiden



¹⁶Die Software nutzt den Max Wert. Um Verwirrung zu vermeiden sollte jedoch in beide Felder der gleiche Wert eingetragen werden.

Gravieren

Um eine Gravur einzurichten kann mit einem Doppelklick auf die entsprechende Ebene in der Ebenenpalette rechts oben (siehe Abbildung 21) das Menü für die Einstellungen aufgerufen werden. Siehe Abbildung 23. Hier können verschiedene Parameter der Gravur definiert werden. Dazu muss:

1. Die Ausgabe auf Ja stehen.
2. In Geschw. (mm/s) der gewünschte Wert eingetragen werden.
3. Der Lasermodus auf Gravur/Scan stehen.
4. Das Feld Graustufen ausgeb gewählt sein oder nicht (siehe Abbildung 24).¹⁷
5. Die Leistung eingestellt werden
 1. Wenn einheitlich graviert werden soll, muss im Feld mit der 1 und der Checkbox in Min Leist (%) und Max Leist. (%) der gleiche Wert eingetragen werden.¹⁸. In diesem Fall sollte Graustufen ausgeben nicht gewählt sein.
 2. Wenn abhängig von den Graustufen des Bildes graviert werden soll. muss im Feld mit der 1 und der Checkbox in Min Leist (%) die Leistung für das schwächste Grau eingetragen werden und im Feld Max Leist. (%) die Leistung für das tiefste Schwarz eingetragen werden.¹⁹
6. Für den Gravurmodus gewählt werden ob²⁰
 1. X nur in eine Richtung graviert werden soll.
 2. X in beide Richtungen graviert werden soll.
 3. Y nur in eine Richtung graviert werden soll.
 4. Y in beide Richtungen graviert werden soll.
7. In Zeilenabst. (mm) der Abstand zwischen den einzelnen Gravurzeilen eingegeben werden. Der Standard ist 0,1mm. Dies kann aber noch weiter reduziert werden.

Alle weiteren Möglichkeiten sind zur Feineinstellung. Hierfür sollte das Handbuch der Software zu Rate gezogen werden.

¹⁷Im Fall von Vektoren als Vorlage kann nur ein einheitlicher Wert gewählt werden. Das Feld ist dann nicht anwählbar.

¹⁸Die Software nutzt den Max Wert. Um Verwirrung zu vermeiden sollte jedoch in beide Felder der gleiche Wert eingetragen werden.

¹⁹Aus Erfahrung hat sich ergeben, dass Werte unterhalb von 10% Leistung kaum Ergebnis haben.

²⁰Die Gravurmodi bestimmen wie der Laser die Punkte abfährt. Zum Beispiel würde bei X beide Richtungen der Laser von Links anfahren, gravieren, auslaufen. Von Rechts wieder anfahren, gravieren, auslaufen und so weiter. Bei kleinen Schriften kann dieser Modus Treppen erzeugen. Es empfiehlt sich, wenn kleine Formen graviert werden sollen, den Laser nur aus einer Richtung gravieren zu lassen. Dadurch verdoppelt sich die Laufzeit für die Gravur.

Abbildung 23: RDWorks Ebeneneinstellung Gravur Vektorform

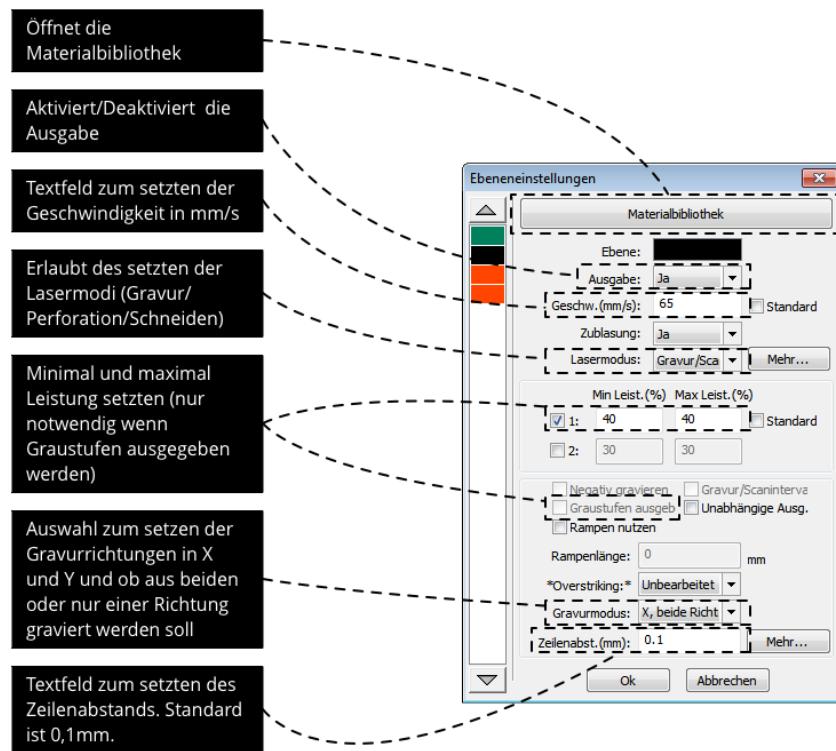
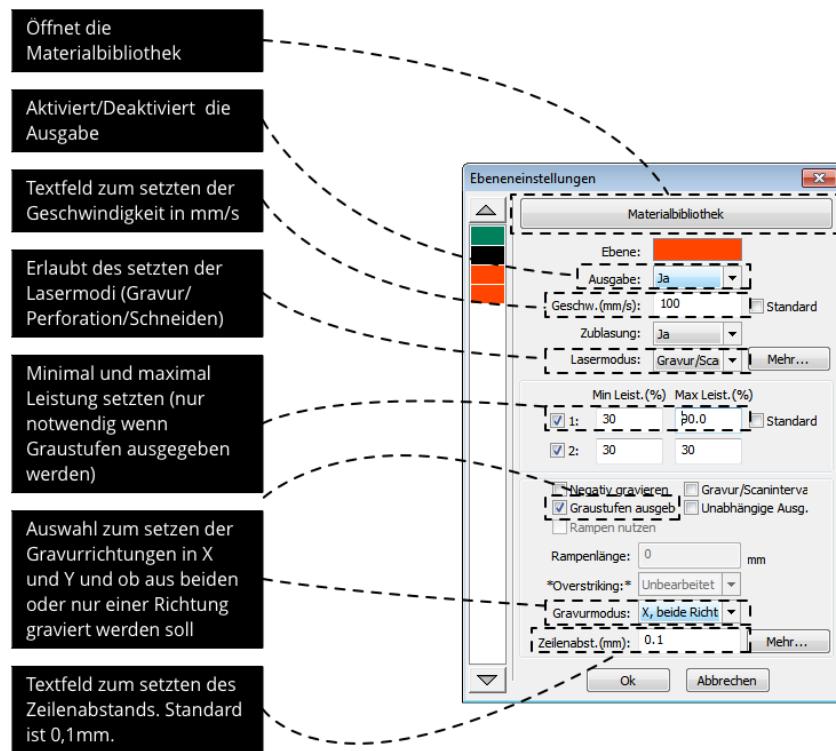


Abbildung 24: RDWorks Ebeneneinstellung Gravur Vektorform



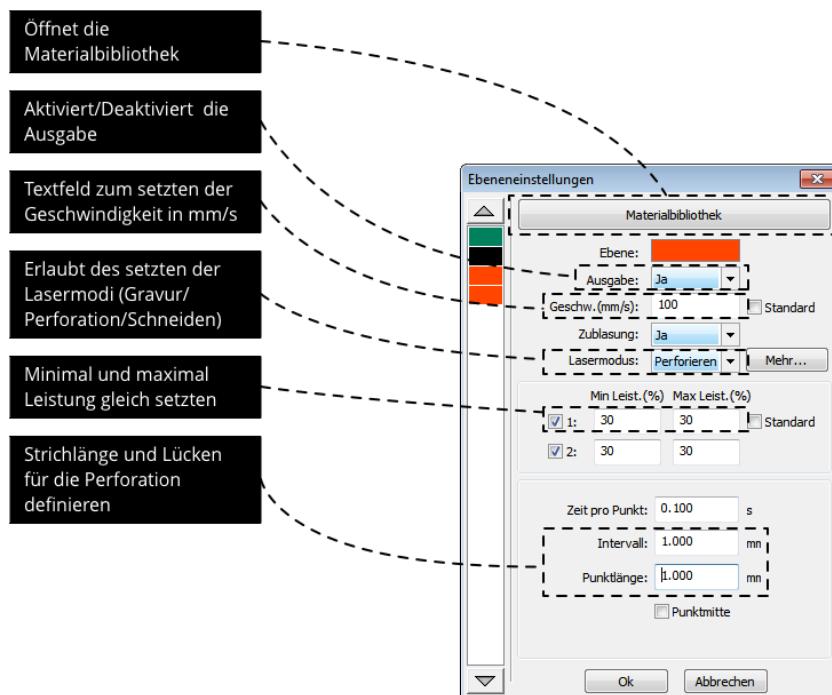
Perforieren

Um eine Perforation einzurichten kann mit einem Doppelklick auf die entsprechende Ebene in der Ebenenpalette rechts oben (siehe Abbildung 21) das Menü für die Einstellungen aufgerufen werden. Siehe Abbildung 25. Hier kann eingestellt werden wie schnell der Laserkopf gefahren werden soll, mit welcher Intensität die Perforation stattfinden soll und wie das Verhältnis zwischen Schnitt – Lücke – Schnitt – Lücke – etc. sein soll. Dazu muss:

1. Die Ausgabe auf Ja stehen.
2. In Geschw. (mm/s) der gewünschte Wert eingetragen werden.
3. Der Lasermodus auf Schneiden stehen.
4. Im Feld mit der 1 und der Checkbox in Min Leist (%) und Max Leist. (%) der gleiche Wert eingetragen werden.²¹
5. Das Interval auf einen mm Wert definiert werden.
6. Die Punktänge auf einen mm Wert definiert werden.

Alle weiteren Möglichkeiten sind zur Feineinstellung. Hierfür sollte das Handbuch der Software zu Rate gezogen werden.

Abbildung 25: RDWorks Ebeneneinstellungen Perforieren



²¹Die Software nutzt den Max Wert. Um Verwirrung zu vermeiden sollte jedoch in beide Felder der gleiche Wert eingetragen werden.

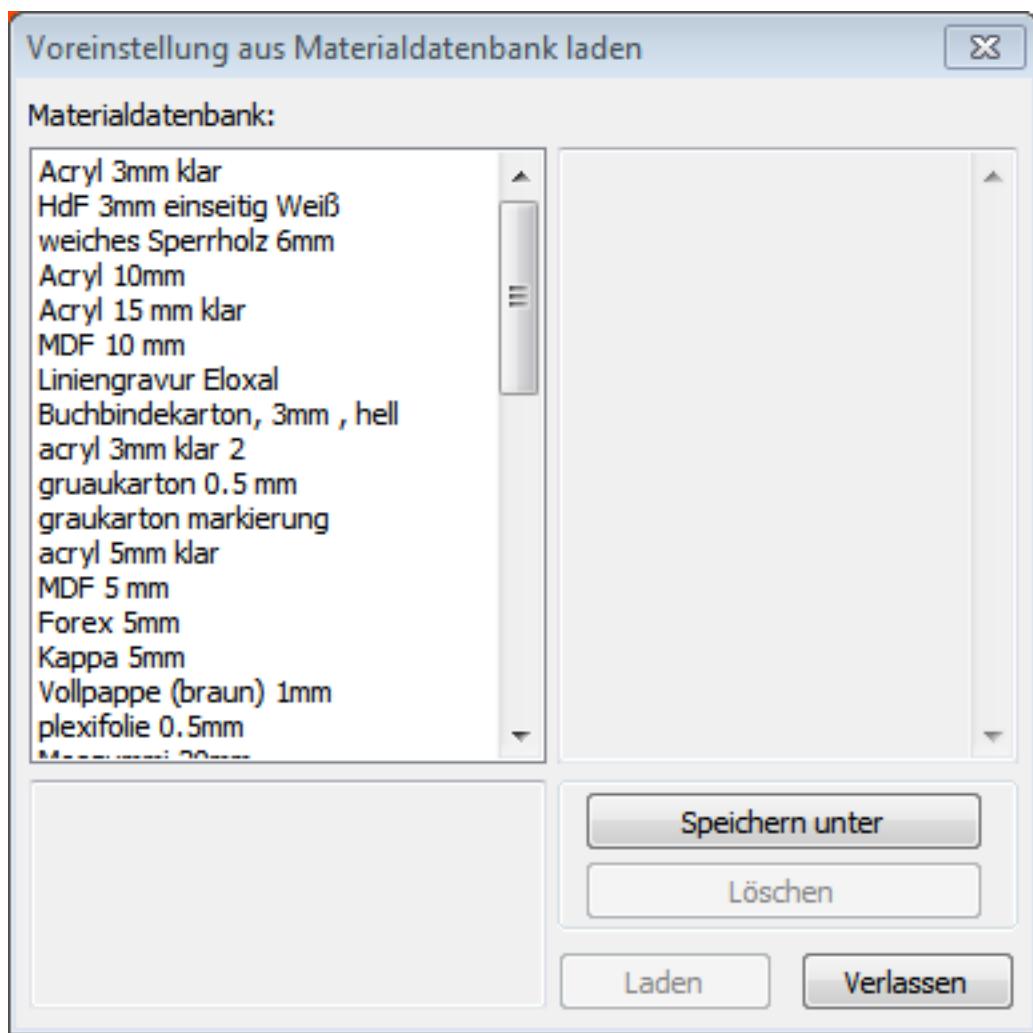
Material Bibliothek

Bei allen drei Arten von Jobs ist die Einstellung von Leistung und Geschwindigkeit abhängig von dem Material. Glücklicherweise bietet die Software die Möglichkeit Einstellungen zu speichern. Diese können in der Materialbibliothek abgelegt werden. Um diese zu offen muss mit einem Doppelklick erst die Einstellung der Ebenen geöffnet werden. Im oberen Bereich befindet sich ein Knopf (siehe zum Beispiel Abbildung 25) für die Materialbibliothek (siehe Abbildung 26). Von dort aus können Einstellungen geladen oder die aktuellen unter einem neuen Namen gespeichert werden.²² Hierbei ist es ratsam einen aussagekräftigen Namen zu wählen. Als Standard sollte folgendes Muster gelten.

Material Stärke Jobtyp

Dies würde bei einer Gravur auf einer 3mm Hochdichte Faserplatte (HDF) zu HDF 3mm Gravur werden.

Abbildung 26: RDworks Materialbibliothek



²²Wenn der Name bereits existiert wird die alte Variante überschrieben.

Lüftung

Achtung: Das aktivieren der Lüftung darf nicht vergessen werden.

Den Job Starten

Wenn der Job in RDWorks soweit eingerichtet ist wird es Zeit ihn zu starten. Vorher sollte noch folgende Punkte ein letztes mal überprüft werden.

1. Ist der Fokus richtig gesetzt?
2. Steht der Laserkopf auf dem Origin (Null/Null) und ist der Origin richtig?
3. Ist die Lüftung aktiviert?
4. Ist die Abdeckung des Lasers geschlossen?
5. Passen die Daten auf das eingelegte Material?
6. Wurde die Zustimmungstaste gedrückt?

Zu 1):

Es sollte ein letztes mal überlegt werden ob der Fokus richtig gesetzt wurde. Im Zweifelsfall sollte dieser Arbeitsschritt nochmal ausgeführt werden.

Zu 2):

Der Laserkopf muss an seinem 0/0 Punkt stehen. Über einen Druck auf die Taste Esc wird der Kopf auf seinen letzten Origin zurückgesetzt.

Zu 3):

Die Lüftung muss aktiviert sein. Gerade bei Holz Materialien kann es zu einer starken Rauchentwicklung kommen.

Zu 4):

Die Abdeckung des Lasers muss geschlossen sein damit der Job gestartet werden kann.

Zu 5):

Ob die Daten auf das Material passen, kann aus der Software heraus überprüft werden. Rechts unten in RDWorks (siehe Abbildung 21) gibt es die Möglichkeit mit dem Knopf Umriss zeigen den Laserkopf die äußeren Kanten der Vorlage abfahren zu lassen.

Zu 6):

Die Lasersteuerung weiß nicht ob der Laser aktiviert ist oder nicht. Daher kann ein Job gestartet werden ohne das ein Schnitt, eine Gravur oder eine Perforation zu Stande kommt. Um den Laser zu aktivieren muss:

1. Die Abdeckung geschlossen sein.
2. Die Zustimmungstaste gedrückt werden (siehe Abbildung 8).

Wenn all diese Maßnahmen getroffen wurden, kann über die Schaltfläche Start (siehe Abbildung 21) in der Software der Job an den Laser gesendet werden.

Der Job Läuft

Während ein Laser Job läuft darf die Anlage nicht unbeaufsichtigt bleiben. Ebenfalls sollte die Abdeckung nicht geöffnet werden. Falls es nötig ist die Abdeckung zu öffnen wird der Job pausiert. Falls ab dem aktuellen Punkt weiter gelasert werden soll, kann dies über die Start/Pause (siehe Abbildung 8) Taste veranlasst werden. Dabei ist drauf zu achten, dass nochmals die Zustimmungstaste gedrückt werden muss. Sonst fährt der Laserkopf weiter aber der Laser wird nicht wieder aktiviert.

Abschaltung

Der Prozess der Abschaltung ist grundsätzlich die umgekehrte Variante der Inbetriebnahme bis auf einige Ausnahmen.

Laserkopf in Ausgangsposition

Da der Laser nach dem Anschalten sofort eine Referenzfahrt macht, sollte vor dem Abschalten der Laserkopf in die rechte obere Ecke der Arbeitsfläche gefahren werden und dort seinen letzten Origin erhalten. Damit kann verhindert werden, dass die/der nächste Nutzer/in den Laserkopf beschädigt weil Material auf der Arbeitsfläche vergessen wurde oder das Gitter dem Distanztaster im weg ist.

Z-Achse Runter Fahren

Um die Inbetriebnahme weiter zu vereinfachen sollte die Z-Achse ein Stück runter gefahren werden. Nicht so weit, dass das Gitter unter den Absatz rutschen kann. Jedoch so weit, dass optisch direkt sichtbar ist, dass der Taster nicht gegen das Gitter stoßen kann.

Abschaltung Steuerung und Laser

Ist der Laserkopf in der Ausgangsposition und der Origin wurde gesetzt kann mit der Laser auf Aus gestellt werden und die Steuerung ebenfalls (siehe Abbildung 8).

Abschaltung Hauptstrom

Nach dem letzten setzen der Ausgangsposition, der Anpassung der Z-Achse und dem Abschalten der Anlage, kann der Hauptstrom abgeschaltet werden (siehe Abbildung 6).

Lüftung

Jetzt kann die Lüftung in Bereich 1 (siehe Abbildung 5) ausgeschaltet werden.

Oberlicht Schließen

Zuletzt wird das Oberlicht an dem die Lüftung hängt geschlossen.

Materialien

In dem Laser dürfen keine PVC-haltigen Materialien geschnitten werden! PVC-haltige Materialien erzeugen Chlorwasserstoffgase die höchst giftig sind und auch die Maschine angreifen. Wenn es nötig ist Polymere zu identifizieren, kann [dieses Paper](#) („Identification Of Polymers“) von David A. Katz ebenfalls zu Rate gezogen werden.

Das FabLab München hat in seinem Wiki eine [umfassende Liste](#) von möglichen und unmöglichen Materialien und das Wiki des [ATX Hackerspace](#) ist ebenfalls eine gute Quelle.

Schneidbare Materialien:

- Holz (bis ca. 6mm Dicke)
- Papier
- Karton/Pappe
- Acryl/Plexiglas (bis ca. 6mm Dicke) bzw. PMMA ([Polymethylmethacrylat](#))
- Stoffe
- Leder
- Linoleum
- Pertinax
- Schleifpapier (von der Rückseite her)
- Elfenbein / Horn
- Seide
- Delrin (POM, acetal)
- Mylar (polyester)
- PETG (polyethylene terephthalate glycol)

Gravierbar sind dieselben Materialien plus:

- lackierte Metalle
- Edelstahl (mit speziellem Sprüh-Lack)
- eloxiertes Alu
- Glas
- Stein (beschränkt)
- Marmor (beschränkt)
- Gips
- Fleece

Auf keinen Fall dürfen geschnitten werden:

- PVC/Vinyl, Neopren und sämtliche andere chlorhaltigen Stoffe! Entwickelt giftige Dämpfe! Außerdem geht die Maschine kaputt.
- hoch entzündliche/explosive Materialien (versteht sich von selbst)
- ABS (acrylonitrile butadiene styrene) - stinkt gewaltig und erzeugt giftige Gase
- halogenierten Monomeren bestehende Kunststoffe wie , Vinyl, Polydibromstyrol, (Teflon)
- Bakelit - Bitte nicht lasern - [siehe Link](#)

Funktioniert nicht gut, besser nicht verwenden:

- Polykarbonat (PC, Lexan) – schlechter Schnitt, verfärbt sich, fängt Feuer
- High density polyethylene (HDPE) – schmilzt
- Polypropylene (PP) – schmilzt (dünne Folien bis 1mm OK)
- Polystyrol (PS) – schmilzt (dünne Platten OK)
- Polyethylen (PE) – schmilzt
- Styrodur – schmilzt
- Nylon – schmilzt

- Moosgummi – Würde ich nicht empfehlen wenn Benzol zum Aufschäumen verwendet wurde - [siehe Link](#)>
- Schellack – auch hier ist die Beschaffenheit der Politur bzw der Beschichtung zu wissen, im Zweifel eher nicht.
- Kapton tape (Polyamide) - muss nachgefragt werden - [siehe Link](#)

Materialien die unser Laser nicht schneiden kann:

- Metalle aller Art
- Kohlefaser
- Glas
- Fiberglas
- Platinen

[Quelle](#)

Zugang zu Anlage, Schlüssel und Computer

Der Zugang zur Anlage wird über [dieses Google Doc](#) geregelt.²³ Dort sind alle Personen eingetragen die sich am Informationsstand im Hauptgebäude gegen Unterschrift den Schlüsselbund abholen dürfen. An diesem Bund ist:

- ein Schlüssel für die Steuerung
- ein Schlüssel für den Laser
- ein Schlüssel für Spind Nummer 19
- ein Dongel für LW 022

Um die Zugangsberechtigung zu erwerben muss:

- eine Einweisung an der Anlage stattgefunden haben.
- eine Abnahme durch die Administratoren stattgefunden haben.
- die jährliche Sicherheitseinweisung der Modellbauwerkstätten besucht worden sein.
- die Werkstattordnung gelesen und gegengezeichnet worden sein.

Der Computer

Die FHP stellt seinen Studierenden einen Computer zur Verfügung. Auf diesem Computer ist nur die Software RD-Works und [Inkscape](#) installiert. Da das Betriebssystem veraltet ist, sollte davon abgesehen werden diesen Rechner an das Internet anzuschließen. Daten müssen per USB Stick übertragen werden. Die FHP führt keine Backups dieses Rechners aus und behält sich vor alle dort abgelegten Daten zu löschen, falls es notwendig sein sollte. Es existiert eine Partition E (Daten) auf der eigene Ordner angelegt werden dürfen.

Terminvergabe

Die Terminvergabe läuft über die Terminfunktion des Incom.org Workspaces [Laser KNLG Base · FHP](#) und nach dem „First Come First Served“ Prinzip. Termine sind bindend und müssen dort vorab eingestellt werden. Wenn Termine nicht wahrgenommen werden können, müssen sie dort auch wieder gelöscht werden. Mehr als 2 Termine an einem Tag ist aus Erfahrungswerten kaum zu handhaben.

²³Achtung die Adresse des Google Docs könnte sich ändern.

Checklist

Dies ist eine kurze Checkliste für den gesamten Betriebsprozess. Sie sollte ausgedruckt und als Referenz griffbereit sein.

Inbetriebnahme

- [] Oberlicht öffnen
- [] Lüftung anschalten
- [] Abdeckung öffnen
- [] Hauptstrom anschalten
- [] Arbeitsfläche leeren
- [] Laserkopf höher als das Gitter?
- [] Gitter nicht unter dem Absatz?
- [] Distanztaster ist nicht verrußt?
- [] Distanztaster bewegt sich leicht und verkantet nicht?
- [] Hand über den Notaus!
- [] Steuerung mit Schlüssel anschalten
- [] Laserkopf beobachten bis die Referenzfahrt vorbei ist

Laser Job

- [] Daten einrichten
- [] Autofokus setzen. Der Distanztaster ist relevant nicht der Laserpunkt!
- [] Material final positionieren
- [] Origin setzen
- [] Laser mit dem Schlüssel anschalten
- [] Passt die Vorlage auf das Material? Umrisse zeigen.
- [] Ist die Lüftung an?
- [] Abdeckung schließen
- [] Zustimmungstaste drücken
- [] In der Software Start drücken
- [] Laser beobachten (im Falle eines Feuers Ruhe bewahren)

Feuer

- [] Abdeckung NICHT öffnen
- [] Laserjob stoppen
- [] Lüftung abschalten
- [] Feuerlöscher verwenden
- [] Feuerwehr rufen

Abschaltung

- [] Arbeitsfläche frei räumen
- [] Kleiner Materialreste entfernen
- [] Laserkopf in die rechte obere Ecke fahren
- [] Origin dort setzen
- [] Z-Achse runter fahren
- [] Z-Achse nicht tiefer als den Absatz fahren
- [] Maschine reinigen
- [] Laser abschalten
- [] Steuerung abschalten
- [] Hauptstrom abschalten
- [] Abdeckung schließen
- [] Lüftung abschalten
- [] Oberlicht schließen
- [] Computer und Kiste zurück in Spind Nummer 19
- [] Werkstatt verriegeln
- [] Schlüssel beim Pförtner abgeben

Hersteller Sabko

Sabko-GmbH
AG Wittlich -HRB 42278
UST-IdNr. DE286904964
vertreten durch die Geschäftsführer:
Sabine Lunkes, Kauffrau
Konrad Kraus, Mechatronikmeister

Kiemstrasse 10
54311 Trierweiler - Industriegebiet
Tel. 0049 (0) 651-88094
E-Mail: info@sabko-gmbh.com

Über dieses Dokument

Die aktuellste Version dieses Dokuments kann immer auf [GitHub runter geladen](#) werden. Anregungen, Erweiterungen und Fehlerkorrekturen sind sehr gerne gesehen.

- Korrekturen als Kommentare im PDF oder als [Issue](#) auf GitHub
- Ganze Kapitel bitte als reinen Text ohne Formatierungen
- Das alles natürlich auch gerne als Pull Request auf GitHub

Schriften

Es werden die Schriften [Camingo Code von Jan Fromm](#) und [Open Sans von Steve Matteson](#) verwendet. Diese müssen installiert und aktiviert sein. Es reicht nicht die Schrift Dateien im Benutzer Ordner `/Users/you/Library/Fonts/` zu haben. Auf dem System auf dem dieses PDF generiert wurde mussten diese unter `/Library/Fonts/` installiert sein.

Dokument Generieren

Das Dokument ist überwiegend in Pandoc Markdown [M_v] geschrieben.²⁴ Dort wo [M_v] nicht mehr weiter kommt wurde \LaTeX genutzt. Um das finale PDF zu generieren muss Pandoc mit dem dem fignos Filter installiert sein. Um die Ausführung zu vereinfachen wurde das entsprechende Shell Befehl in ein npm script gespeichert.

```
brew cask install mactex
brew install node
brew install pandoc
pip install pandoc-fignos
git clone git@github.com:FH-Potsdam/the-ultimate-laser-guide.git
cd ./the-ultimate-laser-guide
npm install
npm run pandoc
```

- [Pandoc - About pandoc](#)
- [tomduck/pandoc-fignos: A pandoc filter for numbering figures and figure references.](#)

²⁴Es wurden wenige \LaTeX Befehle verwendet für ein besseres Layout.

Lizenz

Dieses Dokument und alle Bilder, soweit nicht anders gekennzeichnet, sind unter MIT Lizenz.

Copyright (c) 2017 Fabian Morón Zirfas & Fachhochschule Potsdam

DE:

Hiermit wird unentgeltlich jeder Person, die eine Kopie der Software und der zugehörigen Dokumentationen (die „Software“) erhält, die Erlaubnis erteilt, sie uneingeschränkt zu nutzen, inklusive und ohne Ausnahme mit dem Recht, sie zu verwenden, zu kopieren, zu verändern, zusammenzufügen, zu veröffentlichen, zu verbreiten, zu unterlizenzieren und/oder zu verkaufen, und Personen, denen diese Software überlassen wird, diese Rechte zu verschaffen, unter den folgenden Bedingungen:

Der obige Urheberrechtsvermerk und dieser Erlaubnisvermerk sind in allen Kopien oder Teilkopien der Software beizulegen.

DIE SOFTWARE WIRD OHNE JEDE AUSDRÜCKLICHE ODER IMPLIZIERTE GARANTIE BEREITGESTELLT, EINSCHLIESSLICH DER GARANTIE ZUR BENUTZUNG FÜR DEN VORGESEHENEN ODER EINEM BESTIMMTEN ZWECK SOWIE JEGLICHER RECHTSVERLETZUNG, JEDOCH NICHT DARAUF BESCHRÄNKKT. IN KEINEM FALL SIND DIE AUTOREN ODER COPYRIGHTINHABER FÜR JEGLICHEN SCHADEN ODER SONSTIGE ANSPRÜCHE HAFTBAR ZU MACHEN, OB INFOLGE DER ERFÜLLUNG EINES VERTRAGES, EINES DELIKTES ODER ANDERS IM ZUSAMMENHANG MIT DER SOFTWARE ODER SONSTIGER VERWENDUNG DER SOFTWARE ENTSTANDEN.

EN:

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the „Software“), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED „AS IS“, WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.