

WVERSION 1.21

06.02.2026



LEITFADEN FÜR STUDIERENDE UND ARCHITEKTEN

HINWEISE ZUM LASERSCHNITT UND LAYOUTERSTELLUNG

Version
1.21

CHRISTIAN LIPP (M.SC.)
CL PERFORMANCE ENGINEERING
LINDENHOFSTRASSE 35
64287 DARMSTADT
WWW.CL-PERFORMANCE.DE

Vorwort: Laserschnitt – sinnvoll oder übertrieben?

Modelle sind ein zentraler Bestandteil im Architekturstudium – und je nach Entwurf wird schnell klar: **Präzision und Zeit spielen eine entscheidende Rolle.** Genau hier kommt der Laserschnitt ins Spiel. Saubere Kanten, exakte Maße und komplexe Geometrien lassen sich mit dem Laser mühelos realisieren – was per Hand kaum möglich wäre.

Aber: Der Weg zum gelaserten Modell ist kein Knopfdruck. Eine **korrekte Layout-Datei** muss erstellt, das passende **Material organisiert und geliefert**, Zeit für **Rücksprachen und Produktionsslots** eingeplant werden. Nach dem Schnitt folgt das oft übersehene Sortieren der Teile und das **Säubern der Laserkanten**, besonders bei Holz oder MDF. All das kostet Zeit – und Nerven.

Gleichzeitig: **Wer auf Qualität, Effizienz und ein professionelles Ergebnis setzt, profitiert enorm vom Laserschnitt.** Für detailreiche, größere oder mehrfach benötigte Bauteile ist der Mehraufwand schnell gerechtfertigt – besonders, wenn er an einen zuverlässigen Dienstleister ausgelagert wird.

Deshalb gilt:

***Es lohnt sich nur,
falls du die Bauteile nicht schneller
per Hand ausschneiden kannst!***

In diesem Leitfaden zeige ich dir, wie du deine Datei optimal aufbereitest, typische Fehler vermeidest und dein Modell effizient und ohne Überraschungen zum Laserschnitt bringst. Damit sich deine Arbeit nicht nur auszahlt – sondern am Ende auch richtig gut aussieht.

Wenn du genaueres wissen möchtest wie der Laser funktioniert und du noch mehr Hintergrundwissen zu dem Thema haben möchtest, kannst du dir im Anhang A im Detail durchlesen, wie ein Laser funktioniert und wie der Air-Assist arbeitet.

INHALT

Inhalt	2
1. Laserbare Materialien	3
2. Zur verfügung stehende Maschinen	4
3. Vorbereitung und Arbeitsablauf zum Lasercut	5
4. Lasermodi	6
5. Die Layout Datei	7
5.1. Layerfarben	7
5.2. Beschriftungen in der Layoutdatei	8
5.3. Linienstil	8
5.4. Linienstärke	8
5.5. Flächengravuren	8
5.6. Anordnung und generelles Layout	9
5.7. Mindestabstand zwischen Schnitten	9
5.8. Hinweis zu Treppenstufen oder Balken (geschnittene Streifen)	9
5.9. Stege für weniger Nacharbeit	10
5.10. Mindestabstand zum Rand	11
5.11. Maximale Anzahl an Arbeitsbereichen pro Datei?	12
5.12. Testen ist wichtig!	12
6. Sonderfall CO₂ Laser (Feeder)	13
6.1. Arbeitsweise	13
6.2. Besonderheiten bezüglich Materialbereitstellung	13
6.3. Besonderheiten an die Layoutdatei	13
7. Dateiformat und Fehlerquellen	14
Kontrolle der Datei ist wichtig!	14
8. Preise und Bearbeitungszeit	15
8.1. Preise	15
8.2. Bearbeitungszeit	15
8.3. Material ist immer Mitzubringen!	15
8.4. Rechnungsstellung	15
A. Wie funktioniert der Laserschnitt?	16
B. Materialtests	19

1. LASERBARE MATERIALIEN

Folgende Materialien können per Laser geschnitten und graviert werden:

- Graupappe
- Finnpappe
- Siebdruckpappe
- Pressspahnpappe
- MDF Holz
- Pappelsperrholz
- Flugzeugsperrholz
- Vollholz
- Acrylglas (getönt und transparent)

Es können Materialstärken von bis zu 10 mm verarbeitet werden
(Materialtests im Anhang)

Vorsicht bei Sandwichpappen! Diese enthalten einen Schaumstoffkern, welcher zum Schmelzen neigt und es somit zu einer unsauberen Schnittkante kommen kann.

Generell werden geschäumte Materialien nicht angenommen, da diese beim Lasern giftige Gase absondern.

Graviert werden können neben den bereits genannten Materialien auch:

- Leder
- Metalle
- Kork
- Und weitere (auf Anfrage)

Alle Materialien müssen selbst besorgt werden. Ein Handel oder Verkauf von Material findet nicht statt. Es handelt sich ausschließlich um die Laserschnitt sowie um die Gravur Dienstleistung

Achtung:

Die Maschinenzeit beim Cutten wächst exponentiell mit der Materialdicke. Ebenso gibt es mehr Schmauchspuren um die Ränder. Es ist daher ratsam größere Strukturen aus mehreren Schichten zusammenzusetzen.

2. ZUR VERFÜGUNG STEHENDE MASCHINEN

Folgende Maschinen stehen zur Verfügung:

	CO ₂ -Laser	CO ₂ -Laser Feeder	Diodenlaser	MOPA Faserlaser
Fläche (in mm)	600 x 300	500 x 1.500	220x220	220x220
Wellenlänge	10,6 µm		455 nm	1.064 nm
Fokus Ø	0,2 mm		0,1 mm	0,03 mm
Materialien	Organische Materialien z.B. Zellulose, Finnpappe, Sperrholz, Balsaholz, MDF Acrylglas, Stein*, Leder*, Schaumstoff*		Viele Materialien	Schnitt & Gravur von dünnen Metallblechen

* nicht im Feeder möglich

3. VORBEREITUNG UND ARBEITSABLAUF ZUM LASERCUT

Für einen erfolgreichen Lasercut sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

1. Materialauswahl treffen
 - Aus welchem Material soll dein Modell bestehen?
2. Laser auswählen
 - An welche Größe soll deine Layoutdatei angepasst werden?
3. Arbeitsbereich markieren
 - Erstelle ein Rechteck (schwarzer Layer) mit dem maximalen Arbeitsbereich (z.B. 600x300 mm)
4. Layoutdatei erstellen
 - Packe deine zu schneidende Objekte effizient
 - Achte dabei auch auf die Layereinstellungen deiner Layout Datei (Siehe Kapitel 5)
5. Produktionsslot anfragen
 - Der erste Kontakt mit mir per E-Mail oder Telefon
6. Angebot einholen
 - Layout Datei schicken und berechnen lassen (siehe Preisliste)
7. Material besorgen und liefern
 - Es kann kein Material für dich besorgt werden.
8. Produktion abwarten
 - Nun wird für dich gearbeitet
9. Fertige Teile in Empfang nehmen und kontrollieren.
 - Stelle sicher, dass auch alles vorhanden und korrekt geschnitten bzw. graviert ist.

4. LASERMODI

Der Laser kann insgesamt in 3 unterschiedlichen Modi fahren, die in der Laserdatei mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet werden.

- Laserschnitt: grün und türkis und violett
 - Trennt das Werkstück vollständig ab, das Werkstück „fällt“ aus dem zu laserndem Material heraus.
- Liniengravur (rot)
 - Führt mit verringerter Leistung um eine leichte Vertiefung zu erzeugen.
- Flächengravur (gelb)
 - Trägt das Material flächig ab. Es können vermehrt Schmauchspuren auf dem nicht gravierten Bereich auftreten.

(weitere Farben werden im Abschnitt Layoutdatei beschrieben)

Auch wenn einige Programme eine Linienstärke ausgeben, wird diese vom Laser ignoriert. Es ist also egal, ob eine Linie 0,2pt oder 4pt breit ist. Da der Laser ausschließlich vektorbasiert arbeitet, wird er nur den Vektor der Linie abfahren. Sollen breitere Linien benötigt werden, müssen diese als Flächengravur definiert werden, oder mehrere Liniengravuren nebeneinandergelegt werden.

5. DIE LAYOUT DATEI

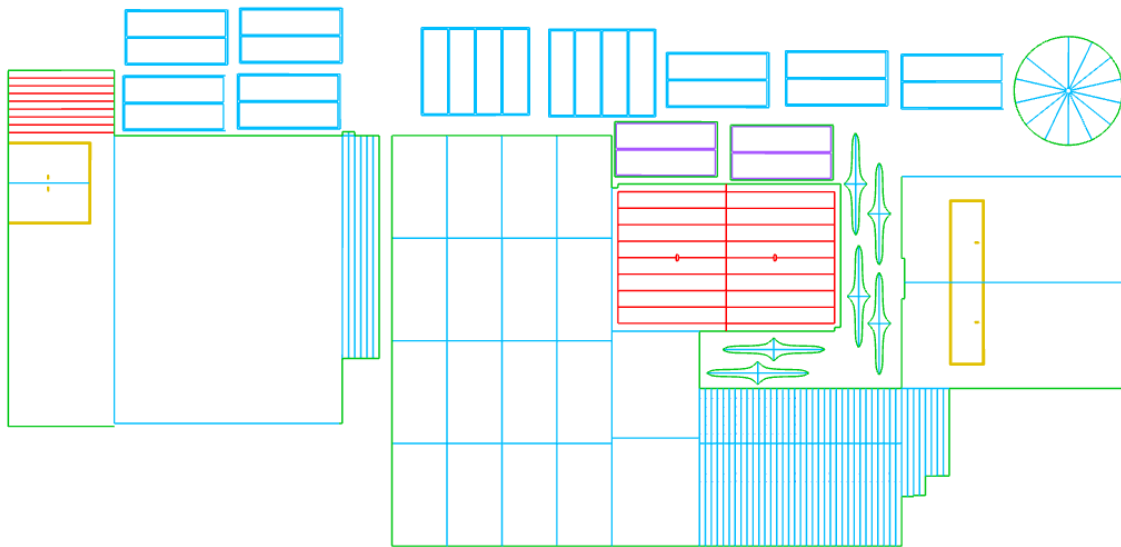


Abbildung 1: Beispiel einer Layoutdatei

5.1. LAYERFARBEN

Wie in Abbildung 4 zu sehen, können in einer Layout Datei unterschiedliche Lasermodi verarbeitet werden. Um die Sichtbarkeit zu verbessern und die Konformität einzuhalten, sollten folgende Farbkodierungen eingehalten werden:

- Grün : Laserschnitt
Bauteilumrisse
- Cyan : Laserschnitt
Öffnungen innerhalb des Bauteils. z.B.: Fensterumrisse, die herausfallen dürfen.
- Violett : Laserschnitt mit automatischen Stegen
Sollten Bauteile zwar geschnitten werden, aber nicht herausfallen dürfen, können hier automatisch generierte Stege eingesetzt werden. Näheres dazu später im Kapitel.
- Rot : Liniengravuren
z.B. Dielenandeutungen, optische Absetzung von Wandelementen
- Gelb : Flächengravuren
z.B.: Feldwege, Fußwege, Markierungen.

Hinweis:

Grün und Cyan verwenden die selben Schneideparameter. Die Verwendung von 2 Farben dient ausschließlich der Übersichtlichkeit bei der Erstellung der Layoutdatei.

5.2. BESCHRIFTUNGEN IN DER LAYOUTDATEI

Falls aus organisatorischen Gründen Beschriftungen auf Bauteilen benötigt werden, die keine gestalterischen Anforderungen erfüllen müssen, Wird empfohlen entweder Symbole zu verwenden oder einfache Schriftarten wie Arial zu verwenden.

Eine sinnvolle Skalierung der Schrift ist erstrebenswert, da zu große Zeichen Zeit und somit auch Geld kosten, zu kleine jedoch eventuell nicht lesbar sind.

Es wird weiterhin empfohlen die Beschriftung auf den Layer ● **Schwarz** zu legen. Dieser Layer wird vorzugsweise mit einer Flächengravur bedient.

5.3. LINIENSTIL

Über den Linienstil, in Rhino genannt "Linien Typ", lässt sich in den meisten CAD-Anwendungen die Darstellungsart der Linienführung einstellen, also "durchgehend", „gestrichelt“ etc.

In der Layout Datei zulässig ist ausschließlich die durchgehende Linie.

5.4. LINIENSTÄRKE

Als Linienstärke ist für ALLE Kurven der kleinste Wert einzustellen, den das jeweilige Programm unterstützt. Da die Linienstärke vom Laser ohnehin ignoriert wird, werden breite Linien beim Erstellen der Layout Datei nur zu Irritationen führen. Sollten breitere Linien benötigt werden, ist diese über den gelben Layer als Flächengravur zu erstellen.

5.5. FLÄCHENGRAVUREN

Eine Flächengravur ist durch einen füllenden Umriss definiert.

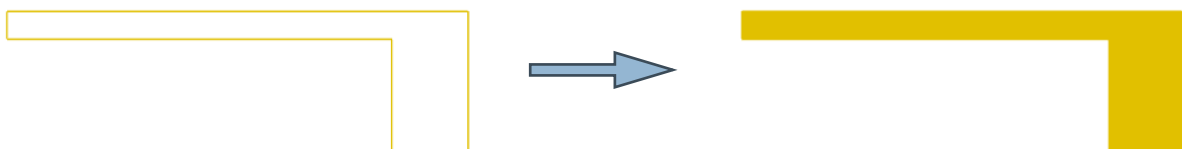


Abbildung 2: Flächengravur als füllender Umriss

Diese Füllung kann bei der Überprüfung der Layoutdatei vorgenommen werden. Wichtig ist hierbei, dass der Umriss auf dem gelben Layer liegt.

5.6. ANORDNUNG UND GENERELLES LAYOUT

Es sollte auf eine intelligente Anordnung der Zeichnungen geachtet werden. Bei entsprechender Anordnung kann die Bearbeitungszeit deutlich verkürzt werden, was ebenfalls wieder Geld und Material spart. Hier kann das Zusammenlegen von Schnittlinien genutzt werden.

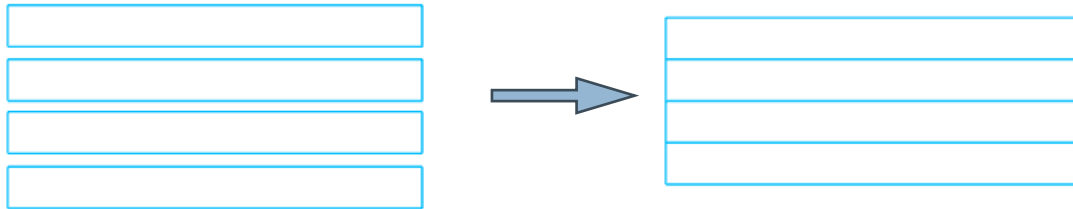


Abbildung 3: Zusammengelegte Schnittlinien sparen Zeit und Geld

Vorsicht: Es ist darauf zu achten, dass Schnittlinien bzw. Vektoren nicht doppelt übereinander liegen. Dies kann im schlimmsten Fall zu einem Abbruch der Bearbeitung oder auch zur Zerstörung des Materials durch Brand führen.

5.7. MINDESTABSTAND ZWISCHEN SCHNITTEN

Es wird empfohlen den **Mindestabstand von 1 mm** einzuhalten. Bei dünner Finnpappe kann in Ausnahmefällen ein **Mindestabstand von 0,5 mm** gelasert werden. Wie aus Kapitel A und Abbildung 12 erkennbar, hat ein Laserstrahl einen Brennpunktdurchmesser von ca. 0,2 mm. Liegen nun zwei Linien 0,5 mm auseinander, wird der Steg zwischen den Schnitten nur noch ca. 0,3 mm breit sein. Bei dickeren pappen oder Hölzern kann es sein, dass bei einem Schnittabstand von 0,5 mm nichts mehr stehen bleibt.

Im Zweifel sollte hier ein kleiner Test erfolgen, ob ein dünner Steg gelasert werden kann oder nicht.

Verbrannte oder zerstörte Strukturen als Resultat aus zu klein gewählten Abständen werden regulär in Rechnung gestellt. Ein Ersatz oder eine Reklamation ist ausgeschlossen.

5.8. HINWEIS ZU TREPPENSTUFEN ODER BALKEN (GESCHNITTENE STREIFEN)

Alle Streifen einzeln zu schneiden ist unklug. Es ist zu raten, die Schnittlinien zusammenzulegen, wie aus Abbildung 3 ersichtlich. Zudem kann es ratsam sein, eine Schnittlinie als Liniengravur auszuführen. Balken oder im Allgemeinen geschnittene Streifen können während des Bearbeitungsvorgangs durch den Air-

Assist weggeblasen werden oder durch das Raster fallen. Durch die Ausführung als Liniengravur bleiben die Streifen jedoch als ein Element verbunden und können im Nachgang mit einem Skalpell abgetrennt werden.

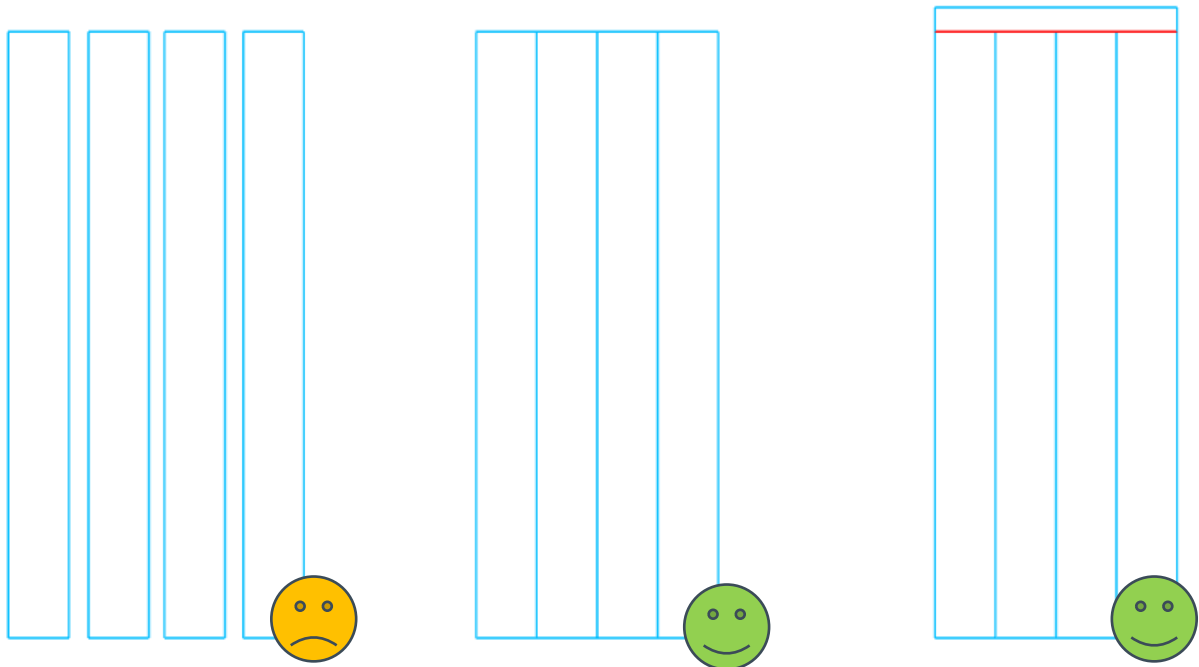


Abbildung 4: Streifen intelligent miteinander verbinden

5.9. STEGE FÜR WENIGER NACHARBEIT

Stege können dazu beitragen, dass kleine, filigrane Objekte beim Schnitt nicht verloren gehen. Stege sind vom Schneideprogramm generierte Unterbrechungen der Schnittlinie. Dadurch bleiben kleine Objekte fest mit dem Werkstück verbunden und können hinterher mit einem Cutter oder Skalpell herausgetrennt werden. Diese Technik kann viel Zeit beim Sortieren der Teile ersparen. Der Einsatz von Stegen ist insbesondere

beim Schneiden kleinteiliger oder filigraner Geometrien AUS PAPPEN ALLER STÄRKEN und bei dünnen Furnieren SINNVOLL. Es kann zwischen 2 - 50 Stege je Objekt variiert werden. Die Stege werden dabei gleichmäßig auf der Schnittlinie



Abbildung 6: Vorschau der Schnittlinien mit 10 Stegen (oben), 5 Stegen (mitte) und ohne Steg (unten).



Abbildung 5: Automatische Stege nur auf dem violetten Layer

verteilt. Um dies zu kennzeichnen ist die Schnittlinie auf den violetten Layer zu legen. Es ist dabei wichtig die Anzahl der Stege mitzuteilen.

Ein Steg ist dabei ca. 0,5 mm lang. Stege können aber auch manuell in der Layoutdatei erstellt werden.

Dabei muss in der Layout Datei die Schnittlinie (Cyan, grün) je nach Material und Geometrie um 0.5 - 1 mm unterbrochen werden. Bei stärkeren Materialien (ab ca. 2-3 mm wird empfohlen, die Stege noch durch eine Gravur der Lücke (rot) zu schwächen, was die spätere Demontage erleichtert.

Eine ausreichende Stückzahl und sinnvoll verteilte Anordnung ist hierbei wichtig. Außerdem sollten die Bauteile in diesem Fall nicht unmittelbar an andere Bauteile angrenzen. Selbst angefertigte Stege bedeuten einen erhöhten Zeitaufwand im Vorfeld, dafür aber maximale Kontrolle über das Ergebnis, was intakte und sortierte Bauteile, Zeitersparnis bei Abholung und Transport garantiert.

Wichtig: selbst angefertigte Stege dürfen NICHT auf dem violetten Layer sein, da sonst automatisch generierte Stege zusätzlich erzeugt werden. Schnittlinien mit selbst erstellten Stegen haben stets auf dem grünen oder Cyan Layer ihre Daseinsberechtigung.

Zudem kann es sinnvoll sein, Objekte mit Stegen aus dem gesamtmaterial mit einem Offset auszuschneiden, was den Transport erleichtern kann. (Siehe Abbildung 7)

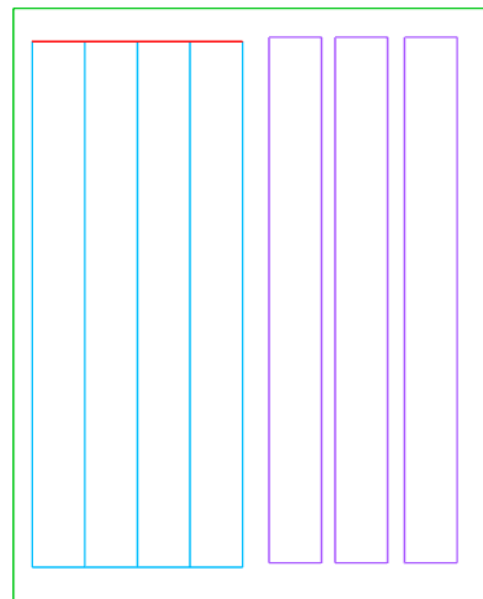


Abbildung 7: Transportumrandung von verbundenen Streifen und Streifen mit Stegen

5.10. MINDESTABSTAND ZUM RAND

Zwar hat ein Laser eine bearbeitbare Fläche von 600x300mm, jedoch kann es sinnvoll sein, diese nicht bis zum äußersten Rand auszureizen. Es wird empfohlen einen Mindestabstand von ca. 5-10 mm zum Rand einzuhalten.

5.11. MAXIMALE ANZAHL AN ARBEITSBEREICHEN PRO DATEI?

Es können bis zu 10 unterschiedliche Arbeitsbereiche erstellt werden. Dabei ist ein Arbeitsbereich die bearbeitbare Fläche des Lasers. Während der Dateiprüfung werden dann die entsprechenden Arbeitsbereiche Laserspezifisch angeordnet. Die Umrandung der Arbeitsbereiche erleichtert hierbei die entsprechende Prüfung. Sollten mehr als 10 unterschiedliche Arbeitsbereiche notwendig sein, wird darum gebeten die Dateien entsprechend zu nummerieren.

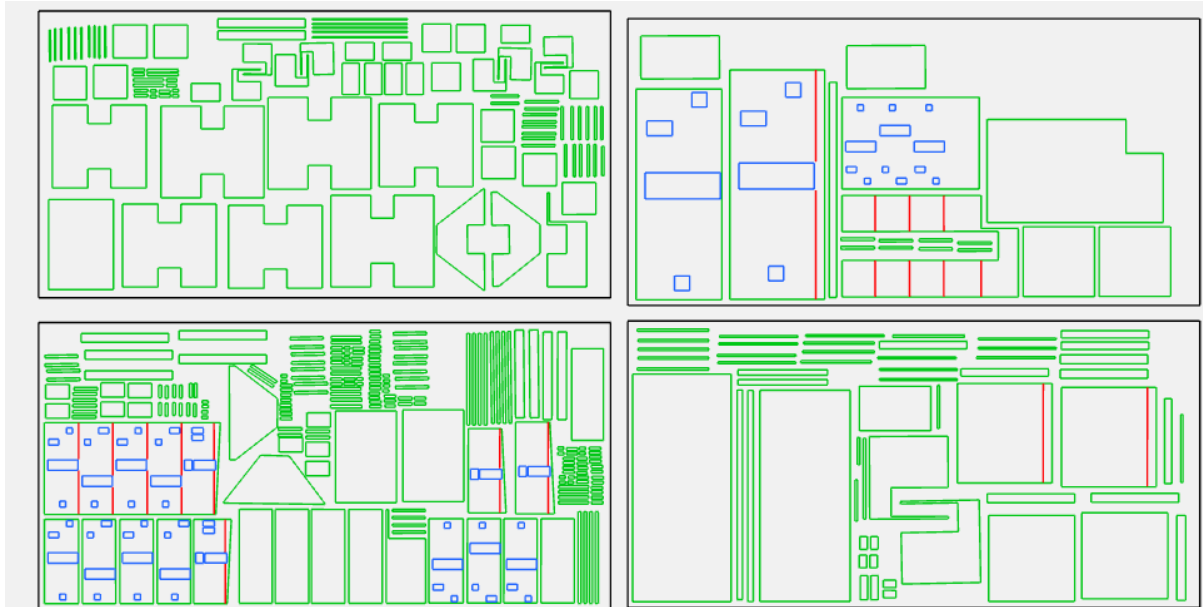


Abbildung 8: Layoutdatei mit insgesamt 4 Arbeitsbereichen

5.12. TESTEN IST WICHTIG!

Gibt es Unsicherheiten beim Einschätzen der Laserbarkeit, die Eignung der Materialwahl oder die zu erwartenden Laserzeit entworfener Geometrien?

Dann ist es sinnvoll ein Test durchzuführen. Dieser sollte frühzeitig mit dem gewünschten Material und geeigneten repräsentativen Ausschnitten durchgeführt werden.

Materialtests werden in der Regel mit Schnitten/Gravuren mit unterschiedlichen Geometrien durchgeführt und ein Testgrid erstellt. Dazu bedarf es Material von mindestens 100x100 mm Fläche.

6. SONDERFALL CO₂ LASER (FEEDER)

6.1. ARBEITSWEISE

Der Feeder des CO₂ Lasers ist eine Erweiterung um große Objekte lasern zu können. Hier ist die maximale Laser-Arbeitsfläche 500x1500 mm, wobei das Material nicht hineingelegt wird, sondern über ein Zuführungsmodul dem Laser in Y-Richtung zugeführt wird. Der Laserkopf bewegt sich dann nur noch an einer fixierten Position entlang der X-Achse. Der Schacht zum Zuführen ist 600 mm breit und kann bis zu diesem Maß ausgenutzt werden.

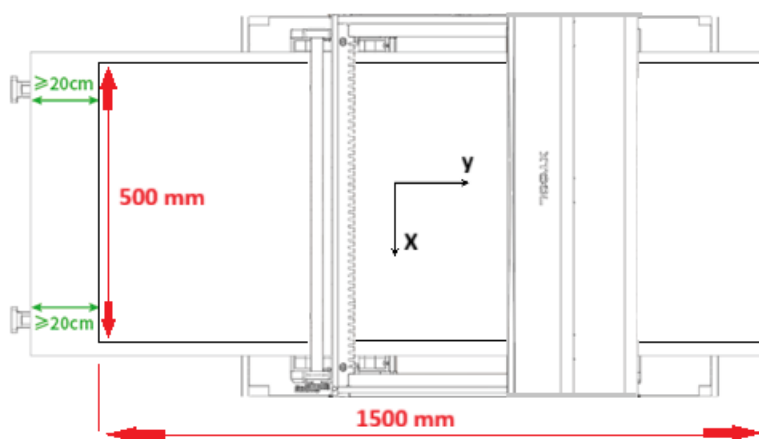


Abbildung 9: Arbeitsweise und Aufbau vom Feeder

6.2. BESONDERHEITEN BEZÜGLICH MATERIALBEREITSTELLUNG

Durch dieses Zusatzmodul ist es zwingend erforderlich, dass das Material mindestens 20 cm länger ist als der zu bearbeitende Arbeitsbereich. Sollte der Arbeitsbereich demnach nur 1000mm lang sein, so muss das Material mindestens 1200mm in der Länge sein, da das Material über Rollen außerhalb des Lasers angetrieben wird. Demnach muss bei voll ausgereizter Arbeitsfläche von 500x1500 mm das Material 1700 mm lang sein. Zur besseren Verarbeitung ist bei voll ausgereizter Breite sinnvoll, 550 mm breites Material zu verwenden.

6.3. BESONDERHEITEN AN DIE LAYOUTDATEI

Es wird dringend dazu geraten, alle zu schneidenden Bauteile mit Stegen manuell zu versehen oder diese durch den violetten Layer zu kennzeichnen, damit die Stege automatisiert erzeugt werden (siehe Kapitel 5.9).

Grund dafür ist, dass sich das Material bewegt und herunterhängendes Material sich verklemmen und somit zum Abbruch der Bearbeitung führen kann. Zudem fallen ausgeschnittene Teile gerade herunter und können dort dann vom Laser verbrannt werden.

7. DATEIFORMAT UND FEHLERQUELLEN

Grundsätzlich ist die Grundlage einer Laserdatei immer eine 2D Vektordatei in einem der folgenden Datenformate:

- DXF
- SVG
- DWG (kann konvertiert werden, wird aber nicht nativ unterstützt)

Es ist darauf zu achten, dass die Laserdatei vollständig und fehlerfrei ist. Fehler können sein:

- Mehrere doppelte Vektorlinien übereinander
 - Sollten 2 Liniengravuren übereinander liegen, kann es hier zu einem ungewollten Schnitt kommen.
- Nicht geschlossene Kurven
 - Sofern ein Bauteil ausgeschnitten werden soll, kann es bei nicht geschlossenen Kontouren zu ungewollten Ausfransungen kommen.
- Nicht zusammengeführte Vektoren
 - Dies kann die Bearbeitungszeit unnötig verlängern und somit zusätzliche Kosten verursachen.



Abbildung 10: Beispiel nicht geschlossener Kurven.

KONTROLLE DER DATEI IST WICHTIG!

- Sind alle Layer richtig markiert?
- Sind alle doppelten Linien entfernt?
- Sind die Mindestabstände eingehalten worden?
- Sind kleine filigrane Objekte mit Stegen befestigt?
- Sind alle Objekte entfernt, die nicht zur Layoutdatei gehören?

8. PREISE UND BEARBEITUNGSZEIT

8.1. PREISE

Folgende Preise werden berechnet und gelten inkl. 19% MwSt. sowie pro angefangene Minute:

Materialtest	15€ (pauschal pro Materialart)
Dateiprüfung (zwingend erforderlich)	20€ (pauschal pro Auftrag)
Lasermminute CO ₂ Laser	1,20€/min
Lasermminute CO ₂ Laser (Feeder)	1,50€/min
Lasermminute MOPA Laser (Metalle)	2€/min
Bearbeitungszeit 3-5 Werktage	Ohne Aufpreis
Bearbeitungszeit 1-3 Werktage	5% Aufpreis
Bearbeitung innerhalb von 24 h	20% Aufpreis
Expressbearbeitung (Wochenende)	30% Aufpreis
Studierendentarife (bei Abholung)	25% Rabatt auf die Gesamtrechnung

8.2. BEARBEITUNGSZEIT

Je nach Auftragslage kann die Bearbeitungszeit zwischen 1-5 Werktagen variieren. Je nach Auftragslage kann die Bearbeitung schneller gehen oder länger dauern. Es wäre daher sinnvoll die aktuelle Bearbeitungszeit zu erfragen. In besonderen Härtefällen kann aber auch eine schnellere Bearbeitung innerhalb von 24 Stunden (mit Aufpreis) gewährt werden.

8.3. MATERIAL IST IMMER MITZUBRINGEN!

Die hier genannten Preise sind ausschließlich für die Dienstleistung und beinhalten nicht das zu bearbeitende Material. Es ist daher wichtig das Material in ausreichender Menge mitzubringen. Es kann in seltenen Fällen auch vorkommen, dass es zu einem Fehler in der Bearbeitung kommt. Somit wäre es sinnvoll mindestens eine Arbeitsplatte als Reserve dabei zu haben.

8.4. RECHNUNGSSTELLUNG

Zu allen Aufträgen gehört eine ordentliche Rechnung, die bei Studenten auch als Studienausgaben bei der Steuer angegeben werden kann. Für die Rechnung sind folgende Daten notwendig:

Vor- und Nachname, Straße, Wohnort

A. WIE FUNKTIONIERT DER LASERSCHNITT?

Im Grunde ist der Prozess des Laserschnitts recht simpel. Zusammengefasst ist der Lasercutter in der Lage, Material durch einen optisch fokussierten Laserstrahl zu trennen, indem das Material am Auftreffpunkt des Laserstrahls verdampft wird. Der Laserkopf bewegt sich hierbei in einer X/Y Ebene über das Material.

Der zum Schneiden verwendete Laser basiert auf einer mit CO₂-Gas gefüllten Resonatorröhre und wird daher als CO₂-Laser bezeichnet. Bei einem CO₂-Laser wird das Licht durch die elektrische Anregung der Moleküle des CO₂-Gases erzeugt. Die angeregten CO₂-Moleküle geben ihre Energie in Form von Infrarotphotonen wieder ab, welche eine spezifische Wellenlänge 10.600 nm bzw. 10,6 µm aufweisen. Die Resonatorröhre, bestehend aus zwei Spiegeln, wobei einer von beiden teildurchlässig ist, verstärkt die Lichtemission, wobei der Laserstrahl aus dem teildurchlässigen Spiegel als ein gebündelter, kohärenter Lichtstrahl austritt.

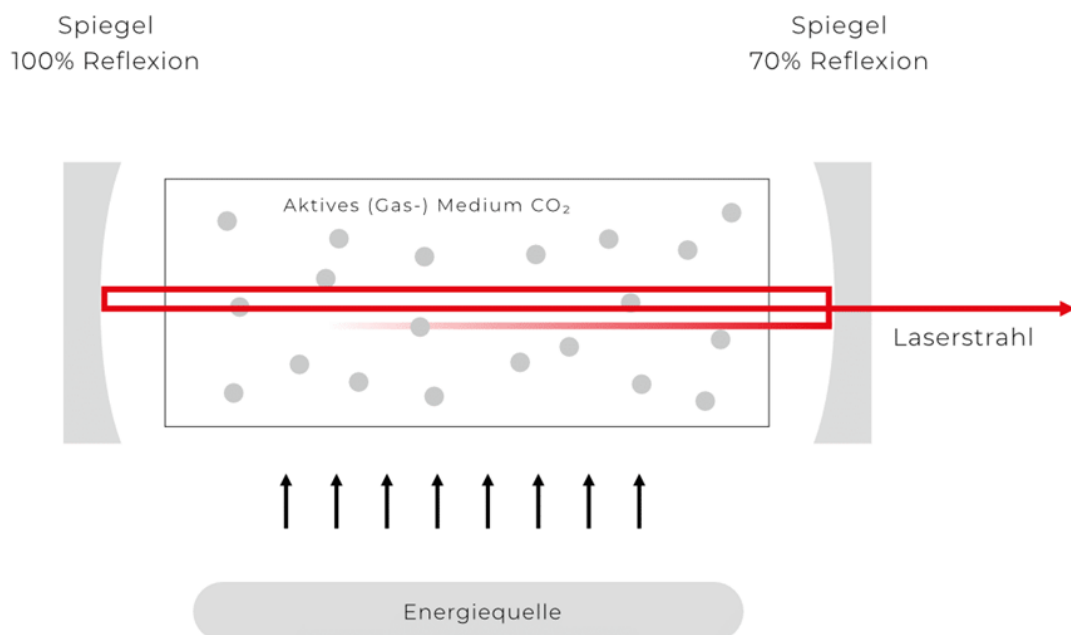


Abbildung 11: Erzeugung eines Laserstrahls

Der erzeugte Laserstrahl wird dann durch spezielle Linsen auf einen Punkt gebündelt. Der Strahl wird somit verengt und weitet sich nach dem Fokuspunkt, auch Brennpunkt genannt, wieder auf. Das Ziel ist es, die Energie des Laserstrahls auf diesen Brennpunkt zu konzentrieren. Der Durchmesser dieses

fokussierten Strahls liegt im Bereich zwischen 0,2 und 0,3 mm, was dann zu sehr präzisen Schnitten führt. Dieser Brennpunktdurchmesser ist durch die Bündelung des Strahls und anschließende Aufweitung nach dem Fokus jedoch nur in einem gewissen Bereich valide (siehe Abbildung 12). Dieser valide Bereich wird auch Fokustiefe bezeichnet und liegt in der Regel bei ca. 2–4 mm. Dieser Fakt führt dazu, dass dickere Materialien wie zum Beispiel Holzbretter nicht mit einem Schnitt getrennt werden können, sondern es mehrere Durchgänge bedarf. Bei Verwendung von dünner Finnpappe reicht in der Regel ein Trenndurchgang aus.

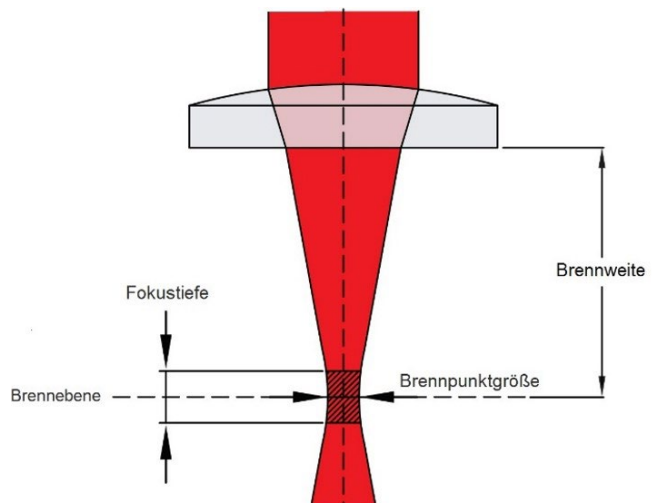


Abbildung 12: Brennebene, Brennpunktgröße und Brennweite

Der vom CO₂-Laser emittierte Lichtstrahl mit einer Wellenlänge von 10,6 µm, wird extrem gut von Zellulose, dem Hauptbestandteil von Pappe, absorbiert. Diese hohe Absorptionsrate führt dazu, dass die elektromagnetische Energie des Laserstrahls nahezu verlustfrei in thermische Energie umgewandelt wird. Dies führt beim Auftreffen auf die Oberfläche der Pappe zu einer starken Temperaturerhöhung, welche sich aufgrund der geringen Wärmekapazität und der niedrigen Wärmeleitfähigkeit des Materials auf den unmittelbaren Bereich um den Laserstrahl beschränkt. Die Hitzeeinwirkung führt zunächst zur Pyrolyse, also zur thermischen Zersetzung der Zellulose in Abwesenheit von Sauerstoff. Dabei entstehen brennbare Gase, flüchtige organische Verbindungen sowie ein kohlenstoffreicher Feststoffrückstand. Die freigesetzten Gase können sich im Kontakt mit dem umgebenden Sauerstoff entzünden, was zur lokalen Verbrennung der Pappe führt.

In der Praxis kommt es also zu einer Kombination aus Sublimation, Pyrolyse und exothermer Verbrennung. Die Materialabtragung erfolgt hauptsächlich durch die thermisch induzierte Gasbildung und nachfolgende Verdrängung des Materials in Form von Rauch und Asche.

Da der zum Schneiden verwendete CO₂-Laser mit einer Strahlleistung von bis zu 55 W arbeitet, ist die Schnittfuge besonders fein, jedoch begleitet von einer

deutlich sichtbaren Verkohlung der Kanten. Deshalb muss vor der weiteren Verwendung der ausgeschnittenen Teile diese Kante gesäubert werden.

Um den Prozess zu stabilisieren, wird kontinuierlich Druckluft auf die Bearbeitungszone gerichtet. Dieser Gasstrom, welcher auch Air-Assist genannt wird, schützt nicht nur die Optik des Lasersystems vor Rauchpartikeln, sondern transportiert auch Verbrennungsrückstände ab und kühlt gleichzeitig angrenzende Bereiche, um thermische Schädigung außerhalb der Schnittlinie zu minimieren. Bei Bedarf kann der Luftstrom minimiert werden, was jedoch auch zu einer stärkeren Verkohlung der Schnittkante führen kann.

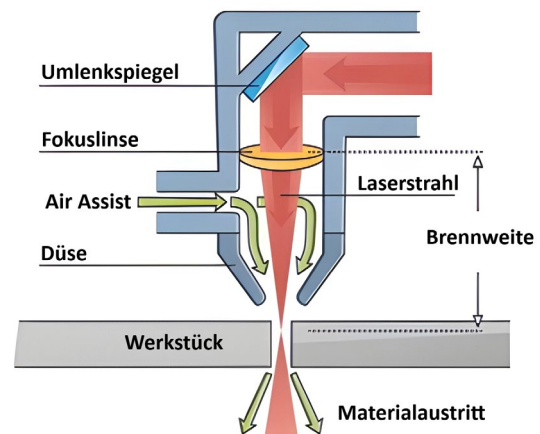


Abbildung 13: Funktionsweise des Air-Assist

Um die Verbrennungsrückstände aus dem Schneidprozess bestmöglich abzutransportieren, liegt das Werkstück auf einer Wabengitterstruktur mit einer Wabenweite von ca. 6 mm auf. Somit kann die durch die Düse austretende Druckluft durch die Schnittfuge dringen und das Werkstück vor Schmauchspuren schützen. Durch das Aufliegen auf dem Gitter kann es jedoch zu Reflektionen des Laserstrahls an den Gitterkanten kommen, weswegen Verfärbungen auf der Rückseite des Werkstücks auftreten können.

Die Schnittqualität wird wesentlich durch die Balance zwischen Laserleistung, Schnittgeschwindigkeit und Gasdruck bestimmt. Die präzise Kontrolle dieser Parameter ist entscheidend, um eine saubere, schmale Schnittfuge mit minimalem thermischem Einfluss auf die umliegenden Materialbereiche zu erzielen. Zu beachten ist jedoch, dass der Luftstrom kleine Teile wegpusten kann, die ungewollt entweder herausfallen oder auf später zu schneidenden Bereichen zum Liegen kommen und im späteren Verlauf zerschnitten werden können.

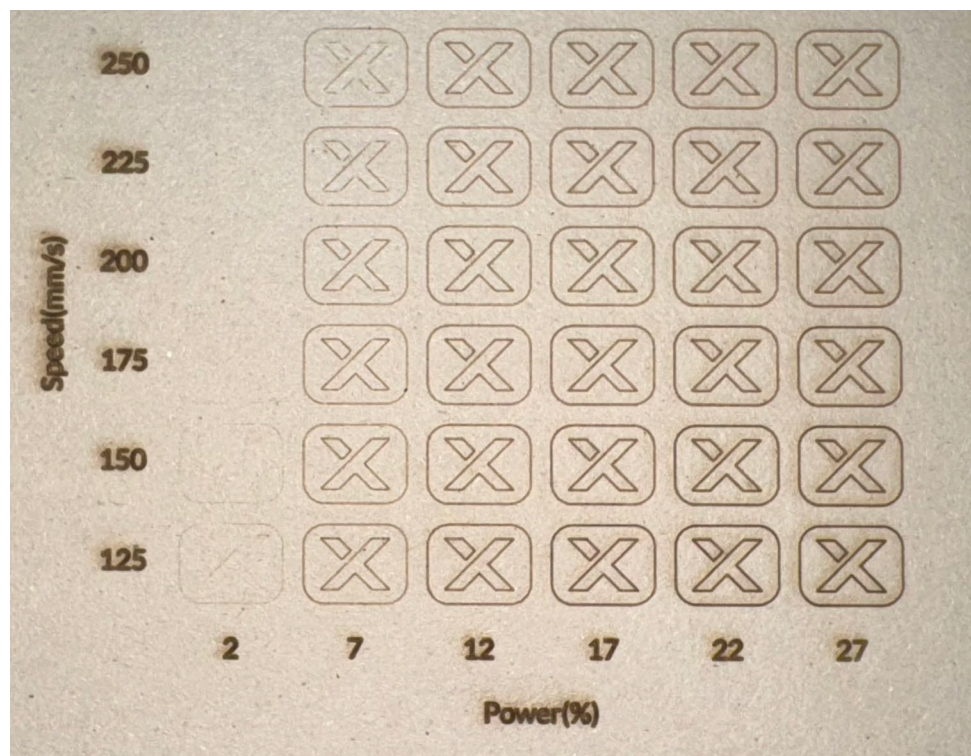
B. MATERIALTESTS

Hier sind einige Materialtests zu finden. Die Laserleistung ist auf der X-Achse wohingegen die Geschwindigkeit auf der Y-Achse zu finden ist. Die Wegstrecke geteilt durch die Geschwindigkeit ergibt ungefähr die Laserzeit. Sollten demnach Vektoren mit einer Gesamtlänge von 5000 mm geschnitten werden, würde das bei einer Schnittgeschwindigkeit von 20 mm/s genau 250 Sekunden ergeben, was 4 Min und 10 Sekunden bedeutet und somit als 5 Minuten Laserzeit abgerechnet wird.

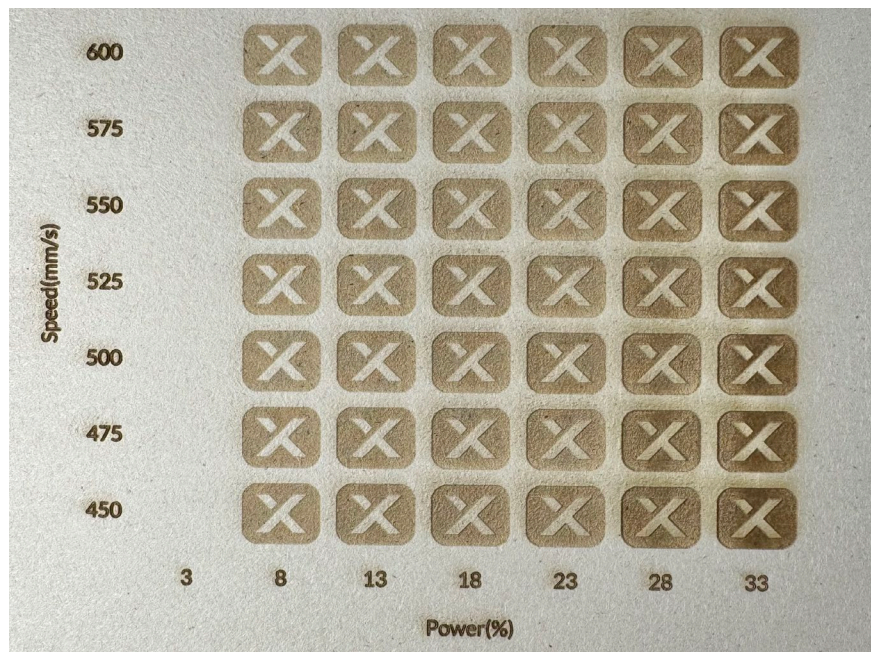
Es kann bei der Dateienabgabe auch auf explizite Einstellungen verwiesen werden. Dies bitte in der Email bei Übersenden der Datei mit angeben. Linien und Flächengravuren sind hierbei unabhängig von der Materialdicke. Schnittgeschwindigkeiten sind nur als Referenz anzusehen, da diese nahezu festgeschrieben sind.

1. FINNPAPPE

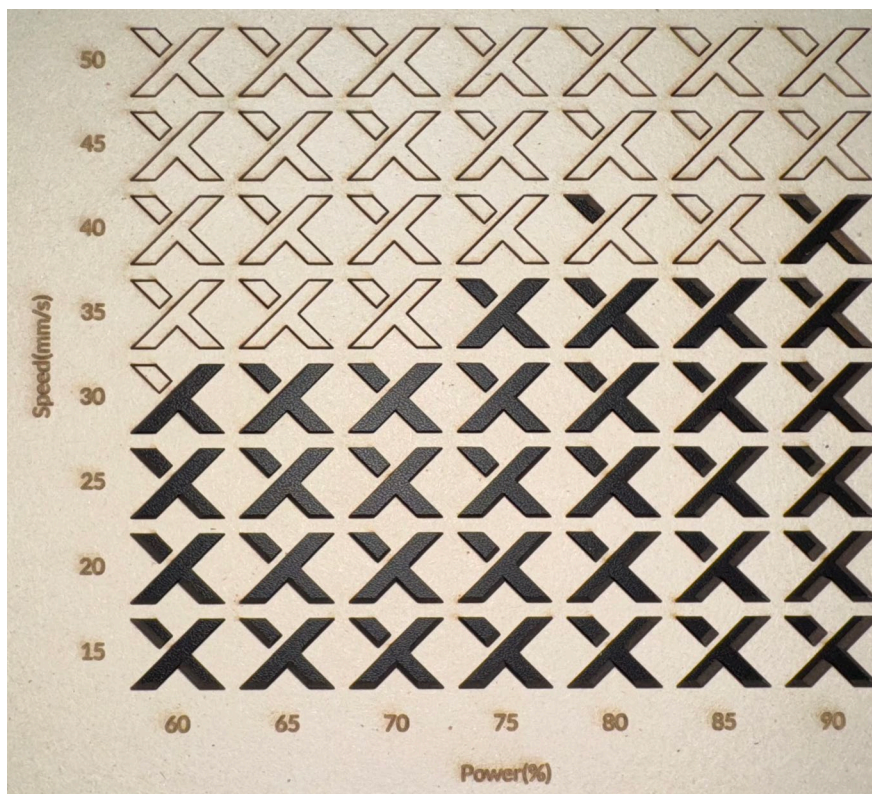
a. Liniengravur



b. Flächengravur



Schnitt



2. GRAUPAPPE

a. Liniengravur

