



Leseprobe

Anika Kehrer, Teja Philipp, Sven Rens

Lasercutting

Eigene Designs erstellen, schneiden und gravieren

ISBN (Buch): 978-3-446-45039-4

ISBN (E-Book): 978-3-446-45303-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45039-4>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

1	Lasercutting also!	1
2	Vorhang auf für Lasertechnik	7
2.1	Das passiert in einem Lasercutter	8
2.1.1	Elektromagnetische Strahlung	10
2.1.2	Die Sache mit der Wellenlänge	13
2.1.3	Der Laserstrahl – ein besonderer Lichtstrahl	17
2.1.4	Laserschneiden bedeutet Lichtstrahlenabsorption	18
2.1.5	Grenzen der Technik: Absorptionseigenschaften und Bauarten	21
2.2	Gefahrenquellen	25
2.2.1	Laserlicht als Gefahrenquelle	26
2.2.2	Materialverarbeitung als Gefahrenquelle	34
2.2.3	Strom als Gefahrenquelle	36
2.3	Schutzmaßnahmen	37
2.3.1	Schutzbrillen und Gehäuse	38
2.3.2	Luftfilter und Materialkenntnis	41
2.3.3	Umgang mit Hochspannung und Selbstbausätzen	43
2.3.4	Was das CE-Kennzeichen aussagt	44
2.4	Typen von Lasercuttern	45
2.4.1	So funktioniert ein Laser	46
2.4.2	Gaslaser	50
2.4.3	Festkörperlaser	56
2.4.4	Laserdiode – ein besonderer Festkörperlaser	59
2.5	Einsatzbereiche von Lasercuttern	63
2.5.1	Industrie	64
2.5.2	Consumer Electronics	64
2.5.3	Maker-Szene	65

3	Lasercutter – Einordnung, Nutzungsmöglichkeiten und Marktübersicht	67
3.1	Lasercutting – eine Technologie im Aufwind	67
3.1.1	Der Trend zum digitalen Maken	67
3.1.2	Im Kielwasser des 3D-Drucks	69
3.1.3	Lasercutter – Lückenfüller zwischen 3D-Drucker und Fräse	70
3.1.4	Und es hat Boom gemacht: Lasercutting für Heimanwender	72
3.1.5	Alltagsnahe Nutzungsszenarien	73
3.2	Wie komme ich an Lasercutter heran?	74
3.2.1	FabLabs	74
3.2.2	Dienstleister	75
3.2.3	Das eigene Gerät	78
3.3	Kauf eines Lasercutters – eine Marktschau	80
3.3.1	Charakteristika des Angebots	80
3.3.2	Kaufkriterien	82
3.3.3	Marktschau: Diese Geräte werden angeboten	84
4	Aus dem Kopf in die Datei	93
4.1	Dateiformate, die Sie kennen sollten	93
4.1.1	Die alte Plottersprache HPGL	94
4.1.2	Die noch ältere CNC-Sprache G-Code	95
4.1.3	Vektorgrafiken und Pixelgrafiken	101
4.2	Software zum Erstellen von Laservorlagen	105
4.2.1	Adobe Creative Suite (macOS, Windows)	105
4.2.2	CorelDRAW Graphics Suite (Windows)	106
4.2.3	Freie Software für Pixelgrafiken: GIMP (macOS, Windows, Linux)	107
4.2.4	Freie Software für Vektorgrafiken: Inkscape (macOS, Windows, Linux)	108
4.2.5	Online-Services	109
4.3	... und Action: Eigene Laservorlagen erstellen	110
4.3.1	So bearbeiten Sie Pixelgrafiken mit GIMP	110
4.3.2	Fotos für die Gravur vorbereiten	121
4.3.3	Handzeichnungen für die Gravur vorbereiten	130
4.3.4	Fotos für die Vektorisierung vorbereiten	140
4.3.5	So bearbeiten Sie Vektorgrafiken mit Inkscape	153
4.3.6	Handzeichnungen für den Schnitt vorbereiten	160
4.3.7	Fotos für den Schnitt vorbereiten	178
4.3.8	Mit Schriften arbeiten	180

5	Von der Datei aufs Material	183
5.1	Kleine Materialkunde	183
5.1.1	Giftige oder entflammbare Stoffe identifizieren	184
5.1.2	Eigenschaften von Werkstoffen berücksichtigen	186
5.1.3	Testreihen, die Unterschiede veranschaulichen	190
5.2	Ein Lasercutter im Einsatz (am Beispiel von Mr Beam II)	196
5.3	... und Action: Eigene Testreihen durchführen	201
5.3.1	Fokus testen	202
5.3.2	Mit Einzeltests herantasten	205
5.3.3	Mit Testmatrizen systematisieren	213
5.3.4	Fallen, in die Sie tappen könnten	224
6	Zwölf Lasercutting-Ideen – von einfach bis komplex	231
6.1	Spiegel gravieren	233
6.1.1	Material und Vorlagen	233
6.1.2	... und Action	234
6.2	Tischset, Untersetzer und Schneidebrett	236
6.2.1	Material und Vorlagen	237
6.2.2	... und Action	238
6.3	Haltewand für Ohrringe	239
6.3.1	Material und Vorlagen	240
6.3.2	... und Action	243
6.4	Kühlschrankmagneten und Lesezeichen	243
6.4.1	Material und Vorlagen	244
6.4.2	... und Action	247
6.5	Kerzenlicht und Lampenschirm	250
6.5.1	Material und Vorlagen	251
6.5.2	... und Action	253
6.6	Holzrosenohrringe	256
6.6.1	Material und Vorlagen	257
6.6.2	... und Action	260
6.7	Personalisierte Büroklammern	261
6.7.1	Material und Vorlagen	262
6.7.2	... und Action	265
6.8	Lederarmband mit gravierten Motiven	266
6.8.1	Material und Vorlagen	266
6.8.2	... und Action	268
6.9	Komplexes Wandbild	270
6.9.1	Material und Vorlagen	271
6.9.2	... und Action	274

6.10	Kistchen aus Kraftplex	277
6.10.1	Material und Vorlagen	277
6.10.2	... und Action	279
6.11	Moosgummi-Puzzle	282
6.11.1	Material und Vorlagen	282
6.11.2	... und Action	286
6.12	Vorlagenmagie: 3D-Objekte und Büroordner	288
7	Hinter dem Laserstrahl geht's weiter	293
7.1	Sich ergänzende Technologien: Lasercutting & 3D-Druck	293
7.2	Alternative Technologien: Lasercutting & Fräsen	295
7.3	Alternative Technologien: Lasercutting & Schneidplotten	297
7.4	Sich ergänzende Technologien: Lasercutting & Wasserstrahlschneiden	298
7.5	Marktplatz im Aufbau: Web-Hubs fürs Lasercutting	301
7.6	Lasercutting für alle	302
	Stichwortverzeichnis	303

1

Lasercutting also!

So, so, Lasercutting also. Was ist das? Wer macht das? Wie geht das? Noch nie gehört? Das macht überhaupt nichts. Sie werden staunen, was sich mit Lasercutting alles anstellen lässt. Mit Hilfe dieses Buches erfahren Sie mehr übers Lasercutting, als Sie je für möglich gehalten haben. Sie werden vor Ideen sprühen und mit den Hufen scharren, weil Sie endlich selbst loslegen wollen.

Wer wir sind, und warum wir dieses Buch geschrieben haben

Wir, das sind Anika Kehrer, Teja Philipp und Sven Rens. Anika Kehrer ist Journalistin in Berlin und beschäftigt sich schwerpunktmäßig am liebsten mit den Themenbereichen IT & Technik. Teja Philipp und Sven Rens führen zusammen mit Florian Becker das Münchner Start-up Mr Beam Lasers UG, das den Lasercutter Mr Beam entwickelt und vertreibt.

Ohne das Geld und das Vertrauen der Mr-Beam-Unterstützer säßen Sie und wir jetzt nicht hier. Unser Crowd-finanzierter Lasercutter Mr Beam wendet sich an eine Zielgruppe, zu der auch Sie sich vermutlich zählen: kreative Hobbyanwender, die mit Hilfe von Laserschnitt und -gravur ihre Designideen verwirklichen wollen – und das idealerweise mit einem Heimanwendergerät. Dass wir Vollzeit an etwas arbeiten, das als Tüftelei begann, und dass wir unser seit nunmehr drei Jahren angesammeltes Wissen an Sie weitergeben können, verdanken wir einzig und allein unseren Unterstützern. Vielleicht denken Sie jetzt: „Schön für euch, aber was geht das mich an?“ Besagte Unterstützer haben uns nicht nur finanziert und mit uns mitgefiebert. Das ist für uns zwar in der Tat das Wichtigste überhaupt, aber legitimerweise nicht auch für Sie, der oder die Sie von Mr Beam vielleicht noch gar nichts gehört haben. Jene Unterstützer sind jedoch noch aus einem anderen Grund die Wurzel dieses Buches – und das wirkt sich ganz direkt auf Sie aus.

Das Wissen, das wir Ihnen in diesem Buch vermitteln, speist sich aus der Erfahrung, die wir im Laufe der Entwicklung von Mr Beam sammeln konnten, und vor allem auch aus den Fragen der Mr-Beam-Community. Wir merkten, dass viele Laserinteressierte nicht besonders gut mit den Grundlagen des Laserns vertraut sind. Woher auch? Vorrangig war erst

einmal die Begeisterung für die Technologie und die kreativen Möglichkeiten, die diese eröffnete. Erst bei der praktischen Anwendung tauchten plötzlich Fragen über Fragen auf. Was ist die Wellenlänge eines Lasers? Welche Auswirkungen hat eine bestimmte Wellenlänge auf das zu bearbeitende Material? Warum kann ich die Wellenlänge nicht ändern? Warum kann ich Metall nicht lasern? Was ist eine Laserschutzklasse? Warum braucht ein Lasercutter ein Schutzgehäuse? Solche Fragen wiederholten sich ständig. Daraus entstand die Idee, ein Buch zu schreiben, das diese Fragen beantwortet.

Dieses Buch wendet sich an alle, die sich fürs Lasercutting interessieren und Neulinge auf diesem Gebiet sind. Es enthält alle für Einsteiger relevanten Themen – von den Grundlagen der Lasertechnik über die Charakteristika des Gerätemarktes bis hin zum Umgang mit Software- und Hardware. In konkreten Beispielen und praktischen Übungen zeigt es den kompletten Weg von der Idee über die Erstellung der Laservorlage bis hin zum lasergravierten oder -geschnittenen Produkt. Zu vielen der im Buch behandelten Themen gibt es Spezialliteratur. Ein Buch, das all diese Informationen in verständlicher und praxisnaher Weise vereint, gibt es bislang jedoch nicht. Sie werden von diesem Buch übrigens auch dann profitieren, wenn Sie sich bereits mit anderen Maker-Technologien beschäftigt haben, denn wir schlagen Brücken zu Techniken wie dem 3D-Druck oder dem Fräsen.

Im Folgenden möchten wir Ihnen einen kurzen Überblick geben, was Sie in unserem Rundumpaket zum Lasercutting im Detail erwartet.

Kapitel 2: Wissen, wie Lasern funktioniert

Kapitel 2 stattet Sie mit den physikalischen und technischen Grundlagen des Laserns aus. Sie erfahren das Wie und Warum der Wirksamkeit von Lasern. Sie werden lernen, dass Laserlicht kein natürliches Phänomen ist, ihm aber bestimmte physikalische Phänomene zugrunde liegen. Wir führen Sie relativ schnell an den Punkt, an dem Sie die Grenzen des Lasercuttings verstehen. Sie erfahren, worin bei unsachgemäßer Handhabung die Gefahren des Laserns liegen und wie sowohl die Hersteller als auch Sie selbst sich schützen. Im Folgenden beschäftigen wir uns damit, welche Typen von Lasern es überhaupt gibt und welche Ihnen davon wo in der Realität begegnen. Wenn wir Sie mit Kapitel für die verschiedenen Bau- und Funktionsarten begeistern können, dann haben wir unser Ziel erreicht.

Kapitel 3: Wissen, wo man an Lasercutter herankommt

So ausgestattet, erkunden Sie in Kapitel 3 Ihren möglichen Aktionsraum. Als Erstes gehen wir der Frage nach, warum das Thema Lasercutting auf einmal einen solchen Aufwind erfährt. Laser gibt es schließlich schon lange! Trotzdem rückt Lasercutting erst jetzt langsam in das Blickfeld einer größeren Zielgruppe, insbesondere im Hobbybereich. Der Grund dafür sind Geld und Kreativität. Von Laserbeamern haben Sie sicher schon gehört. Unter anderem in deren Kielwasser kam es zu einer vermehrten Produktion von Laser-

dioden. Dadurch wurden neue Geräte denkbar. Eine ganze Technologie stand damit auf dem Prüfstand – und mit ihr der Kreis ihrer Anwender. Unabhängig davon entstanden an ganz anderer Stelle die nötigen Voraussetzungen, um einen Laserkopf mit Hausmitteln ansteuern zu können.

Erst dadurch wurde es möglich, dass sich technisch-kreative Leute daranmachten, Lasercutter für Heimanwender zu bauen. Folglich gibt es heute nicht mehr nur die klassischen CO₂-Lasercutter, sondern auch alternative Herangehensweisen. Im Fokus der neu entwickelten Lasercutter stand auch eine neue Zielgruppe, nämlich die des kreativen Endanwenders, der einfach schöne Dinge herstellen will. In diesem Kapitel erfahren Sie, wo Sie Lasercutter ausprobieren können, welche Heimanwendergeräte es bereits am Markt gibt und worauf Sie bei der Anschaffung eines Lasercutters achten sollten.

Kapitel 4: Wissen, wie man Laservorlagen erstellt

Nach der Lektüre von Kapitel 2 und 3 haben Sie genug die Schulbank gedrückt. In Kapitel 4 stürzen wir uns in die Praxis. Sie lernen den ersten Schritt auf dem Weg von der Idee zum lasergravierten oder -geschnittenen Produkt kennen: das Erstellen von Laservorlagen. Dem stellen wir ein kleines Begriffe-Einmaleins voran. Es kommt in der Praxis nämlich nicht nur darauf an, eine schöne Grafik vorliegen zu haben, sondern auch darauf, sie überhaupt auf den Lasercutter zu bekommen. Dabei begegnen Ihnen – je nachdem, welches Gerät Sie benutzen – Begriffe wie HPGL, G-Code oder gar Grbl. Sie müssen wissen, was diese Dinge tun, um zu verstehen, welche Bedeutung sie beim Lasercutten besitzen.

Darüber hinaus erfordert die Datei, die dem Lasercutten zugrunde liegt, den versierten Umgang mit Programmen für Vektor- und Pixelgrafiken. Wir erklären Ihnen, welche Bedeutung diese zwei Arten von Grafiken für das Lasercutten haben. Die entscheidenden Handgriffe, die man in den für die Erstellung von Laservorlagen geeigneten Programmen beherrschen muss, bilden den Schwerpunkt dieses Kapitels. Anhand zahlreicher Übungen erlernen Sie die wichtigsten Arten der Bearbeitung von Laservorlagen. Die kostenlosen Grafikprogramme GIMP und Inkscape begleiten Sie durch die Übungen. Selbst, wenn Sie sich noch nicht mit diesen Programmen beschäftigt haben, werden Sie nach der Durcharbeitung dieses Kapitels in der Lage sein, Ihre Laservorlagen damit zu erstellen.

Kapitel 5: Wissen, wie die Arbeit am Gerät funktioniert

In Kapitel 5 werden wir uns mit konkreten Materialien beschäftigen. Beim Lasercutten bilden die Grafik und das Material nämlich eine Einheit. Das kommt daher, dass der Lasercutter viele verschiedene Materialien bearbeiten kann, das ist eine echte Besonderheit. Während man auf Webseiten wie www.instructables.com geradezu mit Anregungen überschwemmt wird, fehlen dort Informationen dazu, was man zu tun hat, wenn man selbst am Gerät steht. Sie wissen jetzt zwar, was der Unterschied von HPGL und G-Code ist. Aber

wie genau müssen Sie nun die Einstellungen vornehmen? Kann dabei etwas Gefährliches passieren?

Wir werden Ihnen nicht sagen: „Stellen Sie hier die Zahl X und dort die Zahl Y ein, und drücken Sie den roten Knopf.“ Das wäre nämlich gelogen! Die derzeit erhältlichen Geräte haben nicht nur unterschiedliche Leistungen, sondern fast alle auch ihre eigenen Bedienoberflächen. Wir statten Sie stattdessen mit dem grundlegenden Wissen aus, wie Sie sich mit der Wirkweise eines konkreten Geräts auf verschiedene Materialien vertraut machen können. Vielleicht würden Sie das pauschal erst einmal verneinen, aber wir sind uns ziemlich sicher, dass Sie sich zu einem neugierigen und begeisterten Materialtester mausern. Denn verschiedene Materialien verhalten sich unterschiedlich bei Lasereinwirkung. Das hat zur Folge, dass Sie beim Lasercutten nicht nur die zwei klassischen kreativen Fragen stellen (Was will ich lasern und auf welches Werkstück?), sondern auch die Eigenheiten der Materialien zum Zugpferd Ihrer Ideen werden lassen.

Kapitel 6: Sehen, was Sie tun können

Angenommen, Sie haben auf das ganze Wie, Wo, Was und Warum keine Lust, dann können Sie die ersten Kapitel auch einfach überspringen und gleich Kapitel 6 lesen. Begeben Sie sich direkt dorthin, ziehen Sie keine Wellenlängen und Testmatrizen ein. Das geht! Viel Spaß! Wir hoffen, dass dieses Kapitel eine ansehnliche und vor allem anregende Reihe von Projekten enthält, die Ihnen Lust auf Lasercutten machen. Wenn Sie Kapitel 6 als Erstes lesen, werden Sie vielleicht den einen oder anderen Begriff nicht verstehen, oder den einen oder anderen Zusammenhang nicht auf Anhieb begreifen. Das macht aber nichts. Das können Sie jederzeit nachholen. Wir haben uns wirklich ins Zeug gelegt, Ihnen anhand echter Beispiele zu zeigen, was sich mit Lasergravur und -schnitt konkret realisieren lässt. Dieses Kapitel ist das Herzstück des Buches. Wir hätten ewig weitermachen können, aber irgendwo mussten wir einen Schlussstrich ziehen, denn schließlich sollten Sie dieses Buch ja zu einem festgelegten Termin in den Händen halten. Letztlich kann und soll dieses Kapitel auch nur eine Inspirationsquelle für Ihre eigenen Ideen sein, denn natürlich lässt sich mit Lasercutting noch unendlich viel mehr realisieren.

Wir haben uns im Nachhinein noch einmal die Frage gestellt, ob unser Konzept aufgegangen ist – nämlich Ihnen nicht nur eine Anleitung an die Hand zu geben „So und so tun Sie das“, sondern auch die Abläufe von A bis Z zu beleuchten, die dahinterstehen (Technik, Markt, Vorlagen und Software) und wie ein Rädchen ins andere greift. In unseren Augen ist das gelungen. Wir hoffen jedenfalls, dass Sie durch dieses Kapitel nicht nur wie durch ein Bilderbuch zur Entstehung schöner Dinge hindurchblättern, sondern dass sich mit dem vorangehend vermittelten Wissen nun alles für Sie zu einem dichten, vielschichtigen Bild zusammensetzt.

Kapitel 7: Benachbarte Makertechnologien – ein Blick über den Tellerrand

Mit dem letzten Kapitel sind wir am Austrudeln. Wir haben uns gefragt – und wir dachten, vielleicht fragen Sie sich das ja auch –, wie sich Lasercutten eigentlich zu anderen bekannten Maker-Techniken verhält. Naheliegender ist zum Beispiel die Frage, wie sich 3D-Drucken und Lasercutten vertragen, aber auch, worin eigentlich der Unterschied zwischen Schneidplottern und Lasercutten besteht. Auch Techniken, die derzeit noch nicht so sehr im Fokus von Makern liegen, wie etwa das Wasserstrahlschneiden, haben wir in diesen Ausblick aufgenommen.

Jetzt haben Sie es in der Hand. „Es“ im wahrsten Sinn des Wortes – das Buch nämlich. Um ein in Kapitel 4 erwähntes Motto vorwegzunehmen: Machen Sie doch, was Sie wollen! Ja, genau, machen Sie etwas aus Ihren Ideen. Genau das ist der Geist des Makens. Und zwar mit Lasercutting. Wir wollen, dass Sie mit Freude an das Thema herangehen, aber natürlich auch mit dem nötigen Know-how und Verständnis für Ihre Sicherheit. Dafür stehen wir. Und, sind Sie dabei?

Wem Dank gebührt

Wir haben an der einen oder anderen Stelle dieses Buches Infoboxen angelegt, um wichtige Personen und Vorkommnisse im Hintergrund zu würdigen. Es gibt jedoch noch ein paar Worte, die wir in eher persönlicher Hinsicht loswerden möchten.

Während ich, Teja Philipp, an diesem Buch gearbeitet habe, war meine Frau Julia mit meiner Tochter Lavinia schwanger. Lavinia und das Buch – ganz zu schweigen von Mr Beam II – wären fast zeitgleich auf die Welt gekommen. Mein Wunsch ist, dass Lavinia, wenn sie das angemessene Alter erreicht hat, einen Lasercutter so selbstverständlich benutzt, wie man es heute von einer Schere kennt. Dies wäre für mich der schönste Beleg, dass das Buch seinen Zweck erfüllt hat. Und ganz ehrlich und ganz unabhängig von Buch, Lasercutting und Mr Beam: vielen lieben Dank, Julia und Lavinia, für euer ausgesprochen großes Verständnis, eure große Unterstützung und eure Liebe.

Als für mich, Sven Rens, dieses Buch Anfang 2016 zum ersten Mal Thema wurde, lebte ich erst sechs Monate in München. Noch lange danach hat mich die Arbeit so absorbiert, dass ich wenig mehr von der Stadt kannte, als meine eigene Straße und die des Mr-Beam-Office. Bei Freunden habe ich mich praktisch gar nicht gemeldet. Trotzdem haben sie mich weiter einbezogen. Den Nachmittag meines Geburtstages hatte Teja mit Meetings vollgestopft – nur um zu verheimlichen, dass er sich mit meiner Mutter, meiner Schwester und meiner Nichte verbündet hatte, die mich an diesem Tag überraschend besuchen kamen. Ich danke allen, die mich nicht vergessen haben und an mich dachten, auch wenn ich so lange nichts von mir hören ließ.

Ich, Anika Kehrler, danke Teja und Sven. Als Kollateraleffekt der Zusammenarbeit an diesem Buch war ich oft Zaungast bei der Entstehung von Mr Beam II. Was ich da mit eigenen Augen erleben durfte, ist schiereres, reines Durchhaltevermögen. Hut ab, Leute. Dass eine

Start-up-Gründung mit einem eigenen Stück Hardware etwas Besonderes ist – klar, da nickt jeder zustimmend. Es aber als Externer im selben Raum zu erleben, ist eine Erfahrung, die man normalerweise nicht macht und kaum beschreiben kann. Das war großartig. Und dann ist da noch meine große Schwester Elke, der ich für vieles dankbar bin, die zu meinen Helden zählt, die mit Lasercutting überhaupt nichts am Hut hat und für die ich darum in Bild 2.4 eine berlinische Referenz eingeschmuggelt habe.

München und Berlin, Mai 2017

Anika Kehrer

Teja Philipp

Sven Rens

2

Vorhang auf für Lasertechnik

In diesem Kapitel erfahren Sie,

- wie ein Lasercutter funktioniert,
- welche Gefahren die Lasertechnik mit sich bringt und welche Vorkehrungen vor diesen schützen,
- welche Lasercutter-Bauformen es gibt und worin diese sich unterscheiden,
- wo Lasertechnik eingesetzt wird.



Bild 2.1 Es ist angerichtet. Und was werden Sie so anrichten?

Hier stehen Sie nun mit unserem Buch in der Hand. Vielleicht sind Sie neugierig auf das Arbeiten mit Lasercuttern, vielleicht sind Sie auch einfach nur fasziniert von einer für Sie neuen Technologie und möchten mehr über diese erfahren. Vielleicht stecken Sie auch in der Bredouille, das Thema für den Arbeitgeber, die Ausbildung oder das Studium aufarbeiten zu müssen. Keine Sorge. In diesem Kapitel werden Sie Antworten auf all Ihre Fragen finden, denn Sie erhalten im Folgenden eine kompakte Einführung in die Lasertechnik.

Wenn Sie die Theorie auslassen und gleich zur Tat schreiten wollen, dann blättern Sie zu Kapitel 4 vor. Aber wenn Sie möchten, erzählen wir Ihnen in diesem Kapitel zunächst einmal, was ein Laser eigentlich tut. Sie erfahren außerdem, auf welche Weise man sich vor Laserlicht schützt, warum man nicht jedes Material lasern kann und was es für Unterschiede bei den Geräten gibt.

Nicht nur den konkreten Vorgang des Laserschneidens werden Sie nach der Lektüre dieses Kapitels kennen, sondern auch die sichtbare Welt ein wenig mit anderen Augen sehen. Sie werden wissen, dass wir die Dinge, die uns umgeben, nur darum sehen, weil sie ständig mit etwas interagieren, das wir „Licht“ nennen. Und Sie werden verstehen, dass es einem Laser nicht anders geht: Auch er kann manches „sehen“ und anderes nicht. Dieses Verständnis für seine Funktionsweise und Möglichkeiten wird Ihre Arbeit mit dem Laser erleichtern.

Übrigens: Immer, wenn irgendjemand das Wort „Laser“ benutzt, können Sie künftig mit der Kenntnis der Langfassung des Wortes prahlen. Das ist Smalltalk de luxe! Ach, das wollen Sie gar nicht? Na gut. Hauptsache, Sie bleiben bei uns.

■ 2.1 Das passiert in einem Lasercutter

Der Begriff Lasercutting setzt sich aus zwei Komponenten zusammen – dem Laser und dem Cutting, also dem Schneiden. Ein Lasercutter ist demnach ein Gerät, mit dem sich Materialien mittels Laserlicht schneiden lassen. Das ist jedoch nur die halbe Wahrheit, denn ein Lasercutter kann zwei Dinge: schneiden und gravieren. Die Gravur ist dabei nichts anderes als eine leichtere Art des Schneidens. Das Material wird nicht durchgeschnitten, sondern seine Oberfläche wird an den gewünschten Flächen weggebrannt. Einerseits stellt der Lasercutter also Formen her, andererseits ermöglicht er, Gegenstände mit Bildern, Sprüchen und Botschaften zu versehen, also sie zu individualisieren.

Bei Lasern haben wir es oft mit demjenigen Spektrum elektromagnetischer Wellen zu tun, den man im weiteren Sinne Licht nennt – also inklusive UV- und Infrarotstrahlung. Größere Wellenlängen transportieren nämlich einfach nicht genug Energie. Kleinere Wellenlängen haben wiederum so viel Energie, dass es technisch unerhört schwierig ist, solch einen Laser zu bauen. Das liegt unter anderem daran, dass ein so energetischer Laserstrahl seinerseits sehr viel Energie benötigt, um erzeugt zu werden.

2.1.3 Der Laserstrahl – ein besonderer Lichtstrahl

Dass elektromagnetische Strahlung und somit auch Licht Energie besitzt, merkt man im Alltag daran, dass es (manchmal) wärmt (Sonnenlicht zum Beispiel). Ein Laser erzeugt nun die Lichtart Laserlicht, die so energetisch ist, dass sie Dinge verdampfen, verbrennen oder wegschmelzen kann. Wir schreiben ganz bewusst *Laserlicht*. Genau genommen bezeichnet das Wort Laser nämlich nicht den Lichtstrahl, sondern eine Methode. Ein Laser ist eine Strahlungsquelle, deren abgegebene Strahlung Laserlicht ist. Der Einfachheit halber wird das Wort aber für ein ganzes Gerät verwendet, wenn das Gerät zum Zweck hat, mittels einer Laserquelle Laserlicht abzugeben. Alles andere wäre ja auch etwas umständlich.



Wie kann Licht so stark wärmen, dass es Sachen wegbrennt?

Vielleicht fragen Sie sich, wie ein so großer Unterschied zwischen dem Sonnenlicht, das wir jeden Tag auf der Nase haben, und dem viel wirkungsvolleren Laserlicht bestehen kann. Man mag sich zum Beispiel fragen: Wieso wärmt Licht überhaupt? Nicht jedes Licht wärmt schließlich – nur das von der Sonne oder das von künstlichen Lichtquellen, die Hitze abstrahlen. Aber das ist ein Trugschluss. In Wahrheit besitzt auch solches Licht Energie, das wir als „kaltes Licht“ bezeichnen. Nur kann das Sinnesorgan Haut diese Energie nicht messen, also als Wärme fühlen. Die Wärme ist nur fühlbar, wenn die Wellenlängen des Lichts von der Haut absorbiert werden und die Haut dann thermisch darauf reagiert. Absorbiert die Haut eine elektromagnetische Strahlung nicht oder reagiert sie anders als thermisch, fühlen wir auch keine Wärme. (Wirkung entfaltet die Strahlung aber gegebenenfalls trotzdem!) Messinstrumente hingegen, die solche Wellenlängen erfassen können, würden die Energie von kaltem Licht sehr wohl detektieren.

Die zentrale Eigenschaft der Strahlungsart Laserlicht ist, dass mehrere Wellen exakt im Gleichschritt und parallel unterwegs sind. Dass Laserstrahlen sich manchmal dem Auge als dünne, schnurgerade Linien mit sehr großer Reichweite zeigen, das kommt genau von dieser besonderen Ausbreitungsart. Im Fachjargon sagt man: Die Wellen bewegen sich kohärent fort. Das bedeutet, sie bewegen sich mit derselben Wellenlänge (was man übrigens monochromatisch nennt, also einfarbig) gleichzeitig mit derselben Phase und mit derselben Polarisation in dieselbe Richtung (siehe Bild 2.5).

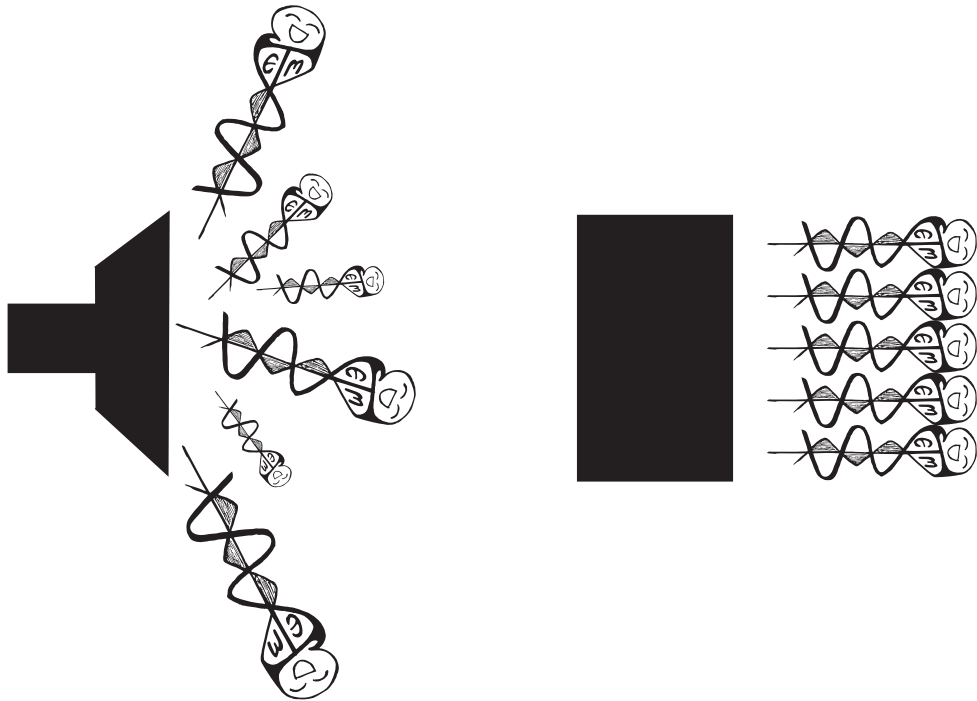


Bild 2.5 Durcheinander statt formiert: Unterschied zwischen Licht und kohärentem Laserlicht

Das mit der Kohärenz ist der Knackpunkt. Denn es gibt noch eine andere Art, Licht zu erzeugen. Bei der sogenannten spontanen Emission von Photonen (im Gegensatz zu der stimulierten Emission aus der Laserabkürzung) passiert die Photonen-Aussendung ohne gewolltes Dirigieren, also ohne Manipulation à la Laser. Diese spontane Emission von Photonen machen sich Ingenieure zum Beispiel in Leuchtstoffröhren zunutze. Dort fliegen die Photonen wild durcheinander. Nichts da mit Gleichschritt und geballter Energie! Brauchen wir hier auch gar nicht – es soll ja nur leuchten. Beim Lasercutten hingegen brauchen wir den Gleichschritt der Photonen, um genug Lichtenergie punktgenau auf ein Materialstück zu bringen.

2.1.4 Laserschneiden bedeutet Lichtstrahlenabsorption

Egal, ob im Gleichschritt oder nicht: Treffen Photonen auf Materie, so gibt es, grob unterteilt, drei Möglichkeiten, was mit ihnen geschieht. Die erste Möglichkeit lautet: Die Photonen werden absorbiert. Das Hindernis, auf das sie getroffen sind, nimmt ihren Energiebetrag in sich auf, es schluckt sie sozusagen. Je nachdem, wie groß die aufgenommene Energie ist, passiert dann etwas mehr oder weniger Spektakuläres in dem Hindernis: Die Hand, die man in das Licht einer Glühbirne hält, wird warm. Holz, auf das mit einer Lupe

gebündeltes Sonnenlicht fällt, beginnt zu kokeln. Leder, das in einem Lasercutter liegt, wird graviert! Doch halt – eins nach dem anderen.

Die zweite Möglichkeit ist nämlich: Die Photonen transmittieren. Das bedeutet, sie gehen hindurch. Oder sie gehen zwar hindurch, werden aber abgelenkt. Gut sieht man das bei Licht in Wasser. Die dritte Möglichkeit lautet: Reflexion. Die Photonen treffen auf das Hindernis, stellen fest: „Ups, da kommen wir mit unserer Wellenlänge nicht rein, geschweige denn durch“, und prallen wie ein Gummiball vom Hindernis ab. Das passiert immer dann, wenn wir etwas sehen. Denn das Auge verarbeitet diese reflektierten Strahlen, die von einem Gegenstand zurückgeworfen werden, darum sehen wir den Gegenstand in einer bestimmten Farbe.

Laserlicht hat nun ebenfalls diese drei Möglichkeiten (siehe Bild 2.6). Welche davon eintrifft, hängt von zwei Faktoren ab: welche Wellenlänge das Laserlicht besitzt und welche Wellenlänge das Werkstück am besten absorbiert. Damit unser Laserlicht Materialien so bearbeiten kann, wie wir das wollen, muss das Material in der Lage sein, das von uns verwendete Laserlicht zu absorbieren. Nur dann dringt die Energie des Laserstrahls in das Material ein und kann dort wirken – also schneiden oder gravieren.

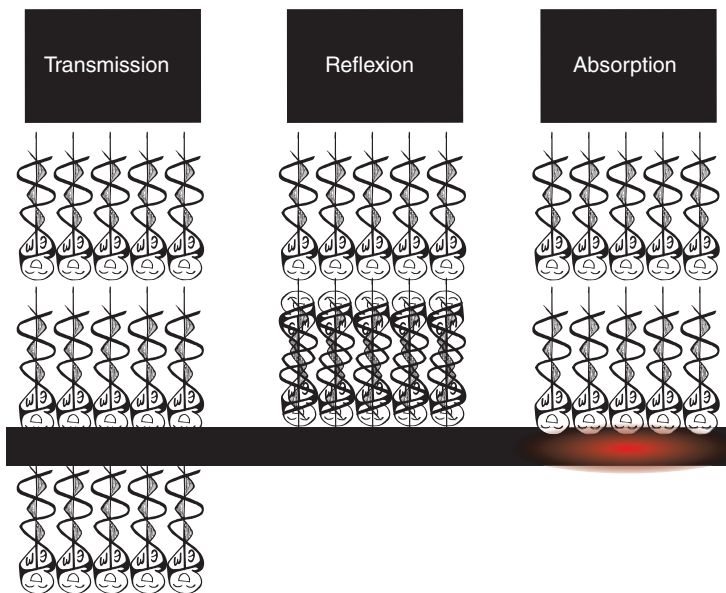


Bild 2.6 Die drei Möglichkeiten, wenn Laserlicht auf Material trifft

M3 S0	Schaltet den Laser in Stand-by (die Laserintensität S ist null, aber ein minimaler Strom fließt, um die Lebensdauer der Diode zu erhöhen; Mr-Beam-spezifischer Befehl).
G0 X30 Y35	Positioniert den Laserkopf auf x=30, y=35 (Positionsfahrten erfolgen so schnell wie möglich auf kürzestem Weg.)
M3 S500	Schaltet den Laser ein mit 50 Prozent Intensität

Nun geht es mit den y-x-Punkten des inneren Umrisses weiter. Am Ende wird der Laser wieder ausgestellt.

G1 X35 Y50	Fährt zum Punkt ...
G1 X40 Y35	Fährt zum Punkt ...
G1 X30 Y35	Fährt zum Punkt ... (in dem Fall zum Ausgangspunkt der inneren Linie)
M3 S0	Schaltet den Laser auf Stand-by

Am Ende stehen einige Befehle, die die Werkfläche ordentlich hinterlassen:

;FOOTER	Kommentarzeile für Schlussteil
M5	Schaltet den Laser ab
G1 X0 Y0	Fährt an die Ausgangsposition
M9	Schaltet die Kühlung ab (maschinenspezifischer Befehl)
M2	Schaltet die Maschine ab (optionaler Befehl)

Sie sehen, dass einige Befehle von der konkreten Maschine abhängen, die das Programm ausführen soll. Deswegen würde das Programm nicht auf jedem Lasercutter funktionieren. Im Beispiel entstand das Programm für den Lasercutter Mr Beam II. Sie könnten diese Datei also eins zu eins an einen Mr Beam II verfüttern.

Natürlich ist nicht der Plan, dass Sie Ihre Laservorlagen jetzt immer händisch erzeugen. Ihnen ist vielleicht aufgefallen, dass wir in der Übung nur gerade Linien verwenden. Die G-Code-Anweisungen für gebogene Linien sind nämlich nicht mal eben so vom Papier abzulesen. Aber das macht nichts, die Firmware ist ja schließlich dafür da, den für eine Vorlage passenden G-Code zu erzeugen. Und Sie wissen jetzt, wie sie das macht.

4.1.3 Vektorgrafiken und Pixelgrafiken

Die HPGL- und G-Code-Anweisungen, die Sie kennengelernt haben, entsprechen einer Vektorgrafik, die sozusagen in Linien „denkt“. Das andere Dateiformat hingegen, das eine Pixelgrafik beschreibt, sagt dem Ausgabegerät: „Verursache hier einen Punkt im Material,

der so und so hell und farbig ist“. Je nachdem, ob es sich um einen Drucker oder einen Lasercutter handelt, ist der Effekt entweder ein mit Tinte oder Toner gemalter Punkt oder ein entsprechend der Helligkeit ins Material gebrannter Punkt. Eine Pixelgrafik „denkt“ sozusagen in einzelnen Punkten.

Ihre Lasercutter-Vorlagen schicken Sie stets entweder als Vektorgrafik oder als Pixelgrafik an den Lasercutter (wenn Sie nicht gerade selbst gebaute G-Code-Dateien nutzen). Um Materialien entlang bestimmter Linien zu schneiden, kommen Vektorgrafiken zum Einsatz. Zur Gravur von Bildern oder Fotos mit vielen Details und flächigen Farbverläufen nehmen Sie hingegen Pixelgrafiken. Die Art, wie Vektorgrafiken auf das Material kommen, eignet sich nämlich nicht für Fotos. Genauso wenig eignet sich die pixelweise Verarbeitung für Kurven und Linien. Pixelgrafiken setzt der Lasercutter darum zeilenweise in Punkten um (so wie ein Drucker), während er Vektorgrafiken anhand ihrer Linienverläufe brennt (so wie ein Plotter).



Zwei Formate für zwei Tätigkeiten

Schneiden ist nur mit einer Vektorgrafik möglich. Denn die durchgängigen Linien, die der Laser zum kontinuierlichen Entlangfahren braucht, kommuniziert eine Pixelgrafik dem Cutter nicht. Die einzelnen Punktinformationen einer Pixelgrafik braucht der Cutter hingegen, wenn er gravieren soll, um Detailreichtum zu erzeugen – ein heller Punkt neben einem dunklen Punkt, dann ein mitteldunkler Punkt etc. Auch das Füllen von Flächen geht mit Pixeln besser, weil Pixel zeilenweise aufgetragen werden.

Gravieren geht auch mit einer Vektorgrafik. Bei entsprechend schwachen Einstellungen ritzt der Lasercutter die Pfade dann eben. Gefüllte Pfade wandelt er sich hingegen in Pixel um, weil er die Füllung als Fläche erkennt. Trotz des Tricks mit den Füllungen eignet sich eine Vektorgrafik jedoch nicht dafür, durch Punktunterschiede so realistische Details zu erzeugen, wie es etwa ein Foto ermöglicht. Darum liegen Fotos überhaupt erst als Pixelgrafik vor.

Das Umwandeln von Vektoren in Pixel ist generell viel einfacher als das Umwandeln von Pixeln in Vektoren. Wenn zum Beispiel ein Computer eine auf seiner Festplatte gespeicherte Vektorgrafik auf dem Bildschirm anzeigen soll, etwa in einer Vektorgrafikbearbeitung oder einem Browser, wandelt er sie für die Anzeige auf dem Bildschirm sowieso in Pixel um, nachdem er ihr Aussehen berechnet hat. Das nennt man Rastern, und das ist ein ganz geläufiges Verfahren. Darum nennt man Pixelgrafiken manchmal auch Rastergrafiken. Der umgekehrte Weg erfordert hingegen, aus den Punktverläufen durchgängige Linien zu erzeugen. Dafür muss der Computer sämtliche Punkte durchrechnen, um daraus Richtungen zu generieren.

Die Linien und Kurven einer Vektorgrafik sind als mathematische Berechnungen der Richtungsänderung in der Datei gespeichert. Aus vielen Kurven und Geraden setzt sich dann die letztliche Form der Grafik zusammen. In einer Vektorgrafikdatei ist sozusagen für jeden Punkt abstrakt hinterlegt, wo er hin will, anstatt sein resultierendes Aussehen festzulegen. So kommt es, dass man eine Vektorgrafik auf dem Bildschirm (nahezu) beliebig großziehen kann (der Größe sind Grenzen durch das Anzeigemedium gesetzt), ohne dass sie irgendwann Treppen bekommt, also pixelig wird.

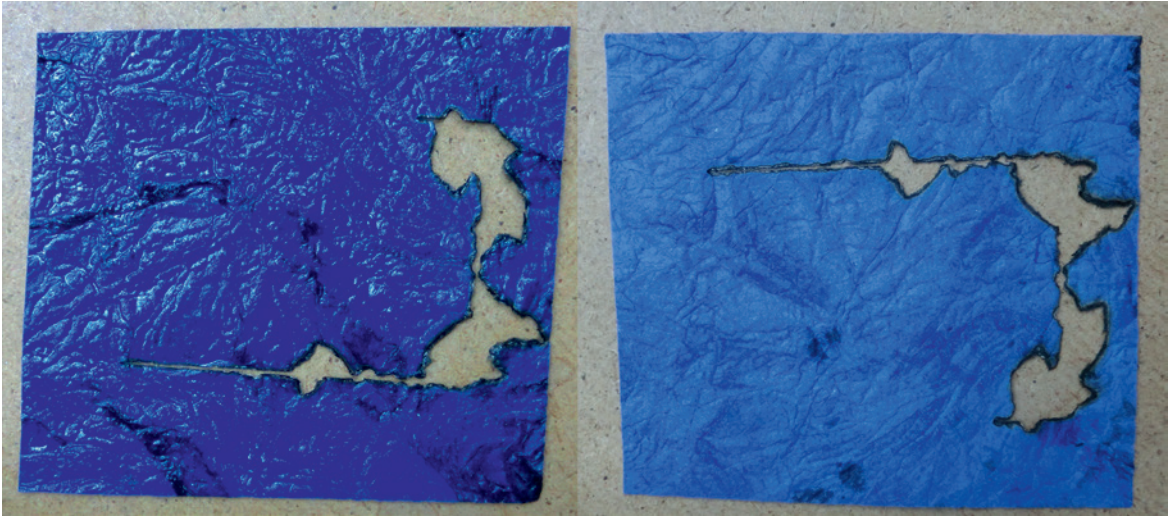


Bild 5.34 ... denn bei ungeduldigen Einstellungen brennt es weg.

5.3.3 Mit Testmatrizen systematisieren

Sobald Sie herausgefunden haben, bei welchem Wertepaar ein annehmlich sichtbarer und sauberer Schnitt entsteht, können Sie systematische Testmatrizen erstellen, anstatt jedes Wertepaar händisch einzeln auszuprobieren. Lassen Sie sich aber bloß nicht um den Spaß bringen, den Sie vielleicht bei den Einzeltests entwickeln. Es ist absolut nachvollziehbar, fasziniert auf das kleine Lasergeschehen zu starren, nach jedem einzelnen Cut aufgeregt den Deckel zu öffnen, sogar das Material herauszunehmen, das Ergebnis von allen Seiten zu beschauen und zu beschnuppern, vielleicht auch gegen das Licht zu halten. Glauben Sie uns – wir kennen das. Mit etwas mehr Routine werden Testmatrizen dann zu einer dankbar angenommenen Option.

Testmatrizen für Cuts

Eine Testmatrix bietet wertvolle Hilfe, um mehrere verschiedene Einstellungen auf demselben Material vergleichen zu können. Am Ende haben Sie ein aus mehreren Spalten und Zeilen bestehendes Quadrat vorliegen, das die Ergebnisse sukzessive ansteigender Wertepaare zeigt, also verschiedener Werte für Intensität und Geschwindigkeit. Sie setzen zum Beispiel die Höchstgeschwindigkeit auf 3000 Millimeter pro Minute, die niedrigste Geschwindigkeit auf 500. Bei der Intensität nehmen Sie als niedrigsten Wert 200 und als Höchstwert 1000. Die Matrix wird dann mehrere Stufen zwischen den Extrema $f3000/i200$ und $f500/i1000$ erzeugen – vom Leichtgewichtigen zum Schwergewichtigen.



Zum Nutzen aller

Benedikt Wilhelm hatte sich einen Mr Beam I gekauft und wollte Materialtests machen. Ihm ist aufgefallen, dass es ziemlich aufwendig ist, für jeden Testcut einen separaten Konvertierungsvorgang anzustoßen. Im Online-Forum postete dann jemand eine G-Code-Datei, in der sich mehrere Testgrafiken mit je unterschiedlichen Einstellungen schneiden ließen. Allerdings waren diese Werte fest in die G-Code-Datei hineingeschrieben. Als der frisch gebackene Lasercutter-Benutzer einen Blick in den Code warf, fand er ihn nicht allzu schwer zu verstehen. Außerdem wollte er sowieso gerade eine neue Webprogrammiersprache lernen. Also setzte er sich hin und schrieb eine Webanwendung, mit der sich bis heute unter <http://laser.webdesign-wilhelm.de> jedermann Testmatrizen erzeugen kann. Wir sagen Danke!

Idealerweise haben Sie pro Material (und Farbe!) eine Testmatrix. Bei dickeren Materialien führen Sie dieselbe Testmatrix zweimal aus, um auch das Ergebnis mehrmaligen Schneidens zu dokumentieren. Vielleicht müssen Sie sich auch erst an passende Extremwerte herantasten. Denn je nachdem, um welches Material es sich handelt, können sich die Extremwerte der Matrix stark unterscheiden: Auf Holz benötigen Sie mehr Energie als auf Papier. Entsprechend höhere Werte würden Sie auf Holz nehmen, während das Papier bei hohen Werten zu brennen beginnt.

Eine kostenlos zur Verfügung gestellte Webanwendung zum Erstellen von Testmatrizen finden Sie dankenswerterweise unter <http://laser.webdesign-wilhelm.de>. Die linke Seite zeigt eine fiktive Arbeitsfläche mit einer Vorschau der aktuell konfigurierten Matrix. Die rechte Seite zeigt ein Panel mit verschiedenen Parametern zum Konfigurieren der Matrix. Aus den im rechten Bedienfeld eingestellten Werten erzeugt die Webanwendung auf Knopfdruck eine G-Code-Datei (siehe Bild 5.35). Diese G-Code-Datei wird direkt an den Lasercutter übertragen. Die Matrix funktioniert daher nur mit einem Lasercutter, der G-Code versteht.

Sie sehen anhand von Bild 5.35, dass man zunächst die Start- und Endwerte von Intensität und Geschwindigkeit angibt. Auch eine von null abweichende *Pierce Time* lässt sich angeben: Diese stellen Sie anhand der Maximalwerte Ihres vorliegenden Geräts ein. Für ein eher dünnes Material würden Sie die minimale Geschwindigkeit nicht so stark heruntersetzen. Das ist eine Frage Ihrer Einschätzung. Für eher dicke Materialien bietet die Webanwendung unter *Passes* gleich auch die Möglichkeit, sämtliche Wertepaare mehrere Male vom Laser abfahren zu lassen.

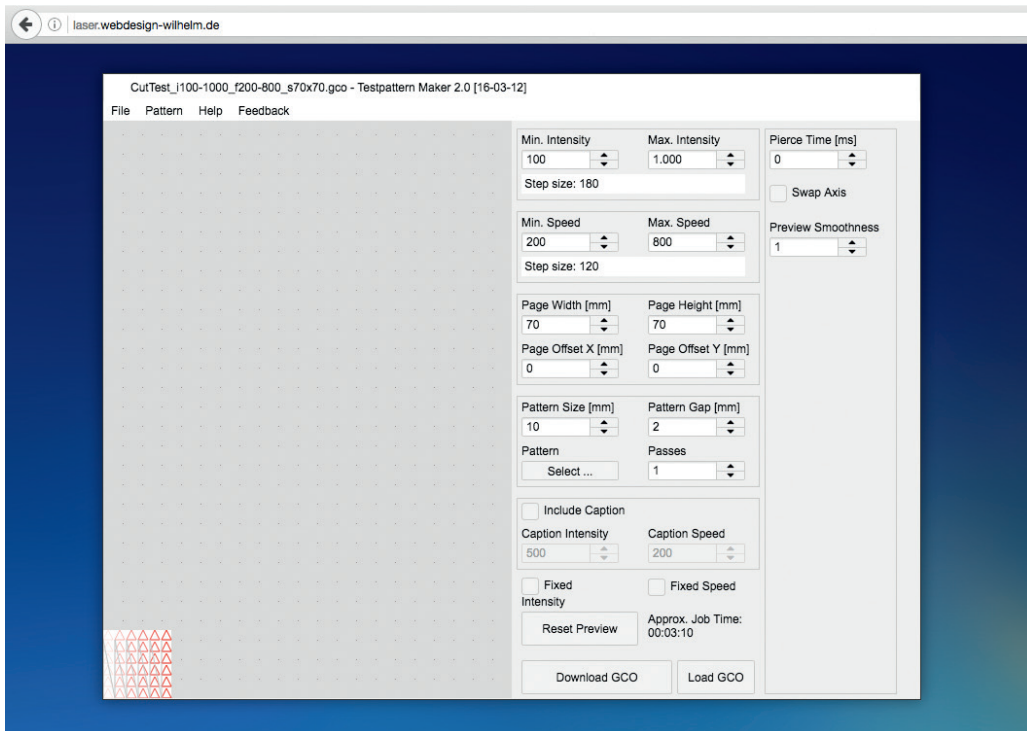


Bild 5.35 Kostenfreie Web-App für Testmatrizen

Die Offset-Einstellungen helfen, die Matrix innerhalb der fiktiven Arbeitsfläche zu verschieben (siehe Bild 5.36). Das kann wichtig sein, denn genau an dem Ort, wo die Matrix in der Vorschau auf der fiktiven Arbeitsfläche positioniert ist, wird sie später auch auf Ihrem Gerät positioniert sein. Da hier eine G-Code-Datei generiert wird, ist dieser Versatz bereits fest eingebaut in das, was Sie von der Webanwendung herunterladen. Die Position auf der Arbeitsfläche ist nämlich Teil des G-Codes. Auch bei Ihrem eigenen Lasercutter erfolgt die Konvertierung erst, wenn Sie die Grafik zurechtgeschoben und gezogen haben: Der G-Code, der die Motoren füttert, überträgt an den Lasercutter nicht nur die eingestellte Intensität und Geschwindigkeit, sondern natürlich auch die Punkte der Grafik, die er abfahren soll – und dazu gehört auch ihre Position auf der Arbeitsfläche.

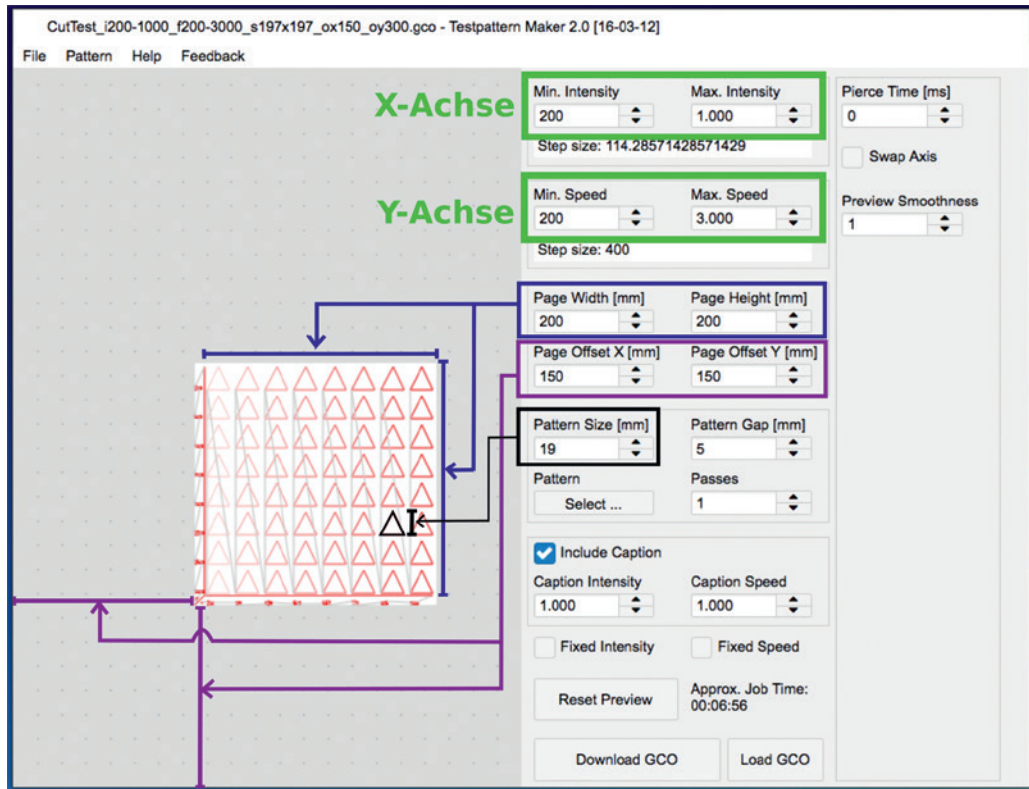


Bild 5.36 Einstellungen erlauben individuelle Testmatrizen.

Mit den Einstellungen *Page Width* und *Page Height* bestimmen Sie die Größe der Matrix (nicht etwa die Größe Ihrer Arbeitsfläche). In Abhängigkeit davon bestimmt die Einstellung *Pattern Size*, wie viele Testgrafiken in die Matrix passen. Zusätzlich können Sie mit *Pattern Gap* den Abstand zwischen den einzelnen Formen angeben. Aus beidem ergibt sich dann die Anzahl der durchprobierten Wertepaare – eine Vorschau der Matrix sehen Sie sofort links in der fiktiven Arbeitsfläche. Für die Form der Matrix stehen unter der Schaltfläche *Pattern* vier einfache geometrische Formen zur Wahl, etwa Dreieck oder Kreis. Besonders wertvoll ist das Häkchen bei *Include Caption*: Ohne dieses Häkchen hätten Sie nur eine Ergebnismatrix. Sie wüssten hinterher aber nicht mehr, welche Wertepaare genau hinter einem Ergebnis stehen, und müssten es händisch notieren. Mit diesem Häkchen aber erhält die Matrix eine Beschriftung (siehe Bild 5.36).

Wenn die Ergebnisse noch komplett unbekannt sind, ist an dieser Stelle natürlich die Crux, die richtigen Einstellungen für die Beschriftung zu setzen, denn wie sich die Einstellungen auswirken, möchte man ja erst herausfinden. Ein paar Einzeltests vor Anwendung der Testmatrix helfen, die Beschriftung mit Werten zu versehen, dass man sie hinterher auch lesen kann (siehe Bild 5.37).

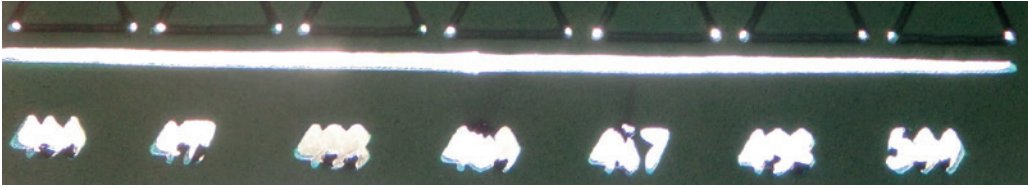


Bild 5.37 Unlesbare Beschriftung: Vorab einen Einzeltest zu machen verhindert das.

Nach den gewünschten Einstellungen übergibt ein Klick auf *Download GCO* Ihrem Browser eine Datei, die Sie lokal speichern. Diese Datei übertragen Sie genauso an den Lasercutter wie eine normale Grafikdatei, also ein PNG oder ein SVG. Nach einem Klick auf *Add* in der Designbibliothek erscheint die Matrix wie gewohnt in der Arbeitsfläche von Mr Beam. Der erste Unterschied zu normalen Grafiken ist der, dass Sie G-Code-Dateien wie diese Matrix nicht frei positionieren können. Denn ihre Position haben Sie schon in der fiktiven Arbeitsfläche der Webanwendung bestimmt, und sie ist jetzt Teil des G-Codes. Der zweite Unterschied ist, dass ein Klick auf *Lasern* nicht den Konvertierungsdialog öffnet, in dem Sie die Werte für Intensität und Geschwindigkeit eingeben. Diese Werte haben Sie ja bereits in der Web-App angegeben. Da es sich um eine G-Code-Datei handelt, ist eine Konvertierung nicht mehr nötig. Der Klick auf *Laser* im Arbeitsbereich von Mr Beam führt also sofort in den Bestätigungsdialog, der den tatsächlichen Laservorgang anstößt.

Das weitere Vorgehen besteht nun darin, verschiedene Materialien mit Testmatrizen zu versehen. In dem Beispiel in Bild 5.38 sehen Sie hellgraues Briefpapier in 100 Gramm Stärke. Die Werte sind maximal auseinandergezogen: Bei Intensität ist die gesamte Bandbreite zwischen 200 und 1000 eingetragen (der Intensitätswert 100 führt hier praktisch gar keinen Laserstrahl aus und ist eher eine Art Stand-by). Bei der Geschwindigkeit sind wir als Minimalwert nur auf 500 Millimeter pro Minute heruntergegangen, denn schließlich handelt es sich um recht dünnes Papier.

In der linken Spalte sehen Sie anhand des sehr hellen, kaum sichtbaren Dreiecks ganz oben, dass bei minimaler Intensität erst bei einer Fahrgeschwindigkeit von 500 Millimetern pro Minute etwas Energie im Material ankommt. Sie sehen auch, dass es zwischen der mittleren und der rechten Spalte kaum einen Unterschied gibt (siehe Bild 5.38).

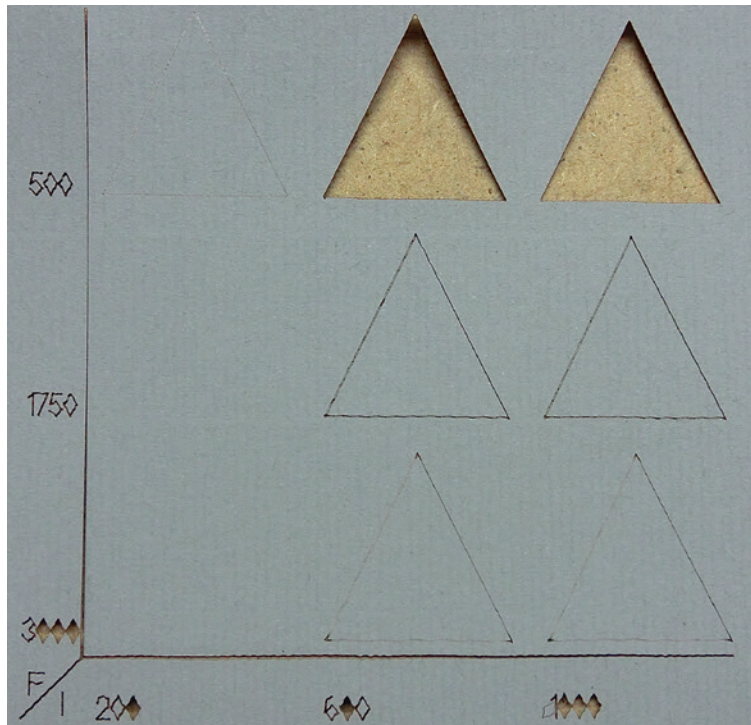


Bild 5.38 Testmatrix hellgraues Briefpapier (100 g) bei maximaler Spannweite der Intensität

Der nächste neugierige Schritt besteht darin, den Intensitätsbereich zwischen 200 und 600 stärker auseinanderzuziehen, um zu erkennen, ab welcher Intensität genau das Papier durchgeschnitten wird. Im Ergebnis wird ersichtlich, dass schon eine Intensitätsstufe um 300 herum ausreicht, um das Papier durchzuschneiden. Voraussetzung ist allerdings, dass die Fahrgeschwindigkeit relativ klein ist. Die hellgraue Farbe des Papiers reflektiert einfach ziemlich stark (siehe Bild 5.39).

Dieselben Einstellungen probieren wir nun bei anderen Farben desselben Materials aus (siehe Bild 5.40). Bei Blau sind die Ergebnisse nicht viel besser als bei Hellgrau. Der Grund liegt hier nicht in der Reflexion durch Helligkeit, sondern in der Reflexion durch spezifische Wellenlänge. Der verwendete Lasercutter arbeitet mit einer blauen Laserdiode. Ihr Licht wird also von blauem Material weitgehend reflektiert (sonst würde uns das Material ja nicht blau erscheinen). Ähnlich ergeht es grüner Farbe, denn Grün liegt im Wellenlängenspektrum neben Blau. An der löchrigeren Beschriftung der grünen Materialprobe sieht man aber, dass die Energie des Laserstrahls schon besser im Material ankommt als bei der blauen Farbe, auch wenn die Dreiecke mit ähnlichem Ergebnis geritzt und ausgeschnitten werden. Für eine dunkelrote Farbe hingegen sieht es ganz anders aus: Es genügt schon die ziemlich hohe Geschwindigkeit 1300 Millimeter pro Minute, um bei einer Intensität von nur 500 das Material durchzuschneiden. Das ist bei den anderen beiden Farben nicht so.

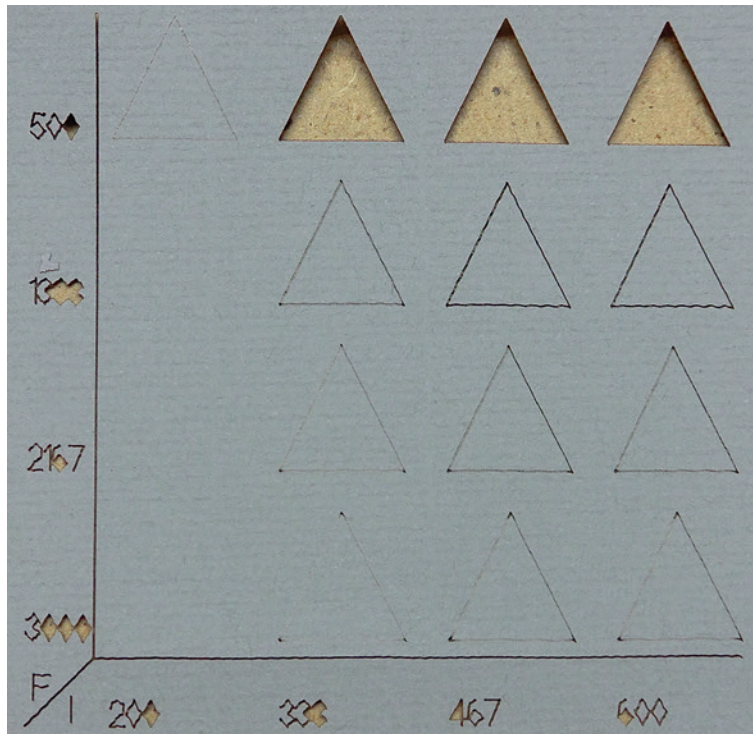


Bild 5.39 Reduzierte Spannweite bei Intensität für das hellgraue Briefpapier (100 g)



Bild 5.40 Zunehmende Wirkung bei blauem, grünem und rotem Briefpapier (100 g)

Der nächste Test wurde mit Tonpapier (130 g) gemacht (siehe Bild 5.41). Zunächst einmal wird deutlich, dass das dickere und dichter gewebte Papier in dunklem Schwarz in der obersten Zeile durchkommt: Das minimale Wertepaar i 333/ f 500 gilt hier genauso wie bei dem viel dünneren Briefpapier. Die zweite Zeile zeigt allerdings einen Unterschied: Dunkelrotes, dünnes Briefpapier ließ sich ab dem Paar i 476/ f 1333 schneiden, schwarzes Tonpapier hingegen nicht.

■ 6.1 Spiegel gravieren

In dieser Übung werden wir einen gravierten Glasuntersetzer aus Spiegelglas fertigen (siehe Bild 6.2).



Bild 6.2 Von der Rückseite graviertes Spiegeluntersetzer

6.1.1 Material und Vorlagen

Der Spiegelglasuntersetzer ist an der Unterseite mit einer Art schwarzem Samt beschichtet, die sich gravieren lässt. Wir haben ihn für rund 5 Euro im Heimdekorationsmarkt BUTLERS erstanden. Von den Spiegelglasuntersetzern haben wir zwei gekauft, um einen zu Testzwecken zur Verfügung zu haben.

Die Vorlage besteht aus einer eingescannten Handzeichnung zweier Hasenköpfe (siehe Bild 6.3). Die Vorarbeiten sind minimal: Die Vorlage wird auf Schwarz und Weiß reduziert, damit die Zeichenstriche möglichst gut zur Geltung kommen, und ein paar störende Flecke werden weggemalt.



Bild 6.3 Laservorlage und Material für gravierten Spiegeluntersetzer

6.1.2 ... und Action

Einen der Untersetzer positionieren wir mit der Unterseite nach oben innerhalb der Arbeitsfläche. Mit Hilfe verschiedener Testgrafiken finden wir heraus, bei welchem Wert sich diese spezielle Werkfläche bearbeiten lässt. Zur einfachen Blattform zum Schneiden und dem einfachen Gravurtest kommt eine Testgrafik speziell für sehr feine Gravuren hinzu (hier eine kleine Rosenranke).

Als Erstes erfolgt der Schneidetest, welcher dazu dient, wirksame Einstellungen zu finden. In diesem Fall sind drei Anläufe nötig, wie Sie in Bild 6.4 sehen: Die schwächste Einstellung ist rot umrandet, sie ist auf der Spiegelseite nicht zu sehen. Bei der gelben und grünen Umrandung haben wir die Einstellungen jeweils leicht verstärkt. Als Zweites werden diese Werte beim Gravieren ausprobiert, denn bei einer gravierten Fläche reagiert das Material wegen der Dichte der gebrannten Punkte gegebenenfalls anders als bei einem einfachen Schnitt.

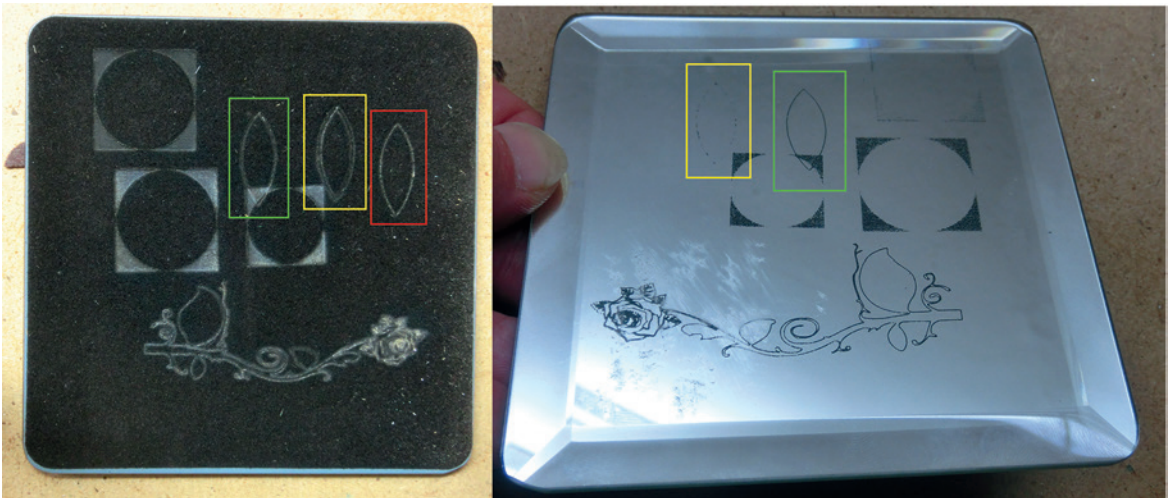


Bild 6.4 Spiegeluntersetzer: Testschnitte auf der Gravurfläche (links) und deren Ansicht auf der richtigen Seite des Spiegels

Nicht vergessen: Notieren Sie sich die Werte, mit denen Sie testen. Sie werden sich wundern, wie schnell Sie im Eifer des Gefechts diesen absolut fundamentalen Teilschritt vergessen – und am Ende müssen Sie von vorn anfangen, nur weil Sie die verflixten Werte nicht mehr kennen. Woher wir das wissen? Raten Sie mal!



Viele Quellen für Spiegel

In diesem Beispiel finden wir anhand der Testrosenranke zusätzlich zum einfachen Schneiden auch noch heraus, wie fein die Gravur sein darf. Dieser Test ist im vorliegenden Beispiel zwar nicht relevant, da wir nur einen einzigen Spiegeluntersetzer haben, den wir mit der Hasengrafik gravieren wollen. Diese Art von Spiegeln sind jedoch in verschiedenen Größen handelsüblich und von ganz unterschiedlichen Bezugsquellen zu beziehen: Neben Heimdekormärkten wie DEPOT oder BUTLERS werden Sie auch in Läden wie Nanu Nana fündig, in denen es alle möglichen billigen Deko- und Spaßartikel gibt, oder auch einfach bei IKEA. Es ist also möglich, richtige Spiegel zu erstellen oder auch ganze Wandbereiche mit einer ausgeklügelten Komposition aus gravierten Spiegelkacheln zu gestalten.

Nachdem Sie die erforderlichen Tests ausgeführt und passende Einstellungen ermittelt haben, ist das Vorgehen denkbar einfach: Werkstück in das Gerät legen, Grafik hochladen, Grafik positionieren und skalieren, Einstellungen eingeben – und los! Die samtbeschichtete Rückseite nimmt die Grafik wie erwartet gut auf (siehe Bild 6.5).



Bild 6.5 Nahansicht der fertigen Rückseite des Spiegeluntersetzers

■ 6.2 Tischset, Untersetzer und Schneidebrett

In dieser Übung entstehen ein Tischset, ein Schneidebrett und zwei kleine Untersetzer für Gläser etc., die zum Tischset passen (siehe Bild 6.6).

Stichwortverzeichnis

Symbole

3D-Druck 2, 5, 64, 68 ff., 72 f., 78, 97, 293, 296, 302
3Dhubs.com 76, 301

A

Abluft 41, 80, 82, 84, 196
Absorption 18, 20, 22, 28
– Absorptionseigenschaften 21, 186
Acryl 23, 81, 185
Adobe Creative Suite *siehe* Adobe Illustrator 105
Adobe Illustrator 103, 105, 108
Adobe Photoshop 105, 108
AI 103
angeregter Zustand 20, 46
Arduino 97
Argon-Ionenlaser 53
Ar+-Laser *siehe* Argon-Ionenlaser 53
AutoCAD 103
Autotracer 109

B

Balsaholz 202, 210, 271
Bystronic 58

C

CE-Kennzeichen 44, 82
CO₂-Laser 3, 23, 40, 49 f., 59, 62, 65, 72, 80
CO₂-Röhre 82 f.

Cockroach Labs 107
Convertio 109
Copyshop 75
– Ladengeschäft 75
CorelDRAW 106
CorelDRAW Graphics Suite *siehe* CorelDRAW 106
Cupcake CNC 69
Cutworks 77

D

DaWanda 301
Desktop-Lasercutter 78 f., 81, 84
Dienstleister 75
Digital Fabrication 68
Diodenlaser 45 f., 53, 72 f., 82
dpi 103, 120
DVD-Brenner 32, 39, 62, 65, 72
DXF 103

E

eBay 301
Einzeltests 201, 205
elektromagnetisches Spektrum 13 f.
elektromagnetische Strahlung 10, 20
Emblaser 73, 87, 96
Epilog 51, 72, 80, 90
Etsy 301
Excimer-Laser 49, 52 f.

F

FabCreator 52
 Fabhub.io 76
 FabLab 65, 69, 71, 74, 300, 302
 Faserlaser 57
 FDM 69
 Festkörperlaser 45, 56
 Filz 73, 202, 207, 209, 224, 236, 239, 244, 250, 271
 Fokus 201, 222
 Fokus testen 202
 Formulor 77
 Fräsen 2, 70, 97, 295, 298
 Freeform4U 75
 Full Spectrum Laser 72f., 78, 88

G

GAM Lasers 52
 Gaslaser 36, 45, 50
 G-Code 3, 79, 95, 119, 214f., 226
 - Converter 96
 - Übung 98
 Gefahren 25, 34, 36, 42, 81, 185
 Gehäuse 38
 GIF 103
 GIMP 3, 107, 110, 272f.
 - Ebenen 111
 - Entsättigen 115
 - Schwellwert 118
 - Tonwertkorrektur 115
 - Unschärf maskieren 118
 - Werkzeugeinstellungen 148
 - Zauberstab 149
 Glas 21, 23
 Glowforge 52, 73, 86, 96
 Grbl 3, 97
 Grenzwerte 33
 Grenzwert zugänglicher Strahlung (GZS) 28

H

Helium-Neon-Laser 55
 Holz 81, 188, 193, 202, 206f., 223, 236, 244, 256, 282
 HP 78, 94
 HPGL 3, 79, 94
 Hub 76

I

Inkscape 3, 104, 108, 153, 205, 262, 273
 - Anzeigemodus (Umriss) 177
 - Auswahlwerkzeug 157
 - Bitmap nachzeichnen (vektorisieren) 159, 163
 - Dokumenteneinstellungen 155
 - Ebenen 156, 160f., 246
 - Knoten hinzufügen/löschen 168
 - Knotenwerkzeug 157
 - Kontur vs. Füllung 166, 242, 252
 - Pfade trennen/verbinden 168
 - Schrift 180
 Instructables.com 3, 288, 290, 301
 Ionisation 53

J

Jenoptik 49
 JPG 103

K

Kamann & Partner 77
 Karton 202
 Kohärenz 17
 Kraftplex 188, 202, 206, 222, 244, 261, 271, 277, 288

L

Laserbeamer 65f.
 Laserdiode 2, 59, 61, 65, 73, 97
 Laserdrucker 65
 Laserkennzeichnung 26
 Laserklasse 26, 29, 82f.
 Laserlicht 17, 19, 23, 26, 27f., 48, 82
 Lasermedium 46
 Laserpointer 30, 32, 39, 65
 Lasertyp 21, 23, 36, 45, 186, 294
 Laservorlage 2f., 73, 77, 105, 110, 232, 246, 265
 Leder 202, 206, 266
 Lidschlussreflex 29
 LPS-Lasersysteme 53
 Luftfilter *siehe* Abluft 41

M

Make: 69
 MakerBot 69
 Markt 72, 75, 80
 – Charakteristika 2, 80
 – Geräteübersicht 84
 – Kaufkriterien 82
 maximal zulässige Bestrahlung (MZB) 28
 Melles Griot 56
 Metall 21 ff., 64
 Microslice 48, 72
 Monochromasie 17
 Moosgummi 189f., 207f., 244, 250, 271, 282
 Mr Beam 1, 62, 72f., 85, 96, 196, 232

N

Nd-YAG-Laser 59
 Normen 25, 27, 33, 44, 82

P

Papier 81, 205, 207, 212f., 218, 244
 Photon 12, 20, 46
 Pierce Time 184, 214, 225, 260
 Pixelgrafik 3, 101, 110, 161, 242
 Plotterdatei 95
 PNG 103
 Ponoko.com 77
 Pumpenergie 46

R

Rayjet 80, 91
 Reflexion 19, 22, 187f., 228
 RepRap 97
 Resonator 46
 Rubinlaser 57

S

Schneidplotten 5, 94, 297
 Schutzbrillen 38
 Schutzmaßnahmen 34, 36f., 43, 66
 Sculpteo 77

Shapeways.com 301
 Showlaser 32, 39, 64
 Spiegel 228, 233
 spontane Emission 18, 20, 36
 Spreadshirt 75
 Stiftplotten 94, 297
 stimulierte Emission 9, 18, 47, 49, 55
 SVG 103, 227
 – Inkscape, normales, optimiertes 104, 159

T

Technische Universität Dresden 75
 Testmatrizen 201, 213
 Thingiverse.com 301
 Tonpapier 220
 Toolhubs.com 76
 Transmission 19, 23, 188
 Trotec 58, 72, 80, 91

U

Universal Laser 72, 80, 89

V

Vectormagic 110
 Vektorgrafik 3, 101, 110, 153, 242
 – für Gravur nutzen 251
 Vektorisierung 140, 153, 159, 161, 178, 245
 – in GIMP vorbereiten 178
 – Online-Tools 109
 Versa VLS 2.30 80, 89

W

Wasserstrahlschneiden 5, 298
 Wellenlänge 2, 13, 15, 19, 21, 23f., 28f., 46, 49, 83,
 186
 World Laser 52

Z

Zing 16 90