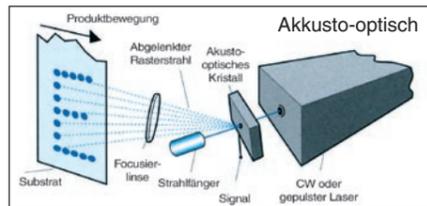


In diesem System ist die maximale Rate der erzeugbaren Dots durch die physikalischen Merkmale des Deflektors bestimmt.

Leider bekommt man selten etwas umsonst, und auch hier liegt keine Ausnahme vor. Diese Geräte arbeiten mit einer maximalen Durchschnittslaserkraft (in der Regel 120 W), da sie einen Teil des Laserstrahls absorbieren. Zudem muss die Hitze, die in die Kristalle gelangt, kontrolliert werden. Dies wird durch eine aktive Kühlung erreicht. Wenn dieses System mit max. Effekt verwendet wird, kann es nahezu eine „Buchdruckqualität“ erreichen, wobei die Druckqualität von Dotmatrix-Systemen in großem Ausmaß verbessert wird.



Galvanometer-betriebene Spiegel können in das optische System eingebaut werden, sodass der Laserstrahl dem Produkt folgen kann, wenn es den Druckkopf passiert. Dies hat den Effekt, dass die Rate der Doterzeugung und damit auch die Druckgeschwindigkeit erhöht wird.

## Kriterien und Ausführung der Markierung

Viele Parameter beeinflussen sowohl die Codierbarkeit eines Produktes als auch die Geschwindigkeit, mit der es codiert wird.

Hier eine kurze Auflistung einiger gemeinsamer Parameter, die die Dotmatrix-Codierung betreffen.

- ◆ **Absorbierung:** Blanke Metalle reflektieren CO<sub>2</sub>-Laserlicht und können nicht codiert werden, eine absorbierende Beschichtung ist erforderlich. Manche Plastikstoffe übertragen CO<sub>2</sub>-Laserlicht und sind nicht codierbar. Es ist notwendig, Zusätze in das Plastik zu geben, die das Licht absorbieren, oder einen Laser mit einer anderen Wellenlänge zu verwenden, z.B. Nd:YAG-Laser.

- ◆ **Brennzeit:** Verschiedene Materialien erfordern unterschiedliche Energiedichten, um eine Codierung zu erzeugen. Je länger die Zeit ist, desto langsamer ist die maximale Codiergeschwindigkeit. So dringt zum Beispiel bei Recycling-Materialien die Druckfarbe generell tiefer in die Oberfläche ein. Daher benötigt der Laser länger, um diese zu entfernen.

- ◆ **Oberflächenbehandlungen:** Falls eine Oberfläche lackiert ist, muss der Laser zunächst den Lack entfernen, bevor das eigentliche Material codiert werden kann. Dies erfordert eine höhere Energiedichte.

- ◆ **Druckhöhe** (Anzahl vertikaler Dots in einer Codierung/Anzahl Textzeilen): Je mehr Dots (berührend) in einer vertikalen Linie sind („Raster“), desto länger dauert es, diese Linie zu drucken. Und desto langsamer ist auch die maximale Produktgeschwindigkeit.

## Vorteile

In den Fällen, wo die Lasercodierung die passende Codiermethode ist, bringt sie eine Anzahl attraktiver Vorteile mit sich:

- ◆ **Nicht entfernbare Codierungen** Codierung wird in die Oberfläche eingezätzt (kein unautorisiertes Entfernen möglich, unterstützt die Fälschungssicherheit).

- ◆ **Hohe Codierqualität** Einige Systeme reichen an „Briefdruckqualität“ heran.

- ◆ **Saubere Codierungen** Keine zusätzlichen Werkstoffe sind erforderlich, lediglich ein Abbrand wird während des Lasermarkierprozesses erzeugt.

- ◆ **Geringe Wartung** Minimale wöchentliche Checks und ca. 4000-Stunden-Service-Intervalle.

- ◆ **Geringe laufende Kosten** Geringe Verbrauchskosten

- ◆ **Hohe Zuverlässigkeit** Da Kennzeichnung in manchen Industrien gesetzlich gefordert ist, was bedeutet, dass ohne Codierung keine Produktion stattfindet, ist Zuverlässigkeit ein Schlüsselfaktor.

Lasercoder zählen zu den zuverlässigsten Codier- und Markiersystemen auf dem Markt.

- ◆ **Berührungslose Arbeitsweise** Ermöglicht Hochgeschwindigkeitsdruck, da kein physikalischer Kontakt mit der zu bedruckenden Oberfläche besteht.

- ◆ **Programmierbarkeit** Drucken variabler Informationen

## Sicherheit

Heutzutage sind viele zehntausend Lasersysteme in der Industrie überall auf der Welt in Betrieb.

Einige wenige und einfach realisierbare technische Regeln über Schutz, Verriegelung usw. müssen eingehalten werden. Dann ist es relativ einfach, die Bediener davor zu bewahren, dass sie Zugang zu dem Laserstrahl haben und sich verletzen.

## Die Zukunft

Obwohl sich die Lasertechnologie insgesamt sehr schnell entwickelt, ist die Relevanz dieser Fortschritte für die Codier- und Markieranwendung begrenzt. Mit anderen Worten: Veränderungen sind wahrscheinlich von evolutionärer als von revolutionärer Natur. Entwickler von Lasermarkiersystemen sind daher auf der ständigen Suche nach dem „Heiligen Gral“ in Form von Systemen:

- ◆ die in der Lage sind, schneller auf einer weiteren Palette von Substratflächen zu codieren,
- ◆ kompakter sind,
- ◆ mit weniger Kosten herzustellen sind.

Für die Benutzer bedeutet das Erreichen dieser Ziele leistungsfähigere und flexible Systeme zu einem geringeren Preis.

## Glossar

### CW-Laser (continuous wave)

Laser gibt einen kontinuierlichen Strahl ab (im Gegensatz zu den kurzen Salven eines pulsierenden Lasers).

### Brenndauer

Zeitlänge, die ein Laser auf der Substratfläche verweilt, um einen Dot zu drucken.

### Strahlart

Verteilung von Energie über einen Laserstrahl.

### Strahldivergenz

Messung, wie sehr der Radius eines Laserstrahls sich verbreitert, wenn er sich von der Laserquelle fortbewegt.

# BLUHM<sup>®</sup> systeme

## Ausgabe

# 2

### Sehr geehrte Leser,

willkommen zur zweiten Ausgabe! Hier geht es um die Laser-Technologie. Das Wort „Laser“ ist so sehr zu einem Teil unserer täglichen Sprache geworden, dass wir leicht vergessen, dass es sich dabei um eine Abkürzung handelt: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Laser werden oft für eine neue Technologie gehalten, aber sie existieren schon länger als viele wissen. Die Laser-Theorie wurde 1957 entwickelt, der erste Laser 1960 hergestellt. Lange Zeit zuvor, um den Jahrhundertwechsel, stellte Albert Einstein Gleichungen auf, die den hauptsächlich physikalischen Mechanismus beschreiben, durch den Laseraktivität auftritt, obwohl ihm das zu dieser Zeit unbekannt war.

Viele Unternehmen und Regierungseinrichtungen interessierten sich für Laser und begannen, ihre eigenen zu entwickeln, ohne eine bestimmte Anwendung vor Augen zu haben. Dies führte dazu, dass Laser bekannt wurden als „eine Lösung, für die ein Problem gefunden werden muss“. Heute werden Laser für spezielle Aufgaben entwickelt, und ihre Eigenschaften sind so ausgerichtet, dass sie mit den Anwendungsbedürfnissen übereinstimmen.

Laser besitzen ein breites Anwendungsspektrum: z. B. Schneiden und Schweißen von Metall, in der Chirurgie, der Datenerfassung und -weitergabe, Holographie, genaues Messen physikalischer Parameter, schonende Testverfahren, Codieren und Markieren von Produkten an Fertigungslinien u.v.a.m.

Lasermarkiersysteme kamen vor ca. 30 Jahren auf den Markt. Diese frühen Systeme wurden für „wissenschaftliche“ Aufgaben verwendet und waren nicht darauf ausgerichtet, den oft sehr staubigen und nassen Bedingungen im rauen Produktionsumfeld standzuhalten. Außerdem waren sie nicht für den Dauereinsatz (24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche) geeignet, was wir heute voraussetzen.

Daher lag der Schwerpunkt mehr in der Entwicklung widerstands- und leistungsfähigerer Systeme, als in neuen Technologien, um sich den verändernden Marktanforderungen anzupassen.

## Wie arbeitet ein Laser?

Alle Laser arbeiten nach dem gleichen Prinzip, aber sie werden unterschieden nach ihrer Art, ihrer Konstruktionsweise, den verwendeten Materialien und den Eigenschaften des Laserstrahls.

## Bestandteile eines Lasers

Jeder Laser hat drei Hauptbestandteile:

### 1. Laser-Medium:

Das kann Gas sein, z. B. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), ein festes Material wie Neodymium Yttrium Aluminium Granat (Abk.: Nd:YAG) oder ein flüssiges Material, z. B. Farbstoff.

Eine der Fähigkeiten eines Lasermediums ist, dass es Energie in einer bestimmten Weise speichern kann, bekannt als Populationsinversion. Das Lasermedium gibt Licht (Photonen) in Form übermäßig gespeicherter Energie ab.

### 2. Erregungsmechanismus:

Dies ist der Mechanismus, durch den Energie verwendet wird, um die Partikel des Lasermediums zu erregen (Atome oder Moleküle). Energie kann verwendet werden aus elektrischem Strom, Entladung, Lichtquelle usw.

### 3. optischer Resonator:

Hier wird die gespeicherte Energie in Form eines Laserstrahls aus dem

Lasermedium herausgezogen. In der einfachsten Form besteht der optische Resonator aus einem Spiegel an jedem Ende des Lasermediums.

Diese Spiegel befinden sich parallel zueinander, so dass Photonen, die an der Achse der beiden Spiegel entlang laufen, ständig zwischen den Spiegeln reflektiert werden (resonieren).

Einer der Spiegel ist 100% reflektierend, der andere nur teilweise, sodass einige nicht reflektierte Photonen durchgelassen werden.

## Generieren des Laserstrahls

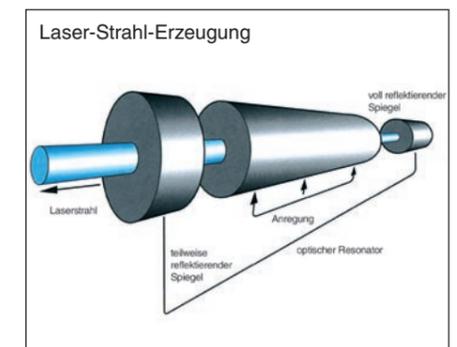
Wenn die Photonen das Lasermedium passieren, bedingt durch einen Prozess, der als stimulierte Emission bezeichnet wird, verursachen diese, dass erregte Partikel des Lasermediums überschüssige Energie in Form von anderen Photonen freisetzen.

Diese neuen Photonen sind identisch mit den Originalphotonen, die die stimulierte Emission verursacht haben.

Sie haben dieselbe Farbe (Wellenlänge), sie laufen in dieselbe Richtung und sind phasengleich.

Die Photonen, die durch den teilweise reflektierenden Spiegel übertragen werden, bilden den Laserstrahl, der dann seine „Arbeit“ tut.

Die übrigen Photonen werden in das Lasermedium zurückgespiegelt, um den stimulierten Emissionsprozess fortzusetzen.



## Lasermarkier-Vorgang

Eine Lasermarkierung wird erreicht, indem ein Material vom Untergrund entfernt wird oder die Oberfläche des Substrats verändert wird.

Der wichtigste Punkt dabei ist, wie gut das codierte Material den Laserstrahl absorbiert. So kann der zu verwendende Lasertyp bestimmt werden, da verschiedene Wellenlängen unterschiedliche Absorbierungseigenschaften haben. Falls der Laserstrahl

hindurch dringt oder reflektiert wird, ist das Codieren schwieriger oder sogar unmöglich.

Um die besten Ergebnisse zu erzielen, muss der Laserstrahl in den obersten Mikrometern der Materialoberfläche absorbiert werden, sodass eine ausreichende Energiedichte besteht, um die Oberfläche durch einen der drei folgenden Vorgänge zu verändern:

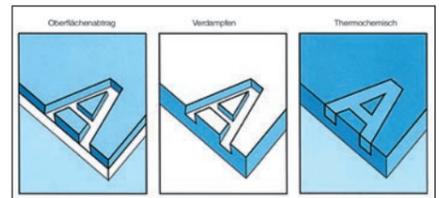
### Entfernung der Beschichtung:

Der Laser wird durch die Oberflächenbeschichtung absorbiert und lässt sie verdampfen, um ein Kontrastsubstrat freizulegen. Ein Beispiel für diesen Prozess ist das Entfernen von Farben, von weißem Papier oder anderen Materialien.

**Ätzen:** Der Laser lässt Material von der Substratoberfläche verdampfen, ohne dass dabei eine Farbänderung entsteht. Die so entstandene Markierung ähnelt einem Prägedruck. Dies ist das Verfahren, welches bei der Lasermarkierung von z.B. PET verwendet wird.

### Thermochemisches Verfahren:

Der Laser verändert das Material, indem er es auf eine Temperatur erhitzt, die hoch genug ist, um Molekularverbindungen zu durchbrechen. Das neue Material, das durch diesen Prozess entsteht, kann eine andere Farbe annehmen, sodass eine erkennbare Markierung hergestellt wird.



### Markierungssystem-Technologien

Die Mehrheit der Lasermarkiersysteme arbeitet mit einem von zwei Laserarten:

1.) CO<sub>2</sub>: Verwendet wird eine Gas Mischung, die durch eine Spannungsentladung erregt wird. Diese arbeiten mit einem infraroten Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 10.6 µm.

2.) YAG: Dies ist ein Kristall, der gewöhnlich durch ein Blitzlicht (starke Lichtquelle) oder einen Diodenlaser erregt wird. Er liefert einen Infrarotlaserstrahl von 1.06 µm Wellenlänge.

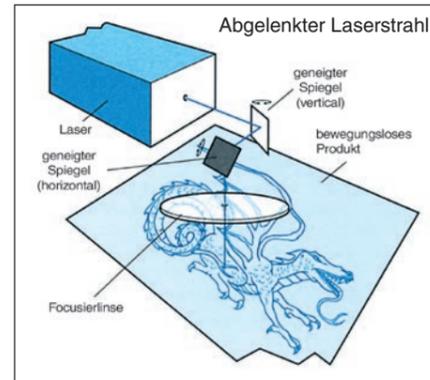
### Es gibt drei verschiedene Systemtechnologien:

- ◆ gesteuerter Laserstrahl
- ◆ Maskenlaser
- ◆ Dotmatrix Laser

### Gesteuerter Laserstrahl

Diese Systeme sind auch als „Füllfederhalter“ bekannt, weil sie wie ein Füllfederhalter schreiben. Die ersten Systeme, die auf gepulsten YAG-Lasern basierten, wurden 1969 eingeführt.

Systeme, die einen kontinuierlichen Laserstrahl (Continuous Wave-CW) CO<sub>2</sub> verwenden, wurden erst in den frühen 80'er Jahren eingeführt.



Es wird eine Linse verwendet, um den Laserstrahl auf einen schmalen Punkt auf der Oberfläche des Produkts zu fokussieren.

Zwei Galvanometer-betriebene Spiegel bewegen den Laser über die Produktoberfläche, um die benötigte Markierung zu erzeugen. Der Laserstrahl wird eingeschaltet, wenn eine Codierung erforderlich ist und ausgeschaltet, wenn nicht.

Also in derselben Weise, wie ein Füllfederhalter beim Schreiben über das Papier geführt wird und gehoben wird, wenn das Schreiben beendet ist. Die Rotation der Galvanometer-betriebenen Spiegel erfolgt computergesteuert.

Die Computer basieren oft auf Desktop-PC's und akzeptieren Markierungsinformationen von einer weiten Palette von Softwarepaketen inkl. Word-Prozessoren, CAD-Systemen etc.

Systeme mit gesteuertem Strahl sind in der Lage, qualitativ hochwertige Markierungen über große Flächen (bis zu 160 x 160 mm) auszuführen.

Aufgrund der zu markierenden Fläche werden bestimmte Flachfeldlinsen verwendet. Dies geschieht, um eine Verringerung der Druckqualität zu verhindern, die ansonsten entstehen würde, wenn die Markierung sich von der Mittellinie der Linse fortbewegt. Der Laserstrahl bleibt durch diese Linsen innerhalb der erforderlichen Fokussierung.

Da diese Systeme nur Zeichenlinien

darstellen wo es nötig ist, wird der Laserstrahl sehr effizient eingesetzt.

Dies erlaubt den Einsatz von luftgekühlten, energiesparenden (10-20 W) CO<sub>2</sub>-Lasern in relativ preisgünstigen Einstiegsystemen.

Mit sich entwickelnder Technologie, steigenden Galvanometer-Geschwindigkeiten und reduzierten Computerbetriebskosten werden Systeme herausgebracht, die auch Produkte codieren können, die sich mit einer relativ geringen Geschwindigkeit bewegen.

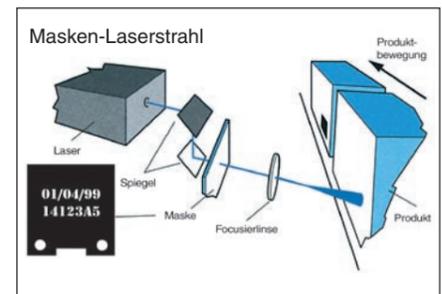
Jedoch ist die Markierungsfläche auch bei geringer Geschwindigkeit sehr reduziert: Ecken werden abgerundet, Fettdruck kann nicht ausgeführt werden und die Schrift- und Grafikmöglichkeiten sind stark eingeschränkt.

### Maskenlaser

In den frühen 70'er Jahren erstmalig eingeführt, arbeiten diese Systeme mit einem pulsierten Laserstrahl auf einer großen Querschnittfläche, für gewöhnlich 25 x 28 mm. Der Strahl beleuchtet eine dünne Metallabdeckung, in die das gewünschte Bild oder die Codierung eingätzt wurde. Laserlicht, das auf das Metall trifft, wird reflektiert und geht verloren. Licht, das durch die Maske geht, wird durch eine Linse gesammelt und auf das Produkt übertragen.

Das Bild, das durch diesen Vorgang erzeugt wird, gibt selbst die feinsten Details des Musters auf der Maske wieder.

Die Größe der Grafik oder Codierung kann durch Auswahl der entsprechenden Positionierung für Verdeckung, Linse und Produkt eingestellt werden.



Die Laser sind hauptsächlich vom Typ CO<sub>2</sub> TEA (Transversely Excited, Atmospheric pressure) mit Spitzenspannungen (2 - 12 MW) und kurzer Pulsdauer (3 - 6 µm).

Diese zwei Eigenschaften plus die Tatsache, dass das gesamte Bild auf einmal angebracht wird, verleihen Maskenlasern ihre einzigartige Codierfähigkeit. Sie können Produkte codieren, die

sich sehr schnell bewegen (mehr als 500 Meter pro Minute), was sie ideal macht für Codierungsanwendungen in Flaschenabfüllungen mit hohen Geschwindigkeiten, z. B. in Brauereien.

Diese Laser können genügend Energie erzeugen, um mit ihnen kleine Codierungen wie Haltbarkeitsdaten, Lot-Codes etc. auf 30 Produkten pro Sekunde vorzunehmen.

Kleinere Codierungen (3 bis 5 Ziffern) können in einer Rate von bis zu 100 Produkten pro Sekunde gedruckt werden. Da die Codierung in Metallmasken eingätzt ist, steht das Codierungsformat fest und kann im Normalfall nur durch Aufsetzen einer neuen Maske geändert werden.

Dieser Nachteil kann umgangen werden, indem Codier-Informationen auf computergesteuerte rotierende Scheiben gebracht werden, um automatische z.B. Zeit-, Datum- und Nummerncodierungen aufzubringen.

Jedoch können die Formate nicht schnell geändert werden, und diese Scheiben verursachen weitere beträchtliche Kosten in einem ohnehin schon teuren System.

Generell sind die Systeme groß, benötigen externe Kühleinheiten und eine externe Gaszufuhr. Sie werden passend für eine spezielle Produktionslinie entwickelt und sind damit auf diese festgelegt.

### Dot-Matrix-Laser

Erstmals eingeführt in den späten 80'ern wurden diese Laser entwickelt um programmierbares und flexibles Lasercodieren zu ermöglichen, bei einer steigenden Vielfältigkeit der Lasermarkierung und Erweiterung der Anwendung dieser Technologie.

Der Codierungsinhalt wird über eine Tastatur in das Markierungssystem einprogrammiert. Mikroprozessoren konvertieren die Codierung in eine Dotvorlage und synchronisieren die Aktivierung des Lasers, die Steuerung des Scansystems (falls es genutzt wird) und die Bewegung des zu codierenden Produktes, sodass jeder Dot exakt auf dem Produkt platziert wird.

Drei verschiedene Technologien sind für diese Produktfamilie entwickelt worden:

- ◆ Laser-Reihe
- ◆ rotierendes Polygon (auch bekannt als drehender Spiegel)
- ◆ Akkusto-optisch

### Laser-Reihe

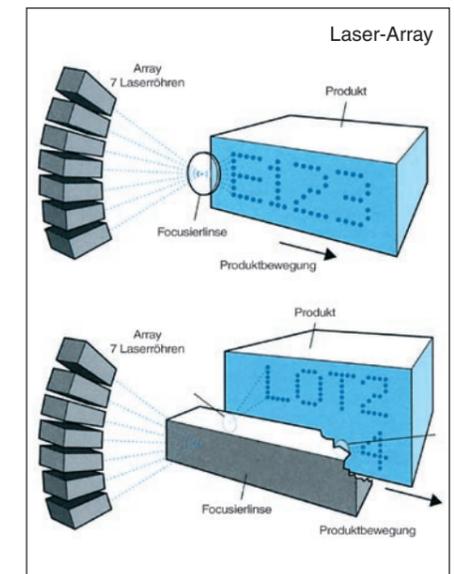
Wie der Name vermuten lässt, wird hierbei eine Anordnung von Lasern genutzt (gewöhnlich 5 oder 7), Zeichen zu drucken, die aus 5 oder 7 Punkt hohen Reihen zusammengesetzt sind.

Jeder Laser druckt Dots in einer festen Position in einer vertikalen Spalte von 5 oder 7 Punkten (bekannt als „Raster“), wobei jeder Laser ein- und ausgeschaltet wird, je nachdem wo ein Dot benötigt wird.

Mit Doterzeugungsraten, die typischerweise bei 35.000 Dots/Sek. liegen (Anzahl der Laser multipliziert mit der maximalen Pulsrate eines einzelnen Lasers), könnte dieses System potenziell den schnellsten On-Line-Drucker darstellen. Jedoch sind die Zeichenformate auf eine 5- oder 7-Punkt hohe Matrix begrenzt, und wenn lange Brennzeiten erforderlich sind, kann man sehen, dass sich die Druckqualität negativ beeinflussen kann.

2-zeilige-Codierungen erfordern einen zweiten Druckkopf und Netzanschluss oder ein Strahlschaltersystem, welches es ermöglicht, dass eine Zeile des Textes an einer Position gedruckt wird und dann den Laser auf die zweite Zeile umschaltet.

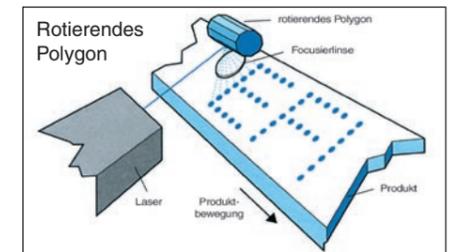
Das einfache optische System gewährt einen effizienten Einsatz des Laserstrahls und bedeutet, dass die Laser leicht abgeschaltet und ausgetauscht werden können, wenn ihre Leistung nachlässt. Oft ist die Justierung der neuen Laserröhre nicht so exakt, wie erforderlich und liefert unterschiedliche Dot-Größen als die anderen Röhren, was zu ungleichmäßiger Druckqualität führt.



### Rotierendes Polygon

Bei diesem System lenkt ein bei Hochgeschwindigkeit rotierendes Polygon (Multifacettenspiegel) den Laserstrahl durch jede Dotposition von oben nach unten, wobei der Laser für jeden erforderlichen Dot eingeschaltet wird.

Für eine Zeitspanne (typischerweise 1,5 x Brenndauer) kann kein Druck erfolgen (wenn die Ecke eines Spiegels den Weg des Laserstrahls durchläuft). Dies hat den Effekt, dass die maximale Druckgeschwindigkeit verringert wird.



Die Rate der Doterzeugung ist durch die Geschwindigkeit, mit der der Laser ein- und ausgeschaltet werden kann, vorgegeben. Diese Einschränkung kann dadurch umgangen werden, dass Galvanometer-betriebene Spiegel in das optische System eingebaut werden.

Da die Polygone mit einer sehr hohen Geschwindigkeit rotieren, ist es schwierig, die Geschwindigkeit schnell zu verändern.

Dies führt dazu, dass die Codierung bei Beschleunigung oder Geschwindigkeitsreduzierung der Produktionslinie auseinandergezogen oder zusammengedrückt wird.

Da die Punkte mit vertikalem Scan erzeugt werden, resultieren lange Verweilzeiten in große ovale Punkte.

Rotierende Polygon-Systeme sind relativ kostengünstig und nutzen den Laserstrahl sehr effizient (in der Regel haben sie eine Effizienz von 99 %).

### Akkusto-Optisch

Hier passiert der Laserstrahl einen akkusto-optischen Kristall und wird durch die Verwendung einer akkustischen (Klang-)welle über den Kristall gelenkt. Der Ablenkungsgrad ist von der Frequenz der Klangwelle abhängig.

Indem diese Frequenz variiert wird, können verschiedene Druckpositionen in ca. einer Millionstel Sekunde genau ausgewählt werden, was dieses System zur exaktesten und schnellsten aller Ablenkungstechnologien macht – mit niedrigen Energielevels in jedem Dot.