



Bachelorarbeit

Thema:

Erstellung eines Konzeptes für ein Laserstrahlschneidsystem mit integrierter Überwachung von Werkstück und Schneidanlagentechnik

Verfasser: Zhang Jianghao

Studiengang: BMMP7ME

Matrikelnummer: 24727

Betreuer: Prof.Dr.-Ing. R. Kademann

Zeit: 18.08.2020

Katalog

1. Einleitung	
1.1 Das Prinzip des Lasers	2
1.2 Die Verwendung von Laser beim Schneiden	3
2. Struktur der 2D-Laserschneidmaschine	4
3. Laserstrahlquelle und Laserlichtweg	
3.1 Laserstrahlquelle	7
3.2 Laserlichtweg	11
4. Laserschneidmaschinenstruktur	
4.1 Statische Struktur der Werkzeugmaschine	15
4.2 Dynamische Struktur der Laserschneidmaschine	17
5. Überwachungssystem	
5.1 Überwachung von Position und Höhe	23
5.2 Anpassung durch Schnittkerfüberwachung	31
6. Automatisierungssystem	
6.1 Palettenwechsler	41
6.2 Automatisches Be- und Entladesystem	43
6.3 Hilfseinrichtungen	47
7. Die optimale Lösung	48
8. Zusammenfassung	52
9. Quelle	53

1. Einführung

1.1 Das Prinzip des Lasers

Laser bedeutet Licht-Verstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung. Es bezeichnet den physikalischen Prozess. Licht ist dabei nicht mehr das Produkt spontaner Zufallsstrahlung, sondern die Strahlung, die durch Anregung von Atomen oder Molekülen entsteht. Wenn ein Photon in angeregtem Zustand auf ein Atom trifft, regt es ein Elektron an, auf ein niedriges Energieniveau zu fallen, wodurch ein anderes Photon abgestrahlt wird. Dazu muss das einfallende Photon genau die richtige Energie haben. Diese Energie stimmt mit der Energiedifferenz zwischen dem angeregten und dem niedrigeren Energieniveau des Atoms überein. Nachdem sie durch Strahlung stimuliert wurden, breiten sich die beiden Photonen zusammen aus. Sie haben die gleiche Frequenz, Phase und Bewegungsrichtung.

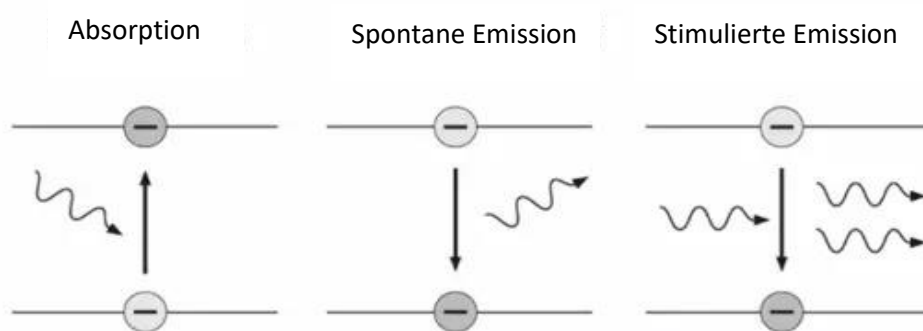


Abbildung 1.1: Mögliche Übergänge zwischen Energiezuständen [1]

Diese Photonen treffen auf andere angeregte Atome, stimulieren die Freisetzung anderer Photonen und der Strahl wird weiter verstärkt.

Da der Laser viele spezielle Eigenschaften aufweist, hat er ein breites Anwendungsspektrum. Alle Photonen des Lasers haben die gleiche Wellenlänge. Alle Photonen sind in der gleichen Richtung und im gleichen Tempo. Alle Photonen sind in gleich Phase und bilden einen kohärenten Laser. Diese Photonen

haben die gleiche Richtung und bewegen sich parallel. Aufgrund dieser Eigenschaften ist der Laser in der Materialverarbeitung, Kommunikation und Medizintechnik weit verbreitet.

1.2 Die Verwendung von Laser beim Schneiden

Laser hat beispiellose Vorteile auf dem Gebiet der Materialbearbeitung. Der Laser kann eine berührungslose Verarbeitung durchführen. Der Laser übt keine mechanische Belastung auf das Werkstück aus und nutzt sich auch nicht wie andere Werkzeuge ab. Der Laser kann eine hochpräzise Bearbeitung realisieren und hat wenig thermischen Einfluss auf andere Teile des Werkstücks. Der Laser kann eine Vielzahl von Formen und Konturen mit guter Flexibilität verarbeiten.

Das Schneiden kann eine der bekanntesten Laserbearbeitungsanwendungen sein. Wenn das Objekt eine flache Platte, ein langes Teil oder ein Profil ist, liegen die Vorteile des Laserschneidens auf der Hand. Der Laser kann alle Arten von Schneidaufgaben erledigen: Vom 1 mm dicken Aluminiummaterial bis zur 30 mm dicken Stahlplatte kann er qualitativ hochwertige Schnitte ausführen. Um diese Aufgaben zu erfüllen, sind verschiedene Schneidmethoden erforderlich.

Wenn der fokussierte Laserstrahl auf das Werkstück trifft, wird der bestrahlte Bereich zum Schmelzen oder Verdampfen erwärmt. Sobald der Laserstrahl das Werkstück durchdringt, beginnt das Schneiden. Der Laserstrahl bewegt sich entlang der Konturlinie und trennt das Teil allmählich vom Blech, indem er das Material schmilzt oder verdampft. Zwischen dem geschnittenen Teil und der Platte bleibt ein Schlitz. Die Spaltgröße entspricht der Laserstrahlbreite.

Es gibt drei gebräuchlichste Laserschneidverfahren, nämlich Brennschneiden, Schmelzschneiden und Sublimierschneiden:

Brennschneiden : Die häufigste Variante zum Schneiden von eisenhaltigen Metallen ist das Brennschneiden. Beim Brennschneiden wird Sauerstoff als Hilfsgas verwendet. Der Sauerstoff wird auf 6 bar unter Druck gesetzt und in den Einschnitt eingespeist. Im Schnitt reagiert das erhitzte Metall mit Sauerstoff. Das Metall wird verbrannt und oxidiert. Durch chemische Reaktionen kann die fünffache Wärme der Laserenergie freigesetzt werden. Das Flammenschnneiden ermöglicht das Schneiden von eisenhaltigen Metallen mit hoher Geschwindigkeit. Es kann eisenhaltigen Metallen mit einer Dicke von mehr als 30 mm schneiden.

Schmelzschnneiden : Beim Schmelzschnneiden wird der Schnitt durch Schmelzen von Material und Hilfsgase zum Abblasen der Schlacke gebildet. Inertgase wie Argon und Stickstoff werden als Hilfsgase verwendet. Die Verwendung von

Inertgas als Hilfsgas bedeutet, dass das Gas nicht mit der Metallschmelze reagiert, sondern sie vom Boden wegbläst. Gleichzeitig kann das Inertgas die Schnittfläche vor Oxidation schützen. Um Kosten zu sparen, wird am häufigsten Stickstoff als Hilfsgas verwendet. Es gibt jedoch Ausnahmen, dass Titan mit Sauerstoff und Stickstoff reagiert und daher nur mit Argon geschnitten werden kann.

Beim Schmelzen und Schneiden muss der Laser die gesamte Energie bereitstellen. Deshalb ist das Schmelzschnitten beim Schneiden dickerer Platten langsamer als das Flammenschnitten.

Beim Schneiden dünner Bleche wird häufig Druckluft als Hilfsgas verwendet. Fast 80% der Luft besteht aus Stickstoff, daher kann sie auch als Schmelzschnitten angesehen werden. Luft ist frei, daher ist diese Methode wirtschaftlicher. Die Qualität des Luftschneidens ist aber auch rauer als die von Stickstoff.

Sublimierschneiden: Das verdampfte Schneiden verdampft das Material, um die thermischen Auswirkungen auf die umgebenden Materialien zu minimieren. Laser, die zum Verdampfen von Metallen verwendet werden, erfordern Impulsbreiten unter 10 ps. Freie Elektronen im Metall absorbieren das Laserlicht und erwärmen sich heftig. Der Laserpuls endet noch bevor die Energie in das Gitter übertragen wird. Der Puls reagiert mit nicht schmelzenden Partikeln und Plasma. Das Material sublimiert direkt und es bleibt keine Zeit, Energie in Form von Wärme auf die umgebenden Materialien zu übertragen. Das Pikosekunden-Pulsablationsmaterial hat keinen offensichtlichen thermischen Effekt, kein Schmelzen und Graten.

Zum Verdampfen des Materials wird mehr Energie benötigt. Deshalb ist die Geschwindigkeit langsamer als bei anderen Schnitten.

2.Struktur der 2D-Laserschneidmaschine

Die Laserschneidmaschine ist hauptsächlich in drei Kategorien unterteilt: 2D-Laserschneidmaschine, 3D-Laserschneidmaschine und Ultrakurzpuls-Laserschneidmaschine. Die 3D-Laserschneidmaschine wird hauptsächlich zum Schneiden von Teilen verwendet, die in Automobilen und in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden. Diese Schneidmaschine besteht hauptsächlich aus einem Schneidkopf und einem Schneidroboter. Da eine Bewegung mit fünf Achsen erzielt werden kann, können 3D-Teile geschnitten werden. Diese Art von Werkzeugmaschine ist teuer und wird daher hauptsächlich im Bereich des Automobilbaus eingesetzt. UltrakurzpulsLaserschneidmaschine verwendet Pulslaser zum Schneiden und Schweißen kleiner Teile. Der geringe

Wärmeeintrag durch den gepulsten Laserprozess garantiert die strukturelle Festigkeit elektronischer und medizinischer Geräte.

Die 2D-Laserschneidmaschine ist die billigste und damit auch die am weitesten verbreitete Schneidmaschine. Es wird hauptsächlich zum Blechschneiden verwendet. Es schneidet die Bleche per Laser in verschiedene flache Teile. Diese flachen Teile werden durch Stanzen und Biegen zu Endprodukten verarbeitet. Im Vergleich zu Stanzmaschinen haben 2D-Laserschneidmaschinen eine schnellere Schnittgeschwindigkeit und hohe Präzision und können zum Schneiden von Platten unterschiedlicher Materialien und Dicken verwendet werden. Darüber hinaus kann die 2D-Laserschneidmaschine auch Rohre mithilfe von Vorrichtungen verarbeiten.

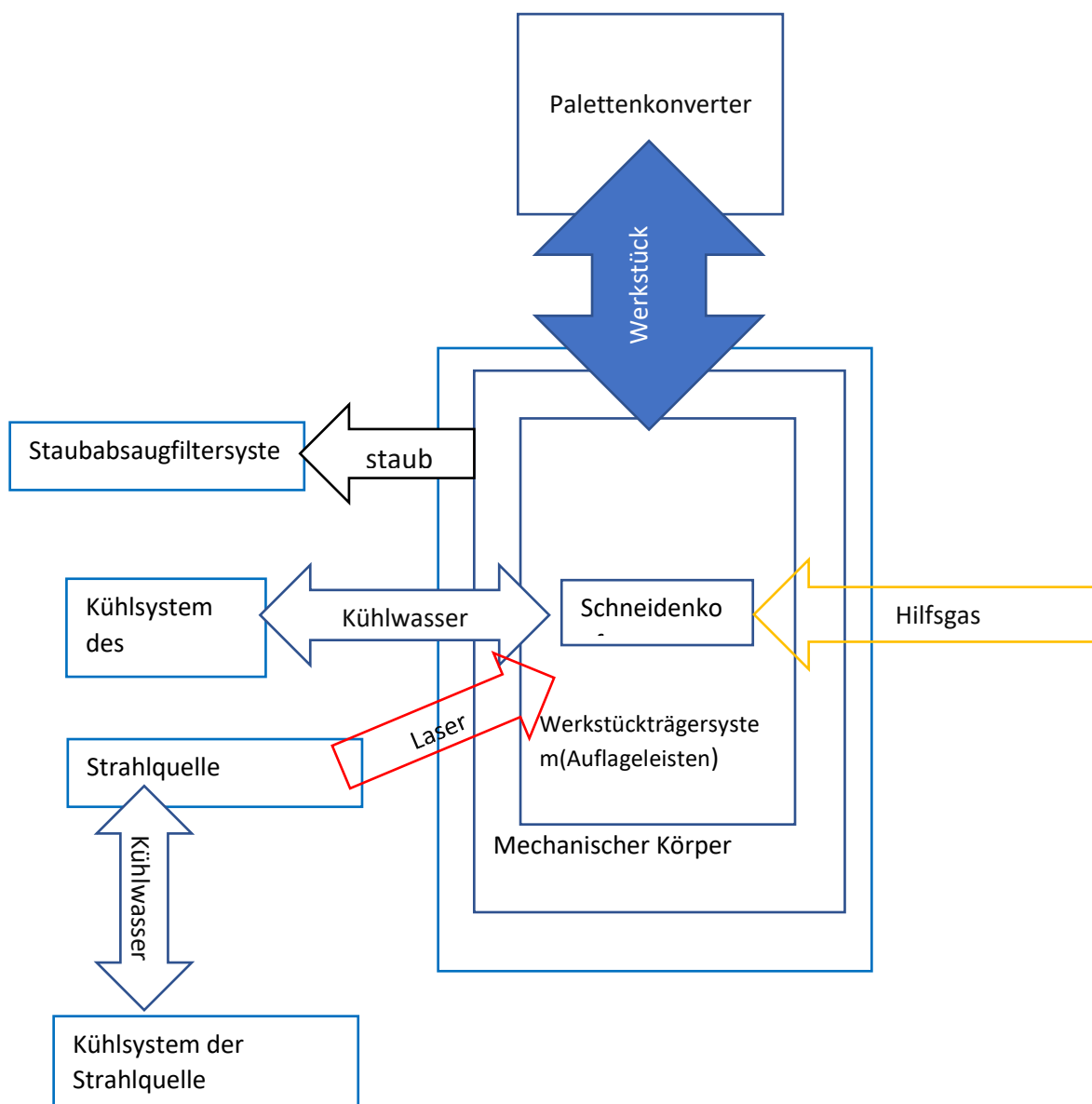


Abbildung 2.1: Struktur der 2D-Laserschneidmaschine

Da die 2D-Laserschneidmaschine eine relativ ausgereifte Laserapplikationsmethode ist, wird in diesem Aufsatz hauptsächlich eine 2-D-Lasermaschine mit hoher Flexibilität entworfen. Die Lasermaschine besteht aus folgenden Teilen: Mechanischer Körper, der alle Komponenten und Werkstücke trägt. Laseremitter, der Laser erzeugt. Bearbeitungskopf zur Strahlformung. Werkstückträgersystem. Staubabsaugfiltersystem. Kühlsystem. Schutzvorrichtung zum Schutz des Bedieners vor Laserbestrahlung und Verarbeitung von Nebenprodukten. Kontrollsystem.

Wie aus der Abbildung 2.1 ersichtlich ist, besteht die Laserschneidmaschine hauptsächlich aus Werkzeugmaschinen und Hilfsmitteln. Zu den Hilfsmitteln gehören die Lichtquelle und ihre Kühlvorrichtung, die Lichtweg- und Laserkopfkühlvorrichtung sowie der Staubsauger. Der Hauptkörper der Maschine umfasst einen Laserschneidkopf, Mechanischer Körper und einen Palettenkonverter.

Die Hauptvorteile des Laserschneidens gegenüber anderen Schneidmethoden sind: 1. Fast alle Konturen, von zweidimensional bis dreidimensional, können von einer Maschine bearbeitet werden. 2. Eine Maschine kann auf Werkstücke unterschiedlicher Dicke angewendet werden. 3. Der Laser ist präzise und schnell und erzeugt sehr feine Schnitte. 4. Da die vom Laser erzeugte Wärme gering ist, wird die Verformung der Teile minimiert.

In vielen Bereichen ist die Miniaturisierung und Diversifizierung von Werkstücken zum Trend geworden. Daher denke ich, dass in Zukunft kleine und mittlere Laserschneidmaschinen, hauptsächlich zum Schneiden dünner Platten, populärer sein werden. Es wird über eine Vielzahl von Sensoren und automatisierten Lade- und Entladesystemen verfügen, um nicht nur kleine Serienproduktionsaufgaben zu erledigen, sondern auch nachts eine unbemannte Produktion in großem Maßstab zu erreichen.

Wie in der Abbildung gezeigt, müssen wir mehrere Werkzeugmaschinenkomponenten bewerten und auswählen, um diese Werkzeugmaschine zu realisieren.

3. Laserstrahlquelle und Laserlichtweg

3.1 Auswahl der Laserstrahlquelle

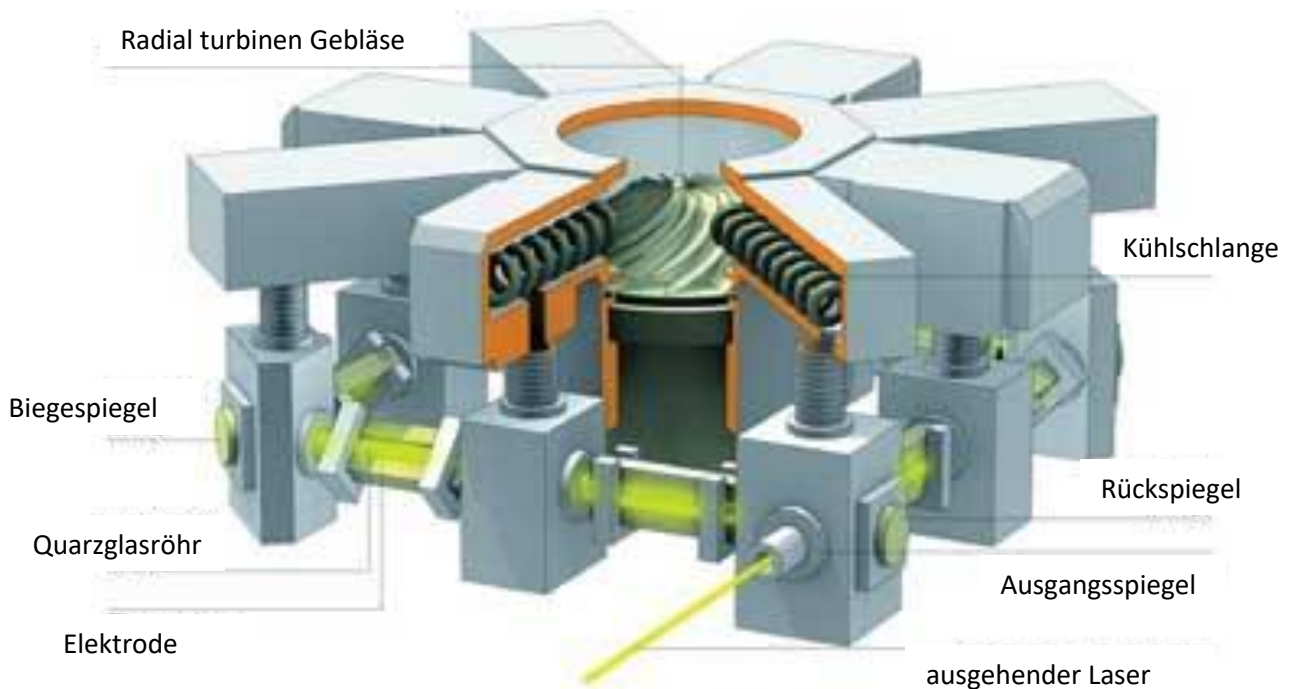


Abbildung 3.1: Aufbau der quadratische Struktur [2]

Um eine Laserschneidmaschine zu entwerfen, müssen wir zuerst eine geeignete Lichtquelle auswählen. Eine Lichtquelle besteht aus zwei Grundkomponenten, einem Lasermedium und einem Optischer Resonator. Als Lasermedium des Lasers können verschiedene Arten von Materialien verwendet werden. Die von verschiedenen Lasermedium abgestrahlte Laserwellenlänge ist unterschiedlich. Da die meisten Materialien eine hohe Absorptionsrate für fernes Infrarotlicht aufweisen, werden Laser mit Co2 und Yag als Lasermedium verwendet. Unter

diesen kann der Laser, der Yb: YAG als Lasermedium verwendet, in zwei Formen von Faser und Scheibe unterteilt werden.

Der CO₂-Laser strahlt den Laser durch Kohlendioxidmoleküle. Das Laser-Gain-Medium enthält nicht nur Kohlendioxid, sondern auch Stickstoff (29%) und Helium (65,5%) als Hilfsgase. CO₂-Laser sind in quadratische und koaxiale Strukturen unterteilt. (Abbildung 3.1) Das Lasergas ist in der Quarzglasröhre enthalten, die den Entladungsweg bildet. Die Elektrode außerhalb der Quarzröhre regt das Lasergas berührungslos an. Um eine Laserleistung von mehr als 2 kW zu erzeugen, ist ein Verstärkungsweg von mehreren Metern erforderlich. Um die Struktur kompakt zu machen, besteht eine Methode darin, den Entladungsweg quadratisch zu gestalten. Die quadratische Struktur reflektiert den Strahl durch den Klappspiegel in der Ecke und verbindet den Verstärkungsweg.

Das Turbogebälde in der Mitte dient zur Zirkulation des Lasergases. Das Gas wird nach dem Durchgang durch den Kühlturm abgekühlt.

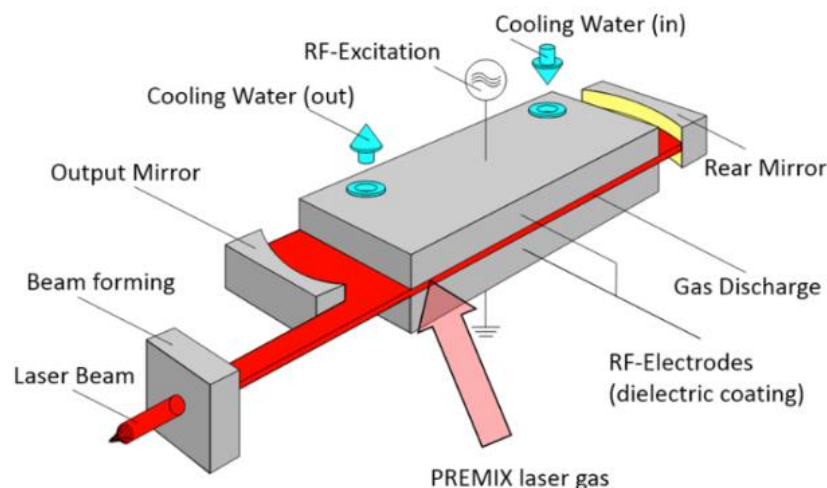


Abbildung 3.2: Aufbau der Diffusionskühlstruktur [3]

Die Diffusionskühlstruktur verwendet keine Gaszirkulation zum Kühlen. Es wird ein Verfahren zum Vergrößern des Wandbereichs des Resonanzhohlraums

verwendet. Es vergrößert den Kühlbereich, indem es den Raum zwischen den Wänden des Optischer Resonators verringert.

Das Lasermedium eines Festkörperlasers ist normalerweise Nd: YAG oder Yb: YAG. Der Laser wird auf einem Kristallstab aus Lasermedium erzeugt. Je länger der Kristallstab ist, desto höher ist die Leistung der Lichtquelle. Die beiden Bogenlampen regen das Lasermedium an, das sich auf beiden Seiten des Kristallstabs befindet. Kühlwasser umgibt die Lampe und den Kristallstab. Mit zunehmender Ausgangsleistung wird der Kristallstab immer heißer. Das Kühlwasser fließt nur an der Außenfläche des Kristallstabs. Deshalb ist die Temperatur in der Mitte des Kristallstabs am höchsten. Aufgrund des thermischen Linseneffekts führen Temperaturänderungen zu Änderungen des Brechungsindex. Dadurch breitet sich der Laserstrahl aus und die Strahlqualität verschlechtert sich.

Faserlaser ersetzt Kristallstab durch Faser. Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der optischen Faser ist sehr groß, wodurch die Wärme vollständig an die Umgebung abgegeben werden kann. Da der Faserlaser nur aus einer Quarzfaser bestehen muss, sind keine komplizierten Einstellungen und Anpassungen mehr erforderlich. Aufgrund der stärkeren Wärmeableitungsfähigkeit des Faserlasers ist auch seine Strahlqualität besser als die des Stablasers. Die Faser besteht typischerweise aus mehreren Schichten(**Abbildung 3.3**). Die innerste Schicht ist aktiver Kern. Es besteht aus dotiertes Kernglas. Diese Schicht hat den höchsten Brechungsindex. Es ist in eine Pumpkern gewickelt. Pumpkern besteht aus inneres Mantelglas. Es hat einen niedrigeren Brechungsindex als die innere Schicht. Die äußerste Schicht ist Äußeres Mantelglas. Es hat den höchsten Brechungsindex. Aufgrund dieser speziellen Struktur wird das vom Halbleiterlaser erzeugte Pumplicht mehrfach in der Außenschicht reflektiert. Das reflektierte Pumplicht geht mehrmals das in der inneren Schicht befindliche Lasermedium durch, um den Laser anzuregen.

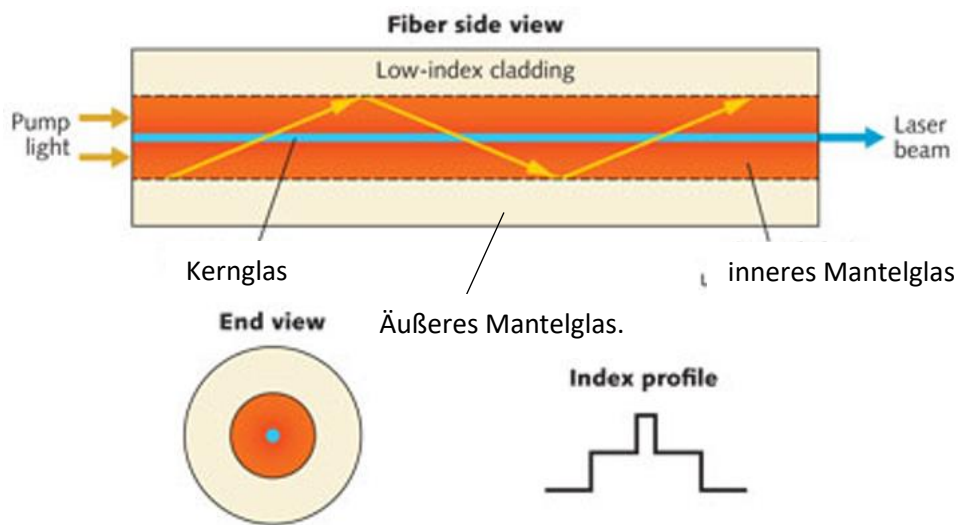


Abbildung 3.3: Aufbau der Faserlasers [4]

Scheibenlaser verwenden dünne, runde Scheiben anstelle von Kristallstäben (Abbildung 3.4). Die Kristallscheibe besteht aus Yb:YAG, hat einen Durchmesser von weniger als 15 mm und eine Dicke von nur 20 mm. Die Disc wird auf einen Kühlkörper gelegt, der Wärme abführen kann. Das hintere Ende der Scheibe hat eine reflektierende Oberfläche, die Laserlicht reflektieren kann. Der Halbleiterlaser wird als

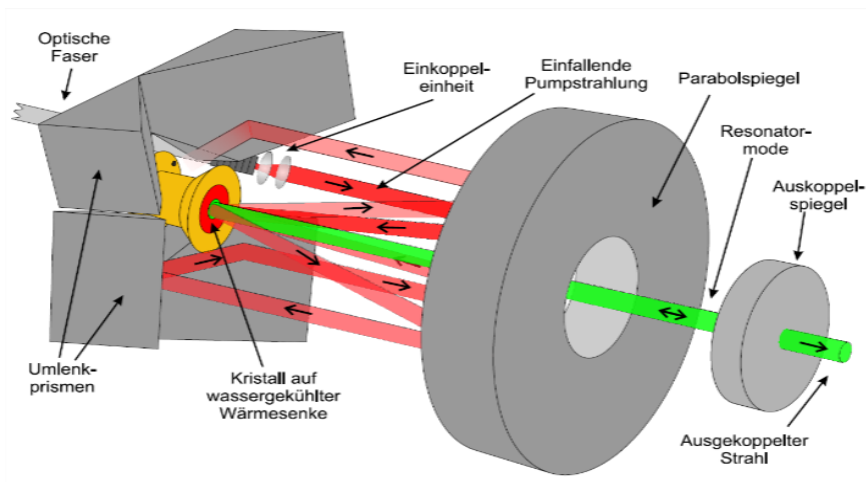


Abbildung 3.4: Aufbau der Scheibenlasers [5]

Pumplicht verwendet. Der Halbleiterlaser wird als Pumplicht verwendet. Das Pumplicht wird auf die Scheibe fokussiert. Da die Scheibe sehr klein ist, kann sie nur einen kleinen Teil des Pumplichts absorbieren. Um die Absorptionsrate zu verbessern, verwendet der Scheibenlaser einen Klappspiegel und einen Parabolspiegel, damit das Pumplicht insgesamt 48 Mal durch die Scheibe fällt.

3.2 Laserlichtweg

Die Wellenlänge des Lasers bestimmt die Komponenten und Materialien, die im Strahlübertragungssystem und im optischen Fokussiersystem verwendet werden.

Quarzglas ist für die Wellenlänge von Festkörperlaser transparent, für CO₂-Laser jedoch undurchsichtig. Es gibt also zwei Strahlübertragungssysteme. Einer wird zur Übertragung von CO₂-Lasern verwendet, die hauptsächlich aus Lichtleiterrohre, Blag und Kupferreflektor bestehen (Abbildung 3.5). Das zweite System dient zur Übertragung von Festkörperlaser, die den Festkörperlaser durch Faser führen (Abbildung 3.6).

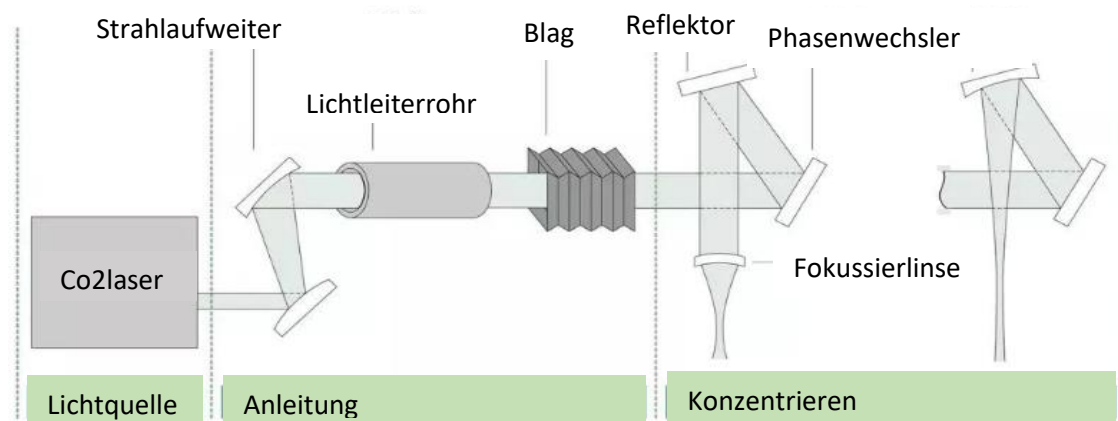


Abbildung 3.5: CO₂-Laserstrahlübertragungssystem [6]

Der Ausgangslaser des CO₂-Lasers wird als freier Strahl von der Lichtquelle zum Verarbeitungskopf übertragen. Der Strahl ist in ein Aluminiumrohr eingewickelt, und im Gegensatz zu einem Festkörperlaser berührt der Strahl die Rohrwand nicht. Die Rolle der Lichtleiterrohr besteht darin, den Strahl von der äußeren Umgebung

zu isolieren. Die Rohrleitung ist mit Stickstoff oder reiner Luft gefüllt. Diese beiden Medien sind für den CO₂-Laser transparent, sodass sie den Laser nicht absorbieren.

Die Transparenz und Reinheit des Laserübertragungsweges sind wichtig. Verunreinigungen absorbieren Laserlicht und verursachen Strahlverzerrungen. Um zu verhindern, dass Staub und Öl in den Laserlichtweg gelangen, muss der Übertragungsweg einen höheren Druck als die Umgebung aufrechterhalten.

Wenn sich die Maschine bewegen muss, ändert sich die Länge des Strahlübertragungswegs. In diesem Fall kann anstelle eines starren Lichtleiters ein Balg verwendet werden. Der Balg kann verlängert und komprimiert werden, um sich an Änderungen der Lichtweglänge anzupassen. Der Balg besteht aus feuerfesten Materialien wie Aramidfasern. Wenn der Balg mit einem Laser bestrahlt wird, schmilzt er nicht und entzündet sich nicht. Trotz der Verwendung starker Aramidfasern hat der Balg immer noch kleine Löcher. Deshalb ist im Balg ein Drucksensor installiert. Wenn der Luftdruck im Rohr zu gering ist, werden Sie vom Sensor daran erinnert, den Balg auszutauschen oder zu reparieren.

Der CO₂-Laser muss den Strahldurchmesser durch den Strahlaufweiter nach Verlassen der Lichtquelle um das 1-1,5-fache erweitern. Der Strahlaufweiter besteht aus einem konvexen Spiegel und einem konkaven Spiegel. Der

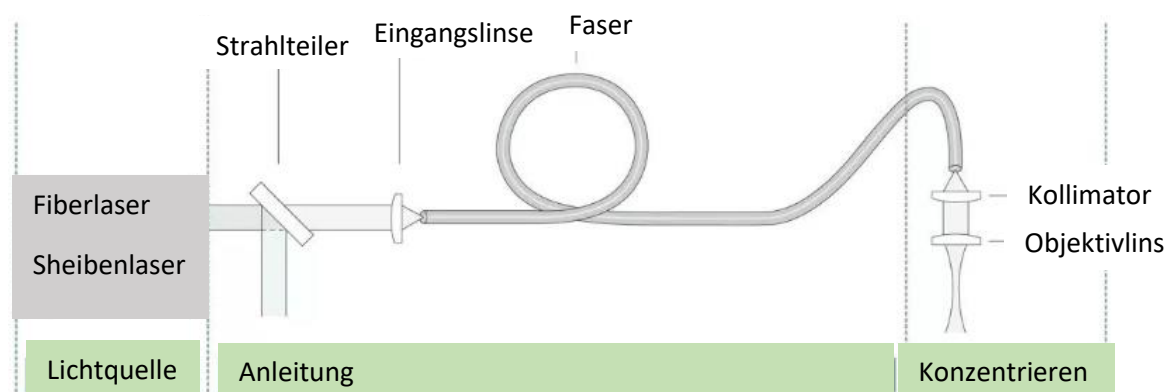


Abbildung 3.6: Festkörper-Laserstrahlübertragungssystem [7]

Strahlaufweiter kann den Strahldurchmesser vergrößern und den Laserdivergenzwinkel verringern, so dass der Laser eine große Entfernung mit einer kleinen Durchmesseränderung übertragen kann.

Verglichen mit dem komplexen Strahlübertragungssystem des CO₂-Lasers ist das Übertragungssystem des Festkörperlasers einfacher. Da die Wellenlänge im nahen Infrarotbereich liegt, kann der Laserstrahl in der Quarzfaser übertragen werden.

Nachdem der Laserstrahl die Lichtquelle verlassen hat, tritt er durch den Eingangskopplungsspiegel in die Faser ein. Für den in die optische Faser eintretenden Lichtstrahl kann er nur übertragen werden, wenn der Einfallswinkel des Lichtstrahls kleiner als der akzeptable Winkel der optischen Faser ist.

Die Übertragungsfaser besteht aus Faserkern, Mantel und Kunststoffschuttschicht. Das Mantel umgibt den Kern und stellt sicher, dass der Laser im Kern eingeschlossen ist. Durch die Kunststoffschutzhülle kann die Faser gebogen werden, ohne zu brechen. Der Brechungsindex des Mantels ist viel niedriger als der Brechungsindex des Kerns. Solange der Einfallswinkel nicht zu groß ist, wird der Laser vollständig reflektiert und folgt dem Zickzack im Kern. Wenn der Grad der Biegung zu groß ist, erfüllen die Lichtwellen in der Faser nicht die Bedingungen der Totalreflexion. Der minimale Biegedurchmesser der optischen Faser beträgt etwa 20 cm.

Die optische Faser macht nicht nur die Anordnung der Laserarbeitsstation flexibler, sondern ermöglicht auch die gemeinsame Nutzung einer Lasereinheit durch mehrere Geräte. Wenn eine Lasereinheit ausfällt, kann das aus Fasern bestehende Lasernetzwerk die Workstation mit einer anderen Laserlichtquelle im Netzwerk versorgen, was die Verfügbarkeit von Lasern verbessert.

	Co2-Laser		Festkörperlaser	
Struktur	Quadratische Struktur	Diffusionskühlstruktur	Sheibelaser	Faserlaser
Effizienz der fotoelektrischen Umwandlung	10%	10%	30%	35%-40%
Metallabsorptionssrate	12%	12%	35%	35%
Lichtweg	in die Luft übertragen		in der optischen Faser übertragen	
Strukturgröße	groß	Kompakt	Kompakt	Kompakt
Kühlungsmethoden	Luftkühlung	Wasserkühlung	Wasserkühlung	Wasserkühlung
Wellenlänge	10,6µm		1,06µm	

Tabelle 3.1: Vergleich von CO₂- und Festkörperlaser

	Variante1(Disk)	Variante2(fiber)	Variante3(co2)	Variante4
Effizient(0.3)	4.5	5	2	2
Zuverlässigkeit und Lebensdauer(0.2)	5	4	3	4
Strahlqualität(0.2)	5	5	2	4
Wirtschaftlichkeit(0.1)	3	5	2	3
Flexibilität (0.1)	5	5	2	3
Einfach zu reparieren (0.05)	5	4	3	3
wenigere Plätze belegen(0.05)	3.5	5	2.5	5
Summe	4.575	4.75	2.275	3.2

Tabelle 3.2: Die Bewertungstabelle für Lichtquellen

4. Struktur der Werkzeugmaschine

4.1 Statische Struktur der Werkzeugmaschine

Das Rack ist die Hauptkomponente der Laserausrüstung, und die meisten Teile sind auf dem Rack installiert. Der Rahmen muss dem Trägheitsaufprall der Teile beim Beschleunigen und Abbremsen sowie der Schwerkraft der Werkbank standhalten. Um die Eigenschaften des Hochgeschwindigkeits-Laserschneidens zu erfüllen, erfordern werkzeugmaschinen ein hohe dynamisch Drive. Die simultan Geschwindigkeit der von Servomotor und Kugelumlaufspindel angetriebenen Werkzeugmaschine kann 170 m/s erreichen. Wenn zum Fahren ein Linearmotor verwendet wird, kann die Geschwindigkeit der Werkzeugmaschine sogar 300 m/s erreichen. Während der Hochgeschwindigkeitsbewegung der Werkzeugmaschine kann die Bewegungsbeschleunigung der Kugelumlaufspindel 1,5 g und die Bewegungsbeschleunigung des Linearmotors 10 g erreichen. Die durch eine so große Beschleunigung erzeugte Aufprallkraft reicht aus, um die Verschiebung des Bodens der Werkzeugmaschine zu bewirken. Diese Verschiebung wirkt sich direkt auf die Stabilität des Laserstrahls aus, was zu einer Verringerung der Schnittqualität führt.

Um die Stabilität der Werkzeugmaschine zu gewährleisten, muss das Gewicht der Werkzeugmaschinenbasis so weit wie möglich erhöht werden, um die Trägheit zu verbessern. Das Gewicht der Werkzeugmaschinenbasis beträgt im Allgemeinen das 15-fache der Beschleunigungsschlagkraft der Werkzeugmaschine.

Die Maschinenbasis ist U-förmig. Es ist in obere und untere Schichten unterteilt, und die obere Schicht ist mit Führungsschienen und Zahnstangen ausgestattet, um bewegliche Teile anzutreiben. Die untere Ebene benötigt einen Teil des Platzes für den Palettenzugang. Am unteren Rand der Werkzeugmaschinenbasis befinden sich mehrere Ausschnitte für die Platzierung einer trichterförmigen

Schlackenentladungsvorrichtung. Die Seite der Werkzeugmaschinenbasis hat ein kreisförmiges Loch, das mit dem Staubsaugersystem verbunden ist.

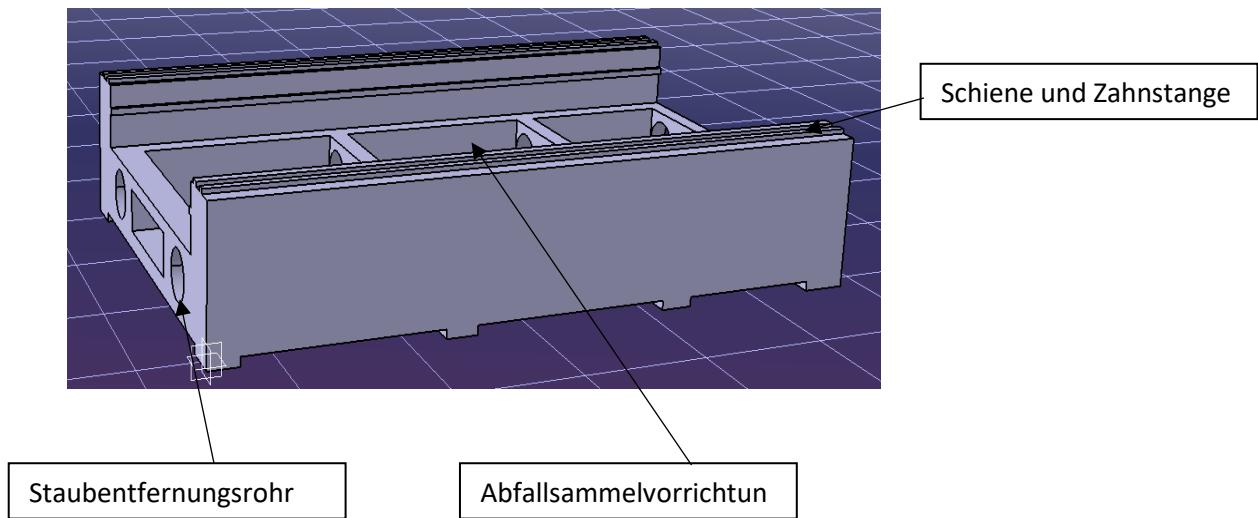


Bild 4.1: Aufbau der Werkzeugmaschinenbasis

Die Werkzeugmaschinenbasis kann durch Schweißen und Gießen hergestellt werden. Die Gusseisenbasis ist genauer als die geschweißte Basis. Es ist schwerer und weniger vibrationsempfindlich. Die innere Spannung der Gussbasis ist gering, die Festigkeit und Steifigkeit sind höher und es ist nicht leicht, sich zu verformen. Es kann die Genauigkeit des Bettes innerhalb von 15-20 Jahren garantieren.



Bild 4.2: Gusseisenbasis [8]

Geschweißte Basis ist eine Basis, die durch Schweißen von Platten und Rohren hergestellt wird. Es hat ein kompakteres Layout und eine geringere Stellfläche. Nachdem die Schweißbasis geformt wurde, muss sie angelassen werden, um die Beanspruchung zu beseitigen und die Genauigkeit und Stabilität des Bettes für den Langzeitbetrieb sicherzustellen. Es ist billiger als die gegossene Basis.



Bild 4.3: Glühbehandlung der Schweißbasis [9]

Um die genaue Montage der Führungsschiene zu gewährleisten, muss die Restspannung der Schweißbasis entfernt werden. Um Restspannungen zu beseitigen, ist eine Glühbehandlung erforderlich. Verarbeitungsschritte: Die Basis wird im Ofen auf 500-650 ° C erhitzt, warm gehalten, dann auf 200-300 ° C abgekühlt und schließlich herausgenommen.

4.2 Dynamische Struktur der Laserschneidmaschine

Die Hauptstrukturformen der Laserschneidmaschine sind Portal-, Ausleger- und Querträger-Hängetypen.



Abbildung 4.4: Lasermaschine mit Portalstruktur [10]

Variante1:Die Werkzeugmaschine vom Typ Portal in Abbildung 4.4 wird in der tatsächlichen Produktion am häufigsten verwendet. Diese Struktur kann einseitigen oder bilateralen Antrieb verwenden.

Einseitiger Antrieb bezieht sich auf eine Struktur, in der ein Servomotor nur auf einer Seite installiert ist. Es überträgt die Antriebskraft über die lange Welle auf das andere Ende, um auf beiden Seiten gleichzeitig zu fahren. Diese Struktur ist relativ einfach und stellt geringe Anforderungen an das Steuerungssystem. Aufgrund des geringen Drehmoments auf der anderen Seite, das von der Antriebswelle angetrieben wird, ist die Genauigkeit dieser Struktur jedoch schlecht.

Die bilaterale Getriebestruktur ist beidseitig mit Servomotoren ausgestattet. Da Motoren auf beiden Seiten installiert sind, hat diese Struktur eine schnellere Beschleunigung und Reaktionsgeschwindigkeit. Da das Drehmoment der Servomotoren auf beiden Seiten gleich ist, wird auch die Kraft des Trägers ausgeglichen. Bei Bewegungen über große Entfernungen treten jedoch immer noch mechanische Fehler auf, obwohl die bilateralen Motorspezifikationen gleich sind. Um den Fehler zu beseitigen, muss die Position des bilateralen Motors ausgeglichen werden. Diese Kompensation erhöht die Schwierigkeit beim Debuggen des Steuerungssystems.

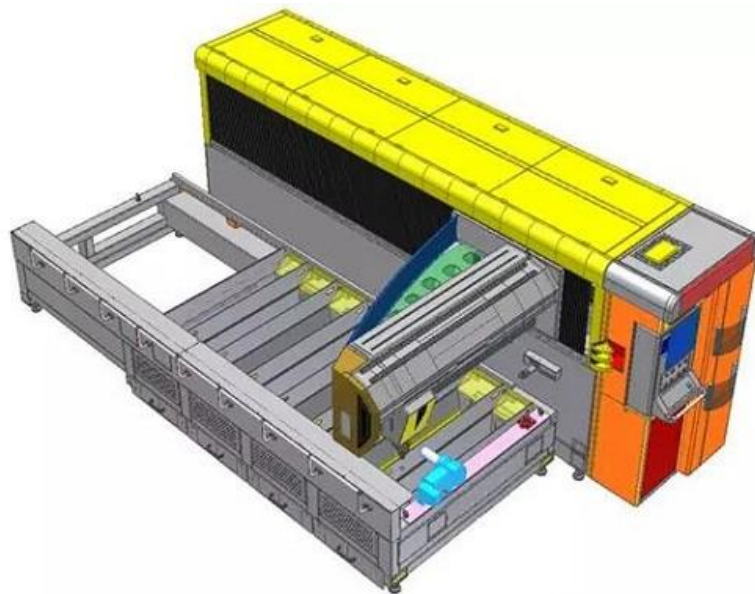


Abbildung 4.5: Lasermaschine mit Auslegerstruktur [11]

Variante2:Abbildung 4.5 zeigt die Auslegerstruktur. Bei Verwendung dieser Struktur kann der Bediener die Belade- und Entladearbeiten aus zwei x-Achsenrichtungen und einer y-Achsenrichtung, insgesamt drei Richtungen, ausführen. Dies bedeutet, dass diese Maschine flexibler mit automatisierten Geräten kombiniert werden kann. Da nur eine Seite einen Motorantrieb benötigt, wird das Problem des Synchronantriebs der Portalstruktur vermieden.



Abbildung 4.6: Lasermaschine mit Querträgerstruktur [12]

Variante3:Wie in der **Abbildung 4.6** gezeigt, hängt der Strahl der y-Achse unter dem Strahl der x-Achse. Durch die Bewegung des y-Achsenbalkens und die Bewegung des Laserkopfes wird die Bewegung der drei xyz-Achsen realisiert. Da der y-Achsenbalken und der x-Achsenbalken nur an einer Stelle verbunden sind, wird nur ein Motor benötigt, um die x-Achse zu bewegen. Deshalb kann diese Struktur auch das Problem eines nicht synchronisierten bilateralen Antriebs vermeiden. Außerdem ist die Steifigkeit dieser Struktur besser als die der Auslegerstruktur. Das größte Problem bei dieser Struktur ist, dass es schwierig ist, Materialien aufzunehmen und die Werkzeugmaschine zu warten. Da die x-Achse die Maschine kreuzen muss, kann das Material nur von der y-Achse entnommen werden. Aus der Figur ist ersichtlich, dass der Lichtweg entlang des x-Achsenbalkens verlaufen muss, um in den Laserkopf einzutreten. Diese Struktur führt zu Schwierigkeiten bei der Wartung des Lichtwegs. Gleichzeitig ist es sehr

schwierig, die Führungsschienen auf der y-Achse zu reinigen, da die Mitte der gesamten Maschine durch den unbeweglichen x-Achsenbalken blockiert wird

Um die Steifigkeit und Stabilität verschiedener Struktur zu vergleichen, habe ich einen y-Achsenbalken von bis zu 1700 mm entworfen.

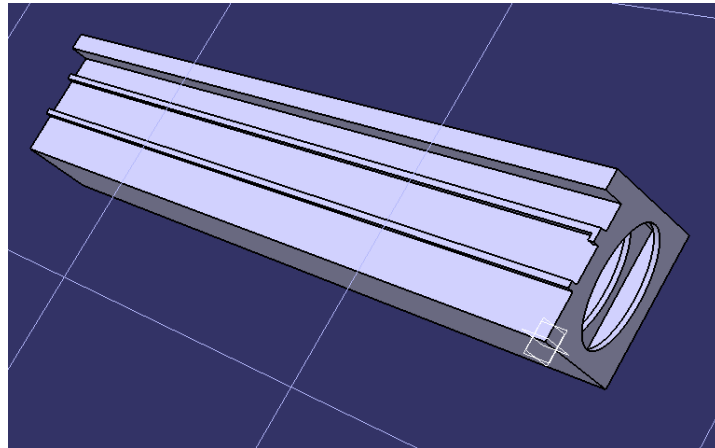


Abbildung 4.7: Maschinenbalken

Als bewegliches Teil muss der Balken leicht und flexibel sein. Unter der Voraussetzung, Festigkeit, Steifheit und Stabilität zu gewährleisten, muss das Gewicht des Trägers so gering wie möglich sein, wodurch die Bewegungsträgheit verringert werden kann. Die Rippen sind geschweißt, um den gesamten Balken zu bilden. Die Rippenstruktur kann nicht nur die strukturelle Festigkeit und Steifigkeit des Trägers verbessern, sondern auch das Gewicht des Trägers erheblich reduzieren. Die Rippenstruktur kann auch Vibrationen verhindern, lokale Verformungen reduzieren und Geräusche reduzieren.

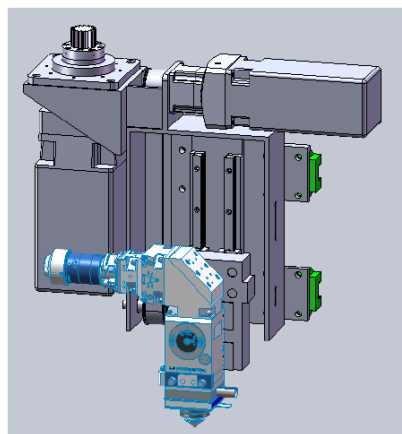


Abbildung 4.8: Maschinenbalken [13]

Vorbehaltlich des von Precitec hergestellten Laserkopfes wiegt der Laserkopf etwa 4,5 kg. Mit der Z-Achsenführung und zwei Servomotoren beträgt das Gesamtgewicht ca. 20 kg. Lasermaschine mit Zahnstange und Kugelumlaufspindel, Beschleunigung ca. 1,5g. Gegenwärtig beträgt die Länge der y-Achse der meisten Lasermaschinen 1500 mm. Deshalb habe ich für die Berechnung einen 1700 mm langen Balken verwendet.

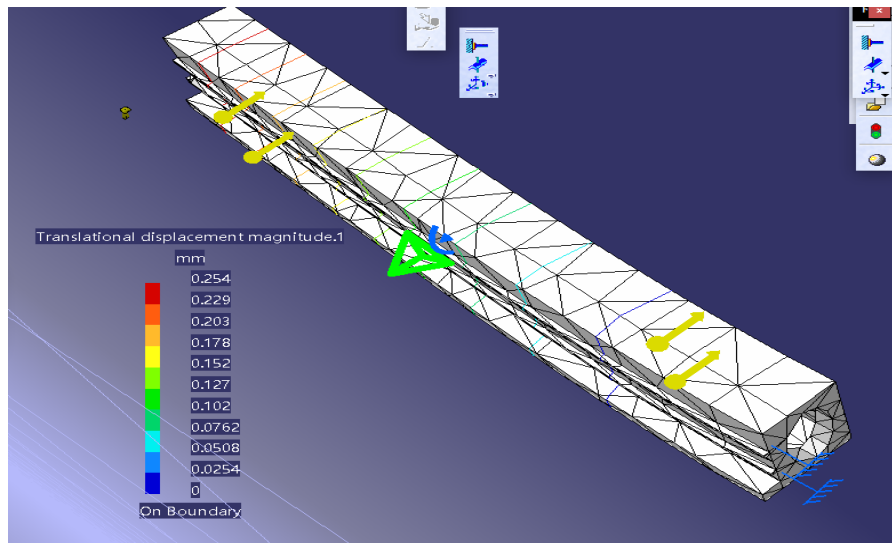


Abbildung 4.9: Verschiebung der Auslegerstruktur

Der Balken der Auslegerstruktur weist nach dem Verlängern eine offensichtliche Verschiebung auf. Am nicht unterstützten Ende erreicht 0,254mm. Dies bedeutet, dass der Laserschneidkopf dieser Struktur bei der Verarbeitung von Großformatplatten nicht stabil sein kann. Der Laserkopf hat einen großen Fehler, wenn er sich am anderen Ende mit hoher Geschwindigkeit bewegt.

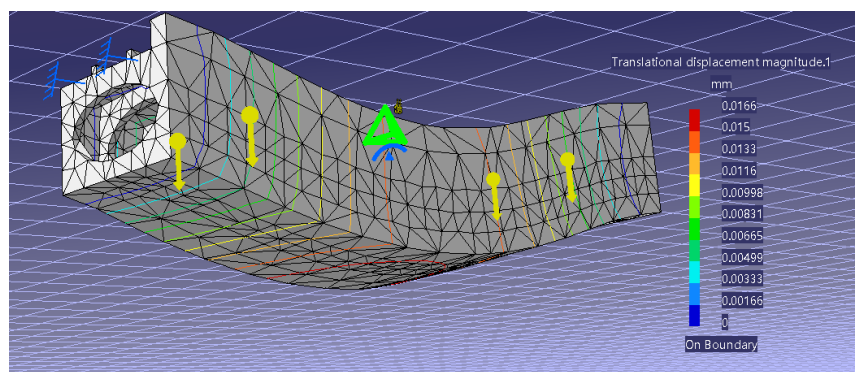


Abbildung 4.10: Verschiebung der Portalstruktur

Aus Abbildung 4.10 ist ersichtlich, dass die Portalstruktur nach dem Wachstum des y-Achsenstrahls immer noch eine gute Steifigkeit aufweist.

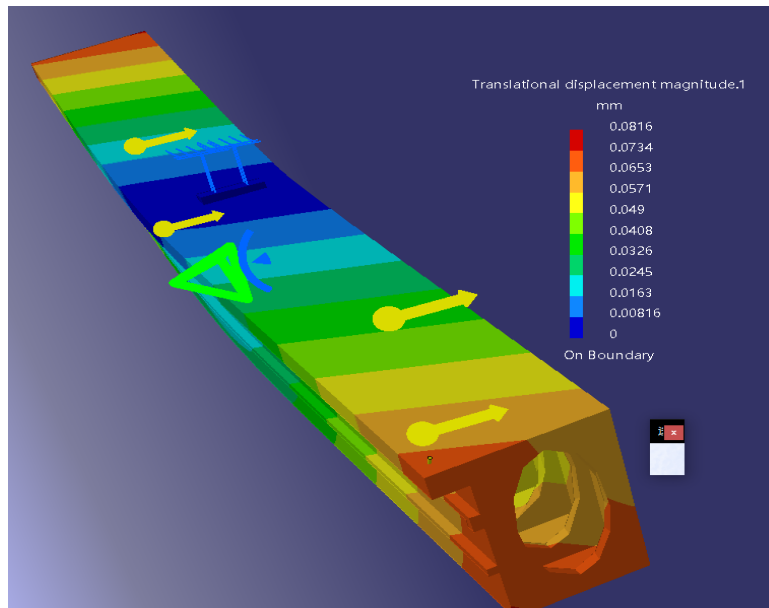


Abbildung 4.11: Verschiebung der umgedrehten Struktur

Aus der Abbildung 4.11 ist ersichtlich, dass die Steifheit der umgedrehten Struktur zwischen der Auslegerstruktur und der Portalstruktur liegt

	Auslegerstruktur	Portalstruktur	Umgedrehte Struktur
Servosteuerung	Einfaches Steuerungssystem	Komplexes Steuerungssystem	Einfaches Steuerungssystem
Wartung	Einfache Wartung	Einfache Wartung	Wartungsintensiv
Kosten	Minimale Investition	Mehr Investition	Weniger Investitionen
Steifheit	Geringe Steifheit	Höchste Steifheit	Höhere Steifigkeit
	Langsamste Reaktion	Schnellste Reaktion	Langsamere Reaktion

Tabelle 4.1: Vergleich der mechanischen Struktur

	Variante1	Variante2	Variante3
Genauigkeit(0.2)	90	70	85
Stabilität(0.2)	90	70	85
Geschwindigkeit(0.2)	90	80	80
Wirtschaftlichkeit(0.2)	60	90	90
Einfach zu reparieren (0.1)	90	90	70
Einfach zu automatisieren(0.1)	80	90	70
Summe	83	80	82

Tabelle 4.2: Bewertung der mechanischen Struktur

5. Überwachungssystem

5.1 Überwachung von Werkstück

Die Schnittqualität des Lasers hängt von der Fokusposition ab. Der Schneidkopf muss sicherstellen, dass die Fokusposition während des Schneidens unverändert bleibt. Der Laserkopf muss beim Schneiden so nah wie möglich an der Platte sein, um Gaseffizienz und Schneidqualität zu gewährleisten. Die Oberfläche der Platte ist jedoch häufig uneben, was es sehr schwierig macht, die Fokusposition beizubehalten. Darüber hinaus kann der Hözensensor sicherstellen, dass der Laserschneidkopf beim Bewegen nicht mit dem Werkstück kollidiert.

Um diese Probleme zu lösen, muss der Laserschneidkopf mit einem Hözensensor ausgestattet sein. Häufig verwendete Hözensensoren sind kapazitiv, fotoelektrisch und CCD. Am weitesten verbreitet ist der kapazitive Hözensensor.

Variante1:Die beiden Elektroden des kapazitiven Sensors sind die bewegliche Elektrode am Laserschneidkopf und das Werkstück am Laserschneidkopf. Die Position der beweglichen Elektrode ändert sich mit der Höhe des Laserkopfes. Dadurch ändert sich die Kapazität zwischen den Elektroden.

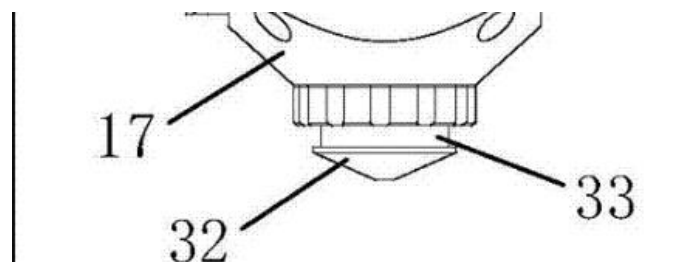


Abbildung 5.1: Position des Keramikrings im Laserschneidkopf [14]

Wie in der Abbildung 5.1 gezeigt, ist 32 eine Kupferdüse, die nicht nur zum Zurückhalten des Hilfsgases verwendet wird, sondern auch als Elektrode des kapazitiven Sensors dient. 33 ist ein Keramikring aus Zirkonoxid. Seine Funktion besteht darin, das Signal der Düse zu übertragen, gleichzeitig kann es auch die Wärme der Düse isolieren und den Schneidkopf schützen. 17 ist die Steuereinheit des Sensors, die die elektrischen und thermischen Signale der Düse durch die

Kupfernadel sammelt. Wenn die Düsentemperatur zu hoch ist oder das elektrische Signal verloren geht, wird ein Alarm ausgelöst. Kapazitive Sensoren können nicht nur Platten berührungslos messen, sondern weisen auch eine hohe Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit auf, was für Laserschneidmaschinen sehr gut geeignet ist. Zusätzlich zur Höhenmessung kann der Sensor auch die Position des Blattes messen. Um die Auslastung der Materialien zu verbessern und die Programmierung und Steuerung der Maschine zu erleichtern, ist es notwendig, die Position und Form der Platte zu bestimmen.

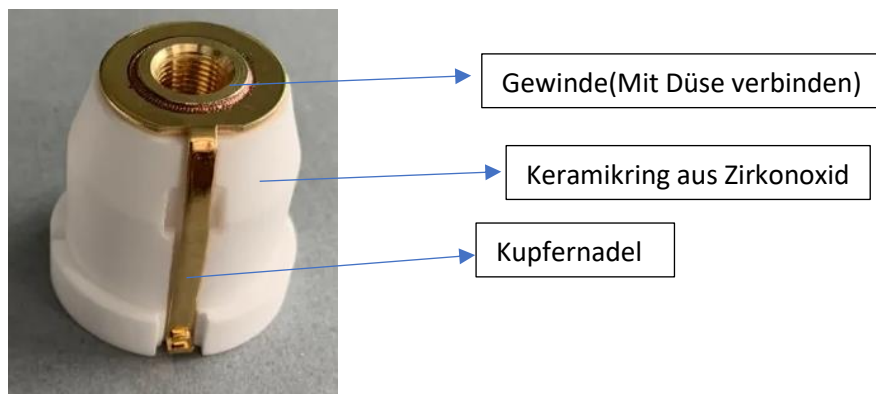


Abbildung 5.2: Die innere Struktur des Keramikrings [15]

Der kapazitive Sensor ermittelt die Position des Werkstücks über den eingestellten Maschinennullpunkt und drei Messpunkte. Wenn sich der kapazitive Sensor zum Rand der Platte bewegt, verschwindet das elektrische Signal, wodurch die drei Randpunkte der Platte gemessen werden.

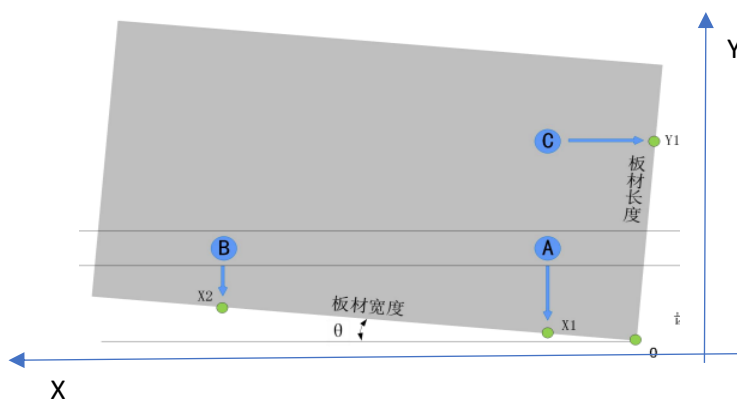


Abbildung 5.3: Winkelmessmethode des Werkstücks [16]

Zu Beginn befinden sich Laserkopf und Sensor am Punkt A. Der Laserkopf bewegt sich in die negative Richtung der y-Achse, um den Punkt X1 zu finden. Dann bewegt sich der Laserkopf zum Punkt B und der X2-Punkt wird in der negativen Richtung der y-Achse gemessen. Schließlich bewegt sich der Laserkopf zum Punkt c und bewegt sich entlang der positiven Richtung der x-Achse, um den Punkt Y1 zu messen.

Die Punkte X1 und X2 können zur Berechnung des Plattenplatzierungswinkels θ verwendet werden. Nachdem der Winkel θ erhalten wurde, können die Koordinaten des 0-Punkts des Blechs in der Werkzeugmaschine durch die X1-, Y1-Punktkoordinaten in der Maschine berechnet werden.

Auf diese Weise kann die Werkzeugmaschine den Plattennullpunkt und das Winkel selbst finden, wodurch großformatige Platten automatisch verarbeitet werden können.

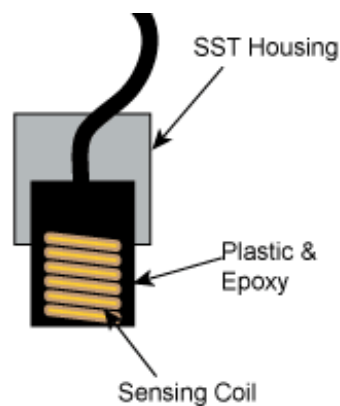


Abbildung 5.4: Aufbau des Wirbelstromsensors [17]

Variante2: Ein weiterer berührungsloser Sensor ist neben kapazitiven Sensoren ein Wirbelstromsensor(Abbildung 5.4).

Die Hauptkomponente des Wirbelstromsensors ist die Induktionsspule. Wechselstrom wird durch die Spule geleitet, wodurch ein magnetisches Wechselfeld erzeugt wird. Wenn ein Metallleiter in ein sich änderndes Magnetfeld gebracht wird oder wenn die Magnetfeldlinien in das Magnetfeld geschnitten

werden, wird im Leiter ein wirbelartiger induzierter Strom erzeugt. Dieser Strom wird Wirbelstrom genannt. Der Abstand zwischen Leiter und Sensor kann durch Messung des Wirbelstroms ermittelt werden.

Variante3: Eine andere Lösung zum Ermitteln der Höhe und Position des Werkstücks ist die Verwendung eines Displacement-Messensors.

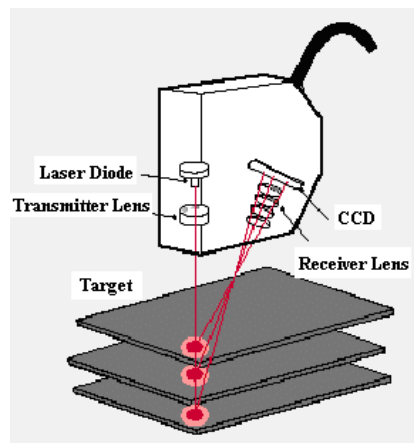


Abbildung 5.5: Aufbau des Displacement-Messensors [18]

Wie in der **Abbildung 5.5** gezeigt, wird das von der Laserdiode emittierte Laserlicht auf die Oberfläche des Messobjekts fokussiert. Die CCD bildet den Lichtpunkt auf der Oberfläche des Objekts aus einem anderen Winkel ab. Wenn sich die Höhe des Objekts ändert, ist auch der Winkel des gestreuten oder reflektierten Lichts unterschiedlich. Mit CCD zum Messen der Position des Punktbilds können Sie den Winkel des Hauptlichts und des reflektierten Lichts berechnen und so die Höhe der Objektoberfläche vom Sensor berechnen.

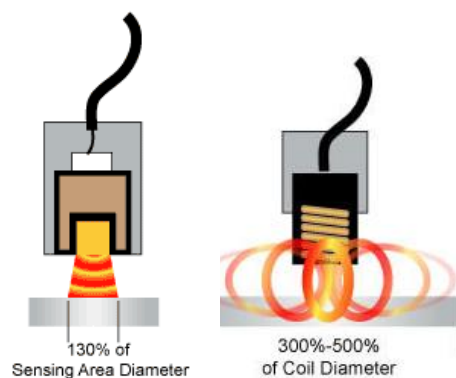


Abbildung 5.6: Spotgröße verschiedener Sensoren [19]

Die Größe des Bereichs, den der Sensor erfassen kann, wird als Spotgröße bezeichnet. Kapazitive Sensoren verwenden elektrische Felder zur Induktion. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass der Erfassungsbereich des kapazitiven Sensors 30% größer ist als der Sensordurchmesser. Das Magnetfeld des Wirbelstromsensors umgibt den Sensor mehrmals und sein Erfassungsbereich ist 200% -300% größer als der Sensordurchmesser. Der Erfassungsbereich des Laser- Triangulationssensors ist der von der Laserdiode projizierte Lichtpunkt, sodass er die höchste Genauigkeit aufweist.

$$C_{AB} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

S-Fläche der Elektrodenblech
ϵ_0 Elektrische Feldkonstante
ϵ_r relative Permittivität
d- Entfernung

Abbildung 5.7: Kapazitätsberechnungsformel

Die Elektrische Feldkonstante ϵ_0 in der Formel(Abbildung 5.7) wird von der Temperatur beeinflusst, und die hohe Temperatur an der Düse kann Fehler verursachen. Darüber hinaus ist der größte Einfluss auf den kapazitiven Sensor das durch Schneiden erzeugte Plasma. Verdampftes Material, das während des Schneidens auf der Metalloberfläche erzeugt wird, absorbiert Laserenergie, um ein Plasma zu bilden. Sie ändern die relative Permittivität ϵ_r und beeinflussen den Sensorbetrieb.

Im Gegensatz zu kapazitiven Sensoren verwenden Wirbelstromsensoren Magnetfelder zur Erfassung. Das Magnetfeld wird durch eine unreine Umgebung nicht beeinträchtigt. Da diese Verunreinigungen in den Erfassungsbereich zwischen einem Wirbelstromsensor und dem Messobjekt gelangen, wird die Sensorleistung nicht beeinflusst.

Der Laser- Triangulationssensor erkennt mithilfe der Laserreflexion. Der Schmutz des Werkstücks und die Änderung des Brechungsindex des Lichts durch das Plasma können den Messfehler des Sensors verursachen.

Der Aufbau von Kapazitäts- und Induktivitätssensoren ist einfach, sodass sie Kollisionen, Stößen und Überlastungen stark standhalten können. Da der Lasersensor über viele Arten von Optiken verfügt, kann ein übermäßiger Stoß den Sensor beschädigen. Darüber hinaus werden kapazitive und induktive Sensoren kaum von der Temperatur beeinflusst, während Lasersensoren keinen hohen Temperaturen ausgesetzt werden können.

Sowohl kapazitive Sensoren als auch Lasersensoren können den Abstand zwischen dem Sensor und der Oberfläche des Objekts direkt erfassen, sodass die Dicke des Werkstücks ihre Erkennung nicht beeinflusst. Das Magnetfeld eines Wirbelstromsensors muss die Oberfläche des Targets durchdringen, um Wirbelströme im Material zu induzieren. Ist das Material zu dünn, erzeugen kleinere Wirbelströme im Target ein schwächeres Magnetfeld. Dies führt dazu, dass der Sensor eine verringerte Empfindlichkeit und ein geringeres Signal-Rausch-Verhältnis aufweist.

Kapazitive und Wirbelstromsensoren reagieren unterschiedlich auf Unterschiede im Targetmaterial. Das Magnetfeld eines Wirbelstromsensors durchdringt das Target und induziert einen Wirbelstrom im Material, der ein Magnetfeld erzeugt, das dem Feld der Sonde entgegenwirkt. Die Stärke des Wirbelstroms und das resultierende Magnetfeld hängen von der Permeabilität und dem spezifischen Widerstand des Materials ab. Diese Eigenschaften variieren zwischen verschiedenen Materialien. Der Abstand zwischen nichtmagnetischen und magnetischen Materialien ist sehr groß. Während die relative Permeabilität von Aluminium und Titan ungefähr eins beträgt, kann die relative Permeabilität von Eisen bis zu 10,000 betragen. Da die magnetische Permeabilität jedes Materials

unterschiedlich ist, sollte der Wirbelstromsensor beim Austausch des Materials kalibriert werden.

Kapazitive Sensoren werden durch Änderungen des Mediums zwischen Material und Sensor gemessen. Alle leitenden Materialien bieten dies gleichermaßen, so dass kapazitive Sensoren alle leitenden Materialien gleich messen. Sobald ein kapazitiver Sensor kalibriert ist, kann er mit jedem leitenden Target ohne Leistungseinbußen verwendet werden.

Der Laser- Triangulationssensor erfasst den Abstand zwischen Werkstück und Sensor durch Lichtreflexion. Deshalb kann es nicht nur Metallmaterialien, sondern auch nichtmetallische Materialien messen. Laser- Triangulationssensoren stellen Anforderungen an die Oberflächenqualität von Materialien. Zu glatte oder raue Oberflächen können Fehler verursachen. Die schwarze Oberfläche absorbiert Laserlicht und ist schwer zu erkennen. Der an der Oberfläche vieler Materialien haftende Schutzfilm erhöht auch die Nachweisschwierigkeit.

	Wirbelstrom	Kapazitiv	Triangulation
Zielmaterialien	Metallmaterialien (erfordert Kalibrierung)	Leitfähiges Material	Metall oder nichtmetallische Materialien
Zieldicke(mm)	0.4...80	Keine Anforderung	Keine Anforderung
Temperaturbereich(°C)	-50...150	-50...200	0...55
Umweltverträglichkeit	gut	problematisch	problematisch
Vibration und Kollision	gut	gut	problematisch
Messfleckgröße	neutral	neutral	gut
Messdistanz	neutral	problematisch	gut
Kosten	Billig	Billig	Teuer

Tabelle 5.1: Vergleich von drei Sensoren

Laserschneidmaschinen verwenden häufig Aluminium und Kupfer als Werkstücke, und die Materialdicke für verschiedene Aufgaben ist häufig unterschiedlich. Wenn Wirbelstromsensoren verwendet werden, müssen unterschiedliche Parameter

entsprechend den Materialeigenschaften verschiedener Aufgaben angepasst werden, was die Produktionseffizienz erheblich verringert.

Laser- Triangulationssensoren können mit höchster Genauigkeit auf verschiedene Materialien angewendet werden, haben jedoch eine schlechte Umweltverträglichkeit. Da die Laserschneidgeschwindigkeit schnell ist, führt die Werkzeugmaschine häufig Hochgeschwindigkeitsbewegungen aus. Der Sensor muss Vibrationen, Kollisionen, Wärme und Überlastungen standhalten, wenn sich die Werkzeugmaschine mit hoher Geschwindigkeit bewegt. Der Lasersensor muss außerhalb des Schneidkopfes installiert werden, der sehr anfällig für Vibrationen und Kollisionen ist. Diese Kollisionen können teure Sensoroptiken beschädigen.

	Variante1	Variante2	Variante3
Genauigkeit (0.3)	3	4	5
Signal-Rausch-Verhältnis (0.2)	2	4	5
Stabilität (0.2)	2	5	5
Wirtschaftlichkeit (0.1)	5	4	2
Reaktionszeit (0.15)	5	5	3
Einfache Montage (0.05)	5	3	2
Summe	3.2	4.3	4.25

Tabelle 5.2: Bewertung von drei Sensoren

Variante1: Wirbelstrom Variante2: Kapazitiv Variante3: Triangulation

Laser-Werkzeugmaschinen können Düsen und Keramikringe direkt als kapazitive Sensoren verwenden. Da die Düse und der Keramikring Verbrauchsmaterialien für die Werkzeugmaschine selbst sind, werden die Wartungskosten der Werkzeugmaschine erheblich reduziert. Der durch Laserschneiden erzeugte Staub kann Sensorfehler verursachen. Da der Laserkerf sehr klein ist, kann der erzeugte Staub nur auf einen kleinen Bereich begrenzt werden. Durch Erweitern des Durchmessers des Innenrings des Keramikrings kann das Fehlerproblem gelöst werden.

5.2 Anpassung durch Schnittkerfüberwachung

Über den Höhensensor kann die Werkzeugmaschine die relevanten Informationen über die Höhe der Platte erhalten, um die Position des Fokus zu bestimmen. Die Werkzeugmaschine kann den kleinsten Schlitz auf der Platte durch die Fokusposition schneiden, aber der kleinste Schlitz bedeutet nicht die beste Schnittqualität. Manchmal, wenn die Fokusposition nicht auf dem Werkstücknullpunkt liegt, kann eine bessere Schnittqualität erzielt werden. Dies liegt daran, dass die Qualität des Laserschneidens durch die Bewegungsparameter, das Hilfsgas und die Laserparameter beeinflusst wird.

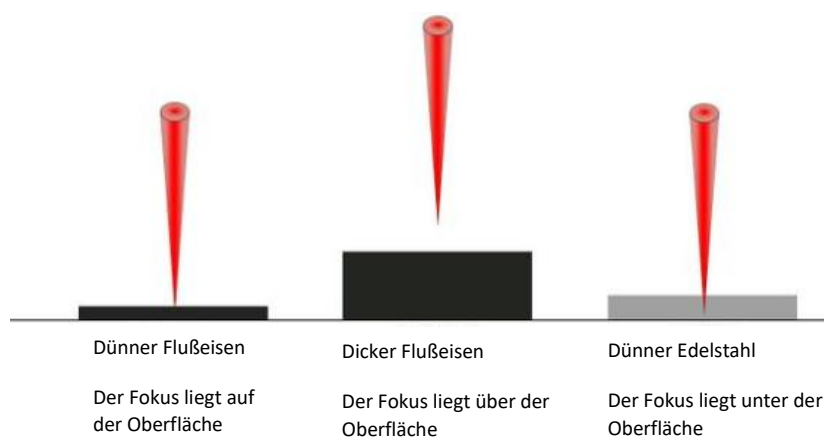


Abbildung 5.8: Fokusposition für verschiedene Materialien

Unterschiedliche Fokuspositionen führen zu unterschiedlichen Schnittgrößen. Der Schlitz ist am dünnsten, wenn sich der Brennpunkt auf der Oberfläche des Teils befindet, und der Schlitz ist dicker, wenn sich der Brennpunkt über oder unter der Oberfläche befindet.

Beim Schneiden von dickem Weichstahl muss der Fokus über dem Werkstück liegen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Einschnitt unter der Platte größer als oben, was dem Eintritt von Sauerstoff und der Abgabe von geschmolzenem Metall förderlich ist (Positiver Fokus). Um sicherzustellen, dass die Schnittfläche beim Schneiden von Edelstahl glatt und vertikal ist, muss der Fokus unter der Oberfläche liegen.

Neben der Fokusposition beeinflusst auch der Gasdruck des Hilfsgases die Schnittqualität. Der Hilfsgasdruck ist zu niedrig, die auf der Schneidfläche erzeugte Wärme kann nicht schnell abgeführt werden und die Schneidqualität ist schlecht. Wenn der Hilfsgasdruck sehr hoch ist, verursacht eine übermäßige Gasgeschwindigkeit Stoßwellen im Gasstrom, was zu einer schlechten Schnittqualität führt.

Die Schnittgeschwindigkeit wirkt sich auch auf die Schnittqualität aus. Wenn die Schnittgeschwindigkeit zu hoch ist, kann das Hilfsgas die Schlacke nicht rechtzeitig entfernen und die Teile abkühlen. Wenn die Schnittgeschwindigkeit zu langsam ist, ist die Platte überbrannt. Insbesondere beim Schneiden von Teilen mit komplexen Konturen ist die Schnittqualität an den Ecken schlecht. Dieses Phänomen wird dadurch verursacht, dass die Schnittgeschwindigkeit der rechtwinkligen oder spitzen Winkelkonturen geringer ist als die der geradlinigen Konturen.

Da die Qualität des Laserschneidens von vielen Faktoren bestimmt wird, ist zur Verbesserung der Schnittqualität ein Echtzeit-Qualitätsprüfsystem erforderlich. Beim Laserschneiden treten Licht, Schall, Wärme und andere Signale auf.

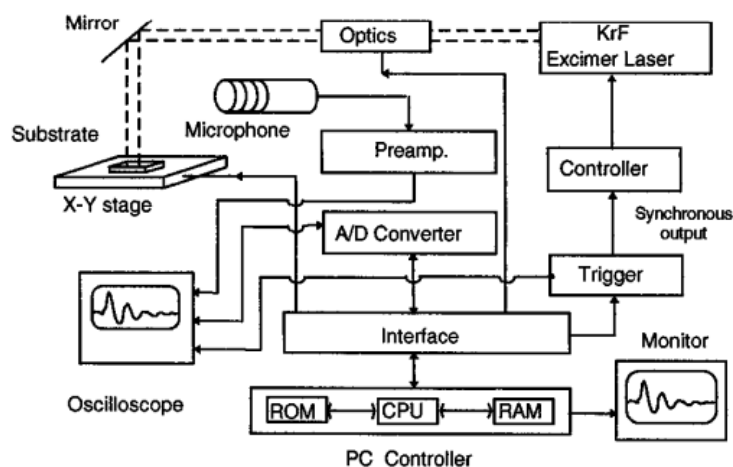


Abbildung 5.9: Signal über Mikrophon sammeln [20]

Variante1: Das in der Abbildung 5.9 gezeigte Verfahren erfasst den Zustand des laserverarbeiteten Werkstücks über das Mikrofon von 20 bis 20 kHz. ein Elektretmikrofon, ein Piezomikrofon und ein Kondensator Mikrofon. Aufgrund des Geräusches der Werkzeugmaschine und des Spritzens beim Schneiden wurde das piezoelektrische Mikrofon so ausgewählt, dass es den Anforderungen der Umgebung und der Genauigkeit entspricht. Wenn das Mikrofon weit entfernt vom Schneidbereich installiert wird, verringert sich das Risiko einer Beschädigung des Mikrofons. Aufgrund des Rauschens des Werkzeugmaschinensubsystems ist das Signal-Rausch-Verhältnis dieses Verfahrens sehr gering. Um das Signal-Rausch-Verhältnis des Mikrofons zu verbessern, kann das Mikrofon nur in enger Position installiert werden. Wenn die Schnittgeschwindigkeit zu hoch ist, befindet sich mehr Köper und Schlacke auf dem Werkstück. Zu diesem Zeitpunkt erhält der Mikrofonsensor mehr Signale.



Abbildung 5.10: Installationsort des Mikrofons [21]

Das Tonsignal ist am schwierigsten zu erkennen. Der zusätzliche Luftstrom, das Sputtern von geschmolzenem Metall und die Wärmeausdehnung im betroffenen Bereich erzeugen Schall. Darüber hinaus weist der Werkzeugmaschinenmotor auch Geräusche auf. Daher ist das Signal-Rausch-Verhältnis dieses Verfahrens sehr gering. Obwohl die Signalverarbeitung einfach ist, kann nur die Qualität des gesamten Prozesses beurteilt werden, und es werden nur wenige Informationen

erhalten. Diese Methode eignet sich nur zur Qualitätsprüfung, nicht zur gleichzeitigen Einstellung der Schnittparameter.

Es gibt zwei Installationsmethode zur Analyse des optischen Signals. Je nach Einbaulage des Sensors kann dieser in koaxiale Überwachung und Seitenachsenüberwachung unterteilt werden. Die Überwachung des Entfernungsmessers bezieht sich auf die Platzierung des Sensors neben dem Laserkopf, um die Schnittsituation direkt zu beobachten. Bei der koaxialen Überwachung wird der Sensor im Schneidkopf platziert und das optische Signal in umgekehrter Laserrichtung durch das Spektroskop gesammelt. Die Oberfläche dieses Strahlteilers ist mit einem Mehrschichtfilm beschichtet. Es können nur Infrarotstrahlen übertragen werden.

Der Vorteil der koaxialen Überwachung besteht darin, Informationen direkt vom Schneidzentrum zu erhalten. Die Paraxiale Überwachung erfordert eine Analyse der Informationen, um die Schnittrichtung zu bestimmen. Obwohl die koaxiale Überwachung das Volumen im Laserkopf einnehmen muss, ist der Sensor daher geschützt. Die Sensoren von Paraxialen Überwachung können nicht nur vom gekippten Blech getroffen, sondern auch durch Metallspritzer verunreinigt werden. Meiner Meinung nach ist eine koaxiale Überwachung besser geeignet.

koaxial Überwachung	Paraxial Überwachung
Komplexe Struktur	Einfache Struktur
Der Schneidkopf muss modifiziert werden	Keine Änderung
Genaue und schnelle Sammlung	Langsame Erfassungsgeschwindigkeit und komplizierte Analyse
Kein Schutz erforderlich	zusätzlichen Schutz

Tabelle 5. 3: Vergleich zweier Einbaulagen

Für die Erfassung optischer Signale gibt es im Allgemeinen zwei Arten von Sensoren, einer verwendet Fotodioden und der andere verwendet CCD-Kameras.

Variante2: Der Fotodiodensensor kann koaxial zum Laserschneidkopf installiert werden. Der Sensor kann in einem Ring hinter der Schutzlinse installiert werden. Schutzlinse und Ringbefestigung können eine bessere Erkennungsumgebung für den Sensor bieten. In dieser Halterung sind drei Fotodiodensensoren in gleichen Winkeln in einem 360-Grad-Ring installiert. Ihre schräge Richtung liegt direkt gegenüber der Schneidposition.()

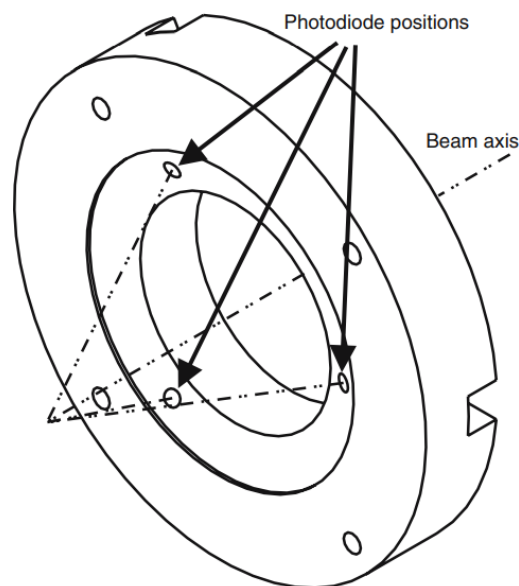


Abbildung 5.11: Installationsort der Fotodiode [22]

Photoelektrische Sensoren sind sehr vorteilhaft bei der Erkennung von Perforationen. Wenn der Laser in das Material eindringt, wird die Amplitude des Signals immer kleiner und das Signal verschwindet vollständig, bis es perforiert ist. Bei der Überwachung des Laserschneidprozesses haben Fotodioden auch Vorteile gegenüber Mikrofonen. Da die Schutzlinse Rauschen isoliert, ist das Signal-Rausch-Verhältnis des Sensors hoch. Wenn die Schnittgeschwindigkeit die normale Schnittgeschwindigkeit überschreitet, nimmt die Amplitude des von der Fotodiode gesammelten Signals erheblich zu.

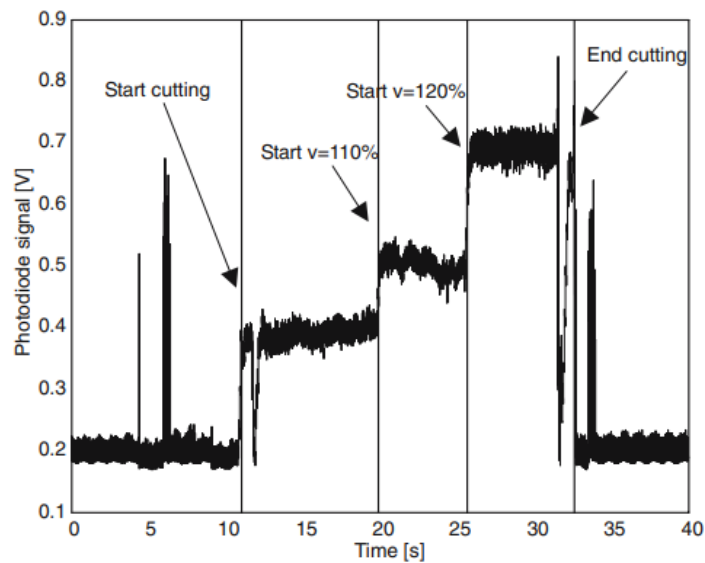


Bild 5.12: Korrelation zwischen fotoelektrischem Signal und Schnittgeschwindigkeit [23]

Das linke Bild hat eine Rauheit(Rz) von 73 μm . Die Rauheit(Rz) rechts beträgt 183 μm .Aus der Figur ist ersichtlich, dass die Rauheit eine große Beziehung zur Frequenz des von der Fotodiode gesammelten Signals hat. Der Brennfehler macht das von der Fotodiode empfangene Signal nicht mehr stabil. Es führte auch dazu, dass die Rauheit des Blattes zunahm.

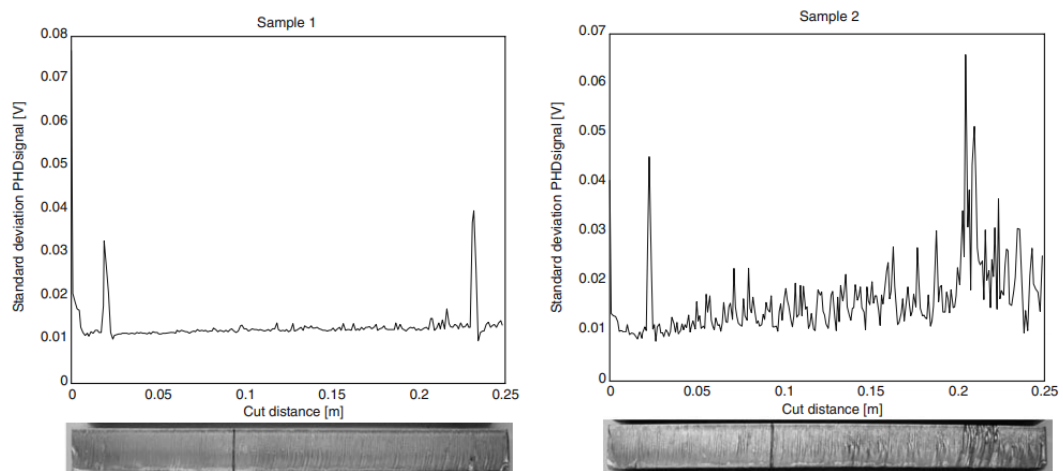


Abbildung 5.13 :Beziehung zwischen fotoelektrischem Signal und Rauheit der Schnittfläche [24]

Das Signal-Rausch-Verhältnis des Fotodiodes ist hoch. Durch Analyse der Amplituden- und Frequenzänderungen des Signals können die Schnittgeschwindigkeit und die Rauheit des Blechs überwacht werden. Beim Schneidprozess ist es durch Vergleichen des von der Fotodiode erhaltenen Signals mit dem durch den Standardschneidprozess erhaltenen Signal möglich, die Schneidqualität der Platte zu Überwachung. Die Fotodiode kann jedoch weder Informationen über das Schneiden und die Vertikalität des Blechs erhalten, noch kann sie die Schnittparameter basierend auf den erhaltenen Informationen anpassen.

Variante3: Um mehr Informationen bezüglich der Schnittqualität zu erhalten, kann das Infrarotsignal der Schneidposition durch ein Spektroskop und eine CCD-Kamera erhalten werden. Stellen Sie einen Strahlteiler in den fokussierenden Strahlengang des Schneidkopfes ein. Der Strahlteiler lässt nicht nur den Laserstrahl durch, sondern reflektiert auch das von der Düse erhaltene Nah-Infrarotsignal. Nahinfrarotlicht wird auf die Nir-Kamera fokussiert. Die Kamera empfängt nahes Infrarotlicht und bildet es ab.

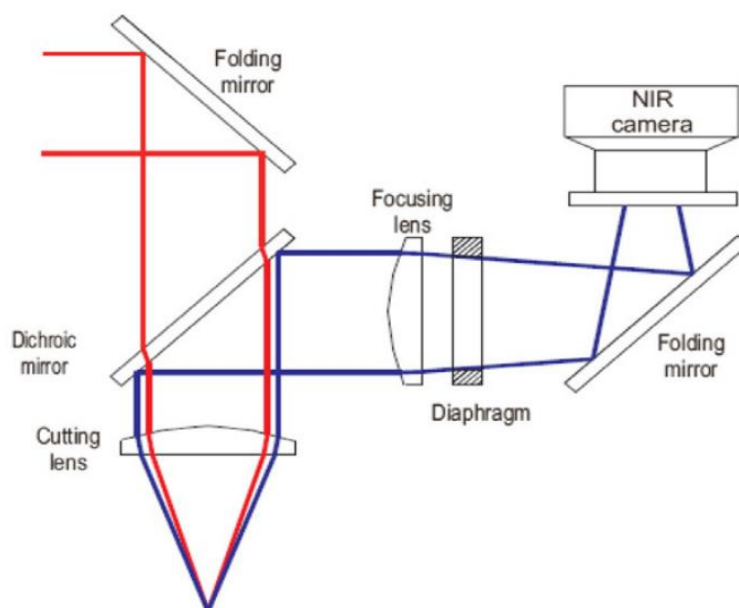


Abbildung 5.14: Installationsort der NIR-Kamera [25]

Die Nahinfrarotkamera kann die Informationen zur Schnittqualität aus der Lichtintensität und dem Bereich erhalten. Wie in der Figur gezeigt, nehmen mit abnehmender Schnittgeschwindigkeit die Fläche und Intensität des nahen Infrarotsignals signifikant ab. Mit abnehmender Geschwindigkeit nimmt die Länge des nahen Infrarotsignals erheblich ab und die Breite nimmt erheblich zu. Eine Vergrößerung der Breite bedeutet eine Vergrößerung des Wärmeeinflussbereichs, sodass die Rauheit des gesamten Schneidbereichs zunimmt.

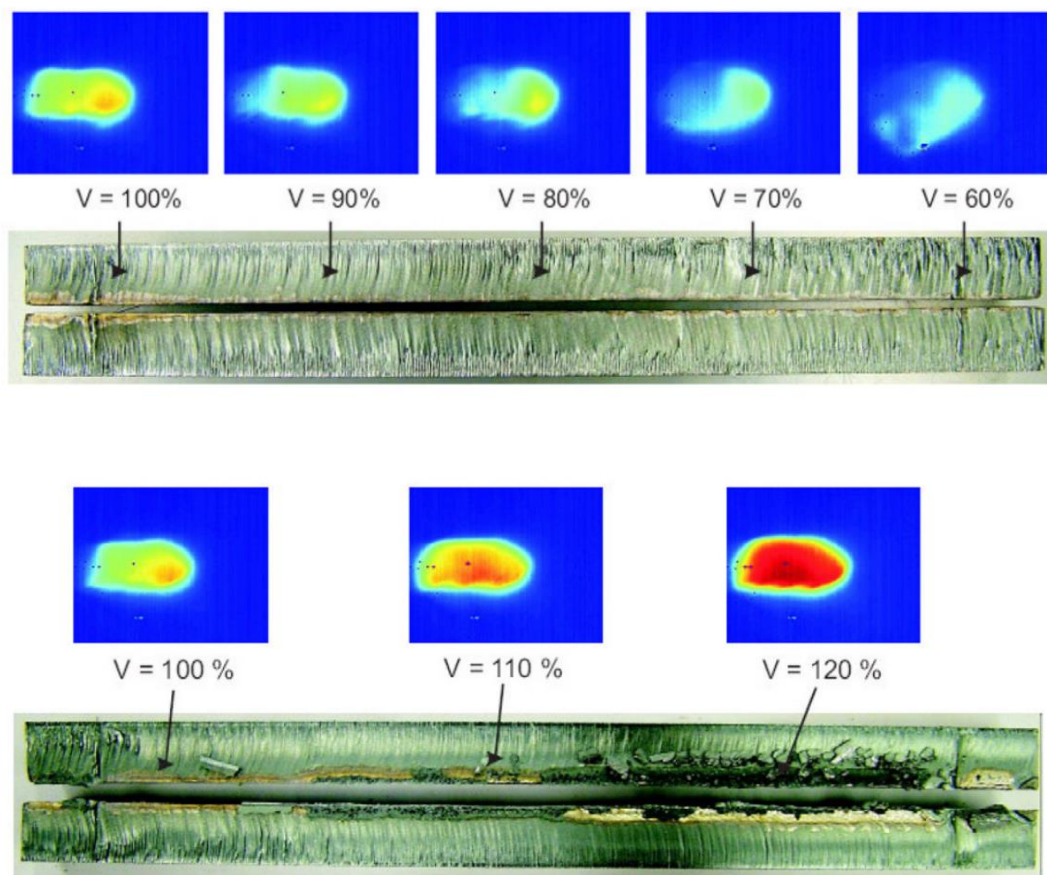


Abbildung 5.15: NIR-Bilder mit unterschiedlichen Schnittgeschwindigkeiten [26]

Aus der Figur ist ersichtlich, dass mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit der rote Bereich des Signals zunimmt. Aus der Schnittfläche ist ersichtlich, dass mit zunehmendem roten Bereich die Schlacke auf der Schnittfläche der Platte größer wird. Es kann gefolgert werden, dass je größer der rote Bereich ist, desto mehr Schlacke auf der Platte. Dieses Phänomen kann durch eine zu schnelle Schnittgeschwindigkeit erklärt werden. Wenn die Schnittgeschwindigkeit zu hoch ist, kann das Schneidhilfsgas die Platte nicht rechtzeitig abkühlen und die Schlacke

entfernen, was schließlich dazu führt, dass die Wärme in der Mitte der Platte nicht abgeführt werden kann und einen roten Bereich bildet.

Durch die Analyse der Länge, Breite und Farbe des Nahinfrarotsignals kann die Werkzeugmaschine die Schnittgeschwindigkeit, die Plattenrauheit, das Aufhängen der Plattenschlacke usw. erhalten. Die Rechtwinkligkeit und die Breite des Schlitzes nach dem Schneiden der Platte können jedoch nicht direkt beobachtet werden.

Die Werkzeugmaschine kann die Grenze des Schlitzes bestimmen, indem sie die Fläche mit der größten Änderung der Graustufen berechnet. Diese Methode ist genau, erfordert jedoch eine lange Berechnungszeit. Oder indem Sie ein Modell erstellen, um die Größe des Schlitzes zu simulieren und zu berechnen.

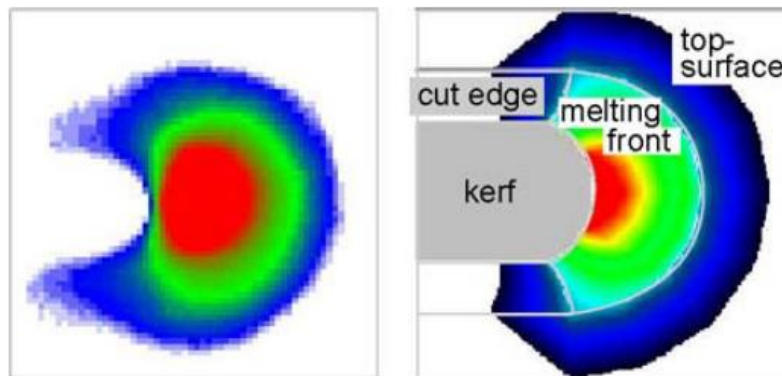


Abbildung 6.16: NIR-Bilder mit unterschiedlichen Schnittgeschwindigkeiten [27]

Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine CCD-Kamera zu verwenden, um direkt Schnittbilder zu erhalten. Diese Methode kann die Geometrie des Schnitts direkt überwachen. Das Steuerungssystem kann die Schnittparameter durch Analyse von Schlacke, Graten und Spaltbreite zeitlich anpassen. Dieses Verfahren erfordert jedoch eine lange Bildverarbeitungszeit. Bildsignale sind auch anfälliger für Interferenzen als Nahinfrarotsignale.

Signaltyp	Sensor	Vorteil	Nachteile
Optisches Signal und Plasma	Fotodiode	Schnelle Antwort Langer Arbeitsabstand	Niedrige Auflösung eindimensionale Informationen
Nahinfrarotsignal	NIR-Kamera	Langer Arbeitsabstand Hohe Genauigkeit	Normale Auflösung
Bilder	CCD-Kamera	Mehrdimensionale Analyse Hohe Genauigkeit	Hohe Anforderungen an die Bildverarbeitung
Ton	Mikrofon	Einfaches System Schnelle Verarbeitungsgeschwindigkeit	Kurzer Arbeitsabstand Störanfällig

Tabelle 5. 4: Vergleich der Sensoren

	Variante1	Variante2	Variante3
Genauigkeit (0.3)	2	3	5
Signal-Rausch-Verhältnis (0.2)	2	4	5
Stabilität (0.2)	2	5	5
Wirtschaftlichkeit (0.1)	5	4	2
Reaktionszeit (0.15)	5	5	3
Einfache Montage (0.05)	5	3	2
Summe	2.9	4	4.25

Variante1: Mikrofon Variante2: Photodiode Variante3: NIR-Kamera

Tabelle 5. 4: Bewertung der Sensoren

Die Fotodiode und die Infrarotkamera haben einen längeren Erfassungsabstand. Daher werden diese beiden Sensoren häufig koaxial installiert. CCD-Kamera und Mikrofon müssen außerhalb des Schneidkopfs installiert werden. Aufgrund des komplexen Systems und der hohen Investition wurde die Lösung mit CD-Kamera zunächst ausgeschlossen. Die Lösung mit einem Mikrofon ist aufgrund der Interferenz schwieriger zu erreichen. Lösungen mit Fotodioden sind nicht nur einfach zu implementieren, sondern haben auch die niedrigsten Kosten. Die Auflösung dieser Lösung ist jedoch niedriger als die der NIR-Kamera. NIR-Kameras können mehr qualitätsbezogene Informationen erhalten als Fotodioden. Bei der Identifizierung des Schlitzes ist die Reaktion jedoch aufgrund des großen Rechenaufwands langsam.

6. Automatisierung von Laserschneidmaschinen

6.1 Palettenwechsler

Zum Laden und Entladen von Materialien aus der Maschine ist die Laserschneidmaschine mit einem Palettenwechsler ausgestattet. Der automatisch Palettenwechsler besteht hauptsächlich aus Säulenhebebühne, Tragvorrichtung, Getriebesystem und Paletten. Die Basis der Werkbank ist mit einem rechteckigen Rohr verschweißt. Die Tragvorrichtung besteht hauptsächlich aus beidseitigem Kanalstahl, und an jedem Kanalstahl sind zwei Führungsschienen befestigt. Die Führungsschiene arbeitet mit den Rädern des Arbeitstisches zusammen, um den Arbeitstisch zu stützen.



Abbildung 6. 1: Palettenwechsler [28]

Das Getriebesystem treibt die Welle an, um sich durch den Motor zu drehen. Ein Abschnitt der Welle ist mit einem Kettenrad ausgestattet. Das Kettenrad treibt den Führungsstift an, um sich durch den Kettenantrieb zu bewegen. Eine Seite des Arbeitstisches ist mit einem Nutverbindungsblock ausgestattet. Der Führungsstift zieht den Führungsblock, um den Arbeitstisch zum Hin- und Herbewegen anzutreiben.

Der Palettenwechsler muss zwei Paletten haben. Dies kann sicherstellen, dass das Palette B das Laden und Entladen gleichzeitig ausführen kann, wenn sich Palette A in den Schneidbereich befindet.

Der Palettenwechsler ermöglicht nicht nur das Arbeiten der Laserschneidmaschine beim Be- und Entladen, sondern auch das Anpassen von Automatisierungsgeräten.

Der Austauschprozess ist wie folgt:

1. Der Druckluftzylinder bewirkt, dass sich die Palette B vertikal bewegt. Da sich der Nutverbindungsblock zwischen dem Führungsblock befindet, kann sich der Tisch nur vertikal auf und ab bewegen. Zu Beginn befindet sich Tisch A in der Maschine. Der Führungsstift befindet sich in der Mitte des Führungsblocks.

2. Der Zylinder treibt die Palette nach unten. Der Motor treibt den Führungsstift nach links durch das Kettenrad, um die Palette aus der Maschine herauszudrücken. Der Führungsstift befindet sich jetzt an Punkt b.

3. Der Druckluftzylinder hebt die Palette B von Punkt a nach Punkt b nach oben. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich der Führungsstift bei Punkt b genau in der Mitte des Führungsblocks. Die Palette A befindet sich auf den Führungsschienen auf beiden Seiten der Werkbank B. Sein Führungsstift befindet sich am Punkt c.

4. Der Motor treibt die Palette B über das Kettenrad in die Maschine. Der Druckluftzylinder bewegt sich senkrecht nach unten. Die Palette A am Zylinder kehrt zu Punkt b zurück.

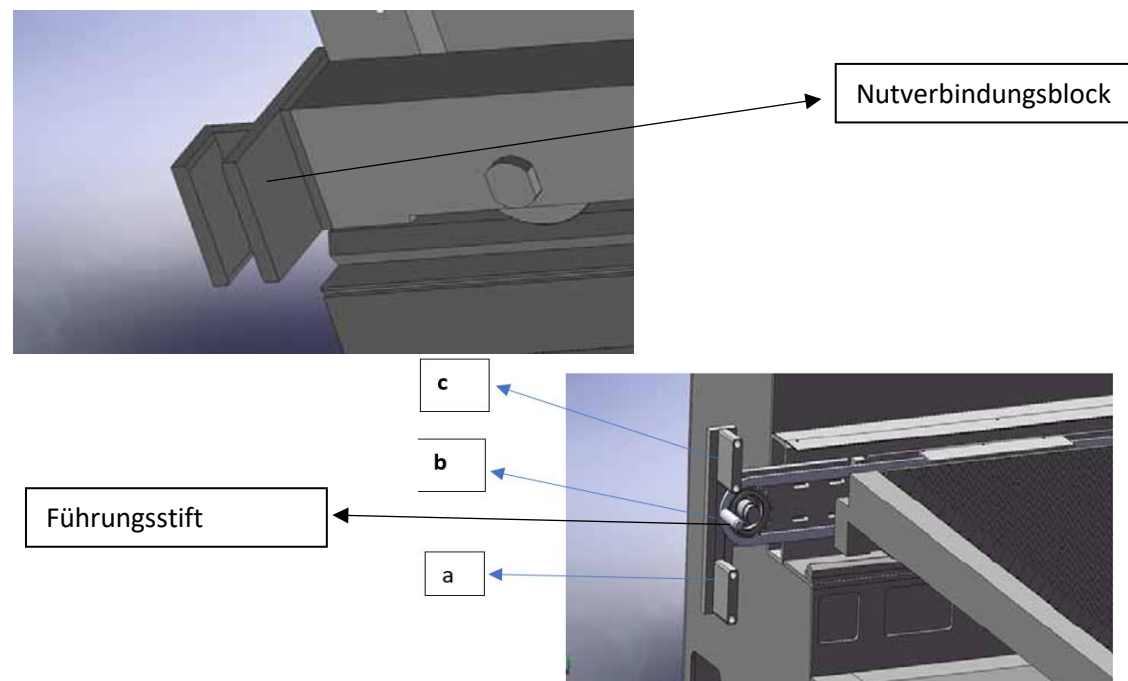


Abbildung 6. 2: Palettenwechsler [28]

6.2 Automatisches Be- und Entladesystem

Das automatische Be- und Entladesystem besteht aus Automatisiertes Lagersystem und Automatisches Sortiersystem. Palettenwechsler sparen Ladezeit. Es ermöglicht das gleichzeitige Be- und Entladen der Palette und die Schneidarbeiten der Werkzeugmaschine. Das automatische Be- und Entladesystem muss in Verbindung mit dem Palettenwechsler verwendet werden. Weil die Produktionseffizienz von Lasermaschinen sehr hoch ist. So werden fast 80% der gesamten Produktionszeit für den Transport und die Verarbeitung von Rohstoffen und Abfällen aufgewendet. Das automatische Be- und Entladesystem macht den gesamten Prozess transparenter und effizienter.

Das automatisierte Lagersystem besteht aus einem Lagerturm und einem Saugnapf. Durch Lagertürme reduzieren Benutzer die Materialsuchzeit. Die Werkzeugmaschine kann die Position des Werkstücks und des fertigen Produkts automatisch durch den Lagerturm identifizieren. Durch die Vorfertigung von Produktionsplänen auf der Steuerschnittstelle kann das automatisierte Lagersystem automatisch mit Saugnäpfen be- und entladen werden. Die Fabrik kann Platz sparen und Ihre Maschine besser nutzen. Dies bedeutet, dass die Fabrik sogar rund um die Uhr produzieren kann.

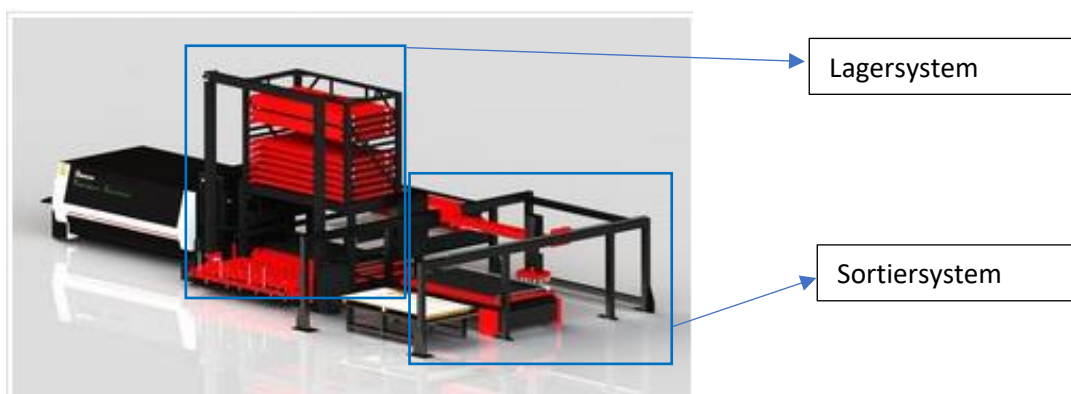


Abbildung 6. 3: automatisierte Lagersystem [29]

Saugnapfe werden in der Regel zum Laden verwendet. Bei Verwendung eines Saugnapfes zum Laden können mehrere Materialstücke zusammenkleben. Um dieses Problem zu lösen, muss sich ein Saugnapf auf und ab bewegen, und nur eine Platte wird durch Vibration angesaugt.

Nach dem Ansaugen der Maschinenplatine wird die Dicke der Platine vom Sensor gemessen, und die Werkzeugmaschine kann die Parameter gemäß den Messdaten anpassen.



Abbildung 6. 4: Trennung und Messung von Werkstücken [30]

Beim Be- und Entladen des fertigen Produkts ist der Saugnapf aufgrund der Löcher in den Teilen normalerweise nicht verfügbar. Die zum Entladen verwendete Ausrüstung sieht aus wie eine Gabel. An dieser Gabel ist ein Riemen oder ein Kettenrad installiert, mit dem der reibungslose Betrieb des Entladens gewährleistet wird. Die Spitze passt genau in die Lücke des Schwertgitters. Dann hebt es die Teile langsam zur Entladeplattform und entladen die Teile durch das Förderband an der Gabel.



Abbildung 6. 5: Werkstück entladen [31]

Durch diese Module können verschiedene automatisierte Lagertürme entworfen werden. Eine Lösung besteht darin, dass der Lagerturm und die Bewegungsrichtung des Palettenkonverters vertikal angeordnet sind.

Zunächst muss der Bediener die Platte an Punkt 1 platzieren. Der Aufzug legt die Platte von Punkt 1 nach Punkt 2 in den Lagerturm. Wenn die Platte zur Bearbeitung bereit ist, platziert der Aufzug die Platte an Punkt 3 unter dem Saugnapf. Auf dem vorletzten Boden befindet sich ein Synchronloader mit einem darunter installierten Saugerrahmen und dem darüber liegenden Förderband. Der Saugnapf nimmt das Material auf und legt es auf den Palettenwechsler (Punkt 4). Der Palettenwechsler nimmt die Palette in der Laserschneidmaschine heraus und befördert die Palette mit Materialien in die Maschine. Dann lädt der Saugnapf das Material für die nächste Palette. Das automatisierte System tauscht wieder beladene Paletten gegen intern verarbeitete Paletten aus. Die Teile werden von

der Entladevorrichtung angehoben, und der Synchronloader mit dem Saugnapf wird in die Mitte zwischen der Entladevorrichtung und dem Palettenwechsler bewegt. Während das Entladesystem die Teile auf das Transferband legt (Punkt 5), legt der Saugnapf, der die Metallplatte angesaugt hat, die Metallplatte auf den Palettenwechsler. Der Synchronloader bewegt sich zurück in die ursprüngliche Position, um die Teile zum Bediener zu bringen.

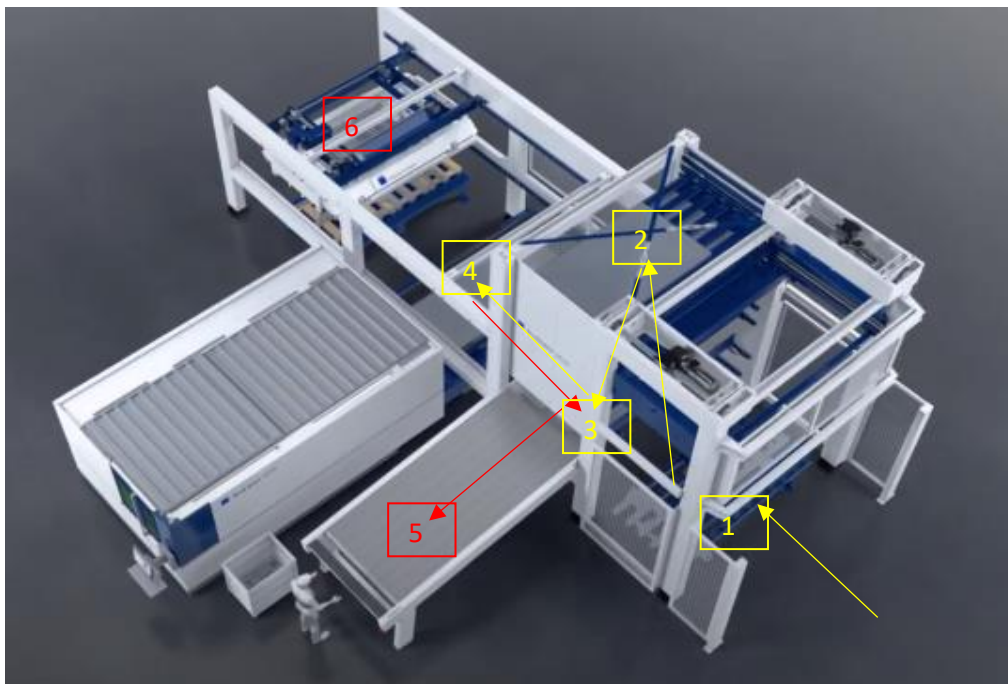


Abbildung 6. 6: Lösung 1 [32]



Abbildung 6. 7: Lösung 2 [33]

Wie in der Abbildung 6.7 gezeigt, besteht das automatische Be- und Entladesystem aus einem Materiallagerturm und einem Fertigproduktturm. Zwei verschiedene Lagertürme können das Speichermanagement vereinfachen und gleichzeitig die Speicherkapazität erhöhen. Zu Beginn transportierte der Aufzug das Material in die unterste Etage, die von der Palette aufgesaugt wurde. Dann legt der Saugnapf das Material auf den Palettenwechsler. Der Palettenwechsler nimmt die Palette in der Laserschneidmaschine heraus und befördert die Palette mit Materialien in die Maschine. Der Unterschied zum vorherigen Lösung besteht darin, dass die geschnittenen Teile direkt zum Teilelagerturm übertragen werden. Wenn das fertige Produkt herausgenommen wird, kann die Palette über die Führungsschiene direkt zum Lagerturm geschickt werden, wodurch Zeit für das Herausnehmen des fertigen Produkts aus dem Palettenwechsler gespart wird. Die fertigen Teile können über den Aufzug direkt an den vorgesehenen Lagerort geschickt werden. Gleichzeitig saugt der Saugnapf das nächste Material auf und legt es auf den Palettenwechsler.

	Variante1	Variante2	Variante3
Zykluszeit	1	4	5
Sortierungsfähigkeit	4	5	2
wenigere Plätze belegen	2	3	5
Wirtschaftlichkeit	5	3	2
Flexibilität	1	5	2
Summe	13	20	16

Variante1: Manueller Loader Variante2: Lösung 1 Variante3: Lösung 2

6.3 Hilfseinrichtungen

Nachdem die Platte lasergeschnitten wurde, müssen die Teile herausgenommen, sortiert und gestapelt werden. Dieser Vorgang ist nicht nur mühsam, sondern nimmt auch viel Zeit in Anspruch. Dies verlängert die Lieferzeit erheblich. Um die



Abbildung 6. 8: Sortiergeräte [34]

Gesamtzeit vom Eingang der Bestellung bis zur Lieferung zu verkürzen, sind automatische Sortiergeräte erforderlich. Automatische Sortiergeräte lösen das Problem von Teilen mit Löchern durch eine große Anzahl kleiner Saugnapfe. Die in der Abbildung gezeigte Sortiergeräte ist mit einem einziehbaren Zusatzsaugnapf ausgestattet. Dies macht es flexibler beim Umgang mit großen Teilen.

Um die Sicherheit der verwendeten Automatisierungsgeräte zu gewährleisten, sind Sicherheitslichtvorhänge um das Gerät herum angeordnet. Der Sicherheitslichtvorhang besteht aus einem Sender, einem Empfänger und einer Spiegelsäule.

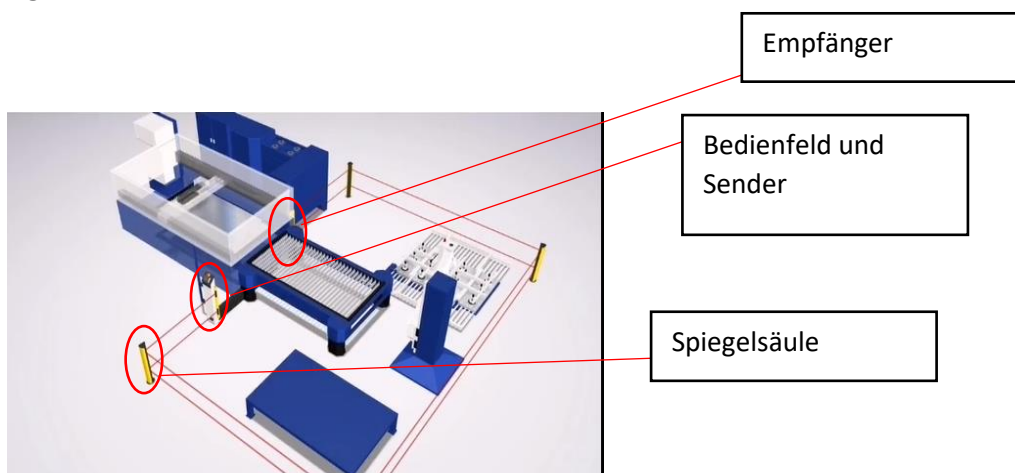


Abbildung 6. 8: Sicherheitslichtvorhang [35]

Das Bedienfeld besteht aus Not-Aus-Taster, Fußpedal, Start- und Schließknopf. Wenn die Maschine arbeitet und Personen oder Gegenstände den Lichtvorhang blockieren, unterbricht die Maschine sofort die Stromversorgung. Wenn Sie die Maschine zu diesem Zeitpunkt neu starten möchten, müssen Sie die Starttaste auf dem Bedienfeld drücken und das Fußpedal drücken. Solche Anlaufverfahren gewährleisten die Sicherheit des Personals.

Wenn während des Be- und Entladens der Werkzeugmaschine ein Notfall auftritt, kann der Bediener schnell die Not-Aus-Taster auf dem Bedienfeld drücken, um die Stromversorgung zu unterbrechen.

Die Sicherheit des gesamten Automatisierungsprozesses kann durch den Sicherheitslichtvorhang gewährleistet werden

7. Die optimale Lösung

Faserlaser wurde aufgrund seiner Flexibilität und Wirtschaftlichkeit als Laserlichtquelle ausgewählt. Die Wellenlänge des Faserlasers beträgt $1,06\mu\text{m}$. Die Platte hat eine höhere Absorptionsrate dieser Wellenlänge und die photoelektrische Umwandlungseffizienz ist ebenfalls höher. Darüber hinaus ist die Technologie der Faserlaser ausgereifter und die Kosten niedriger.

Die Verwendung von Faserlasern bedeutet auch flexiblere Laseranwendungen. Der Festkörperlaser kann die Anzahl und Leistung der optischen Ausgangspfade über optische Schalter flexibel steuern.

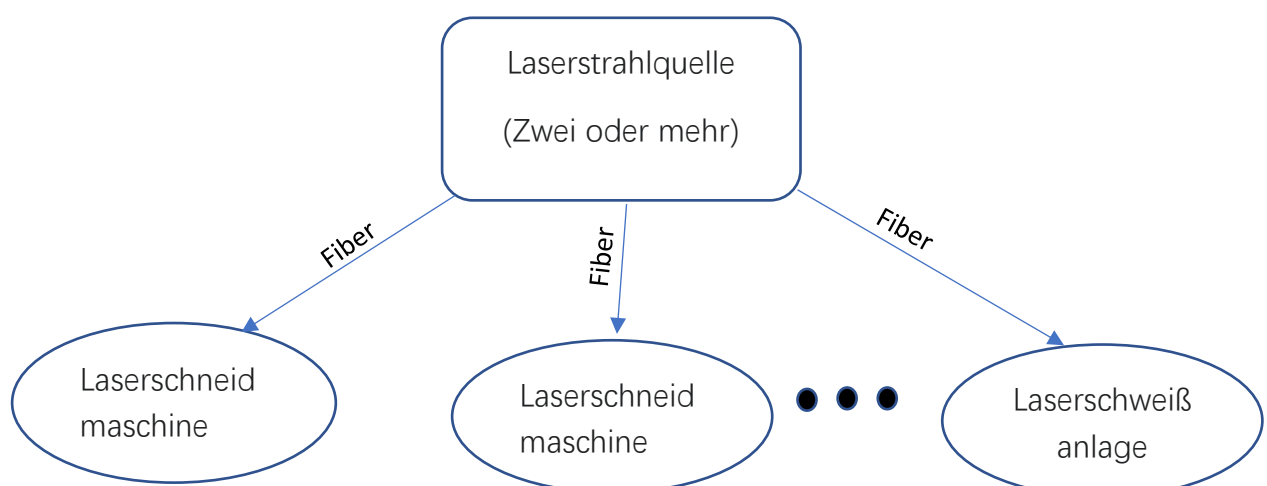


Abbildung 7. 1: Lasernetzwerk

Durch die Ausrüstung von mehr als zwei Laserlichtquellen kann ein Lasernetzwerk gebildet werden. Es kann nicht nur mehrere Werkzeugmaschinen mit Lasern versorgen, sondern auch Ausfallzeiten während der Wartung reduzieren.

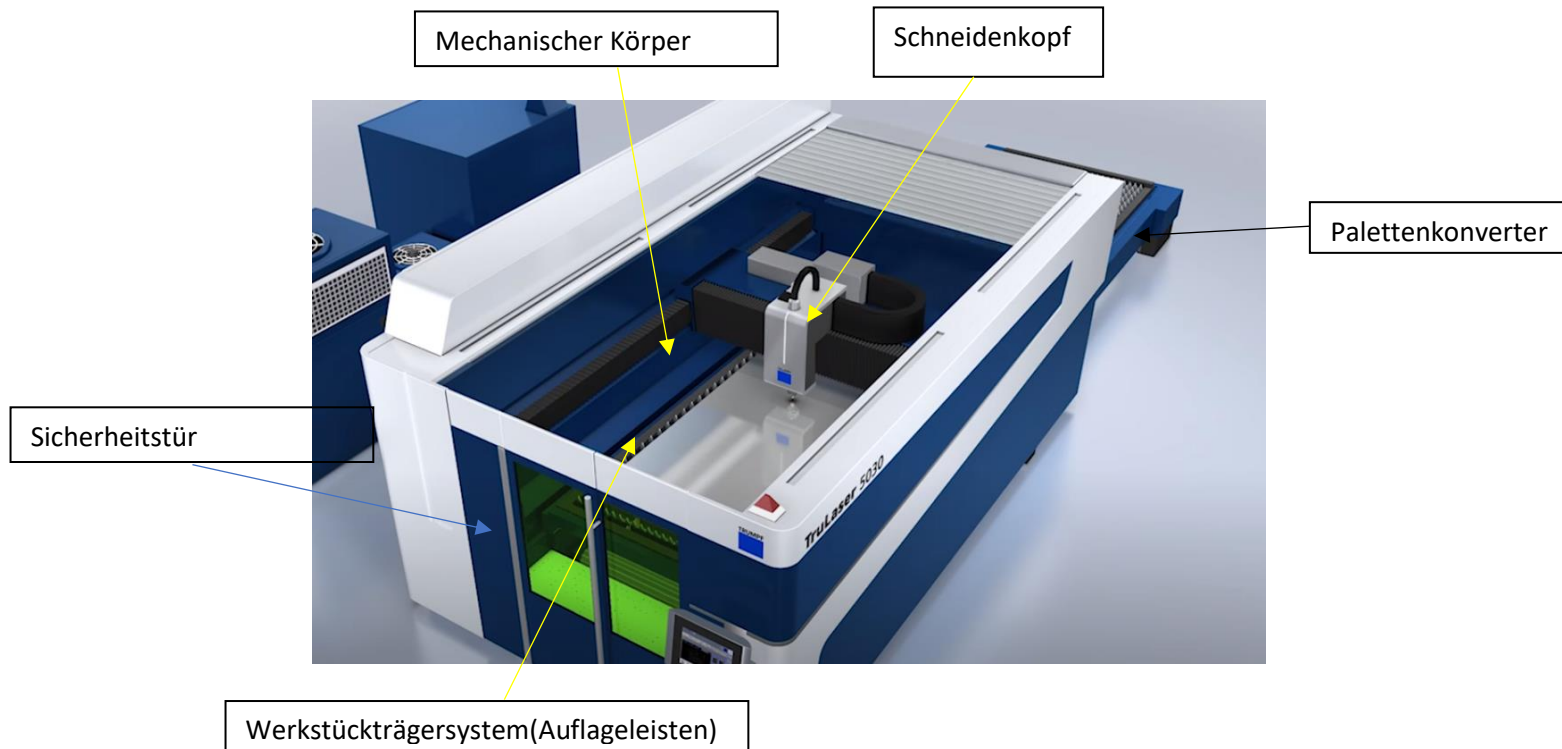


Abbildung 7. 2: Portal-Lasermaschine[36]

Der Aufbau der Werkzeugmaschine ist in der Abbildung 7.2 dargestellt. Die im Bild verwendete Portalstruktur zeichnet sich durch hohe Geschwindigkeit und hohe Genauigkeit aus. Die gesamte Portalstruktur und Basis befinden sich in dem Metallgehäuse. Das Metallgehäuse hat zwei Ein- und Ausgänge, eine ist eine Sicherheitstür für Inspektion und Wartung und die andere ist ein Palettenwechsler zum automatischen Be- und Entladen. Die Funktion der Schutzhülle besteht darin, den für Menschen schädlichen Laser zu isolieren. Der Bediener kann den Schneidvorgang durch das Schutzglas überwachen.

Ein Schneidkopf ist am Portalmechanismus installiert. Der Schneidkopf ist mit einem Hözensensor und einem System zur Überwachung der Schneidqualität ausgestattet. Ich wähle einen kapazitiven Sensor als Hözensensor. Der kapazitive Sensor nutzt die Struktur zwischen Düse und Schutzlinse. Diese Struktur verbessert

nicht nur die Genauigkeit des Sensors, sondern schützt auch den Sensor und die Laserlinse. Darüber hinaus ist die Düse als Sensor leichter zu warten.

Am anderen Ende des Schneidkopfes befindet sich eine NIR-Kamera zur Überwachung der Schneidqualität. Da die NIR-Kamera auch im Schneidkopf angeordnet ist, ist es genauer und stabiler als andere Lösungen. Darüber hinaus kann die Kamera mehr dimensionale Informationen als andere Sensoren erhalten. Dies ist vorteilhafter für die Beurteilung des Zustands des Schnittkantes.

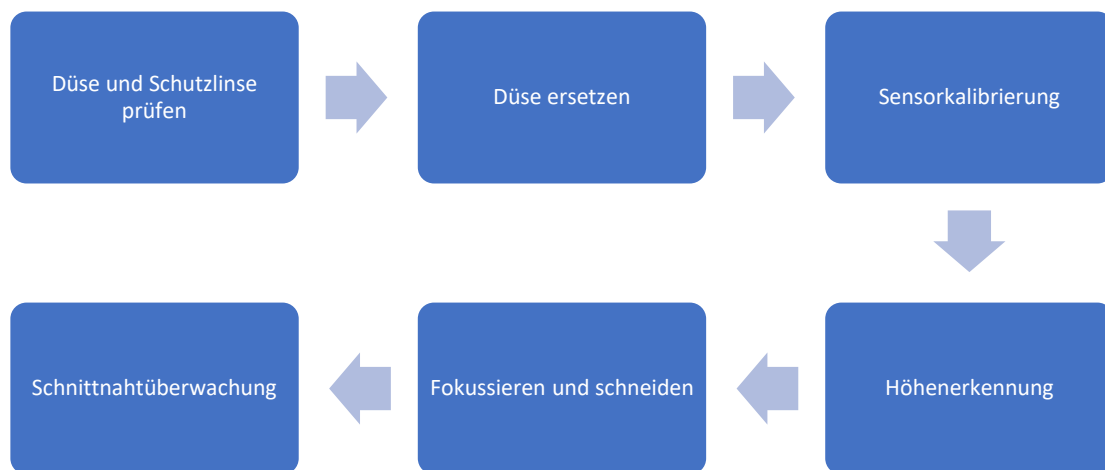


Abbildung 7. 3: Der Arbeitsprozess des Schneidkopfes

Vor dem Schneiden muss die Düse gewechselt und der Laserlichtweg überprüft werden. Düsenwechsel und Inspektion durch eine automatisierte Düsen austauschstation.

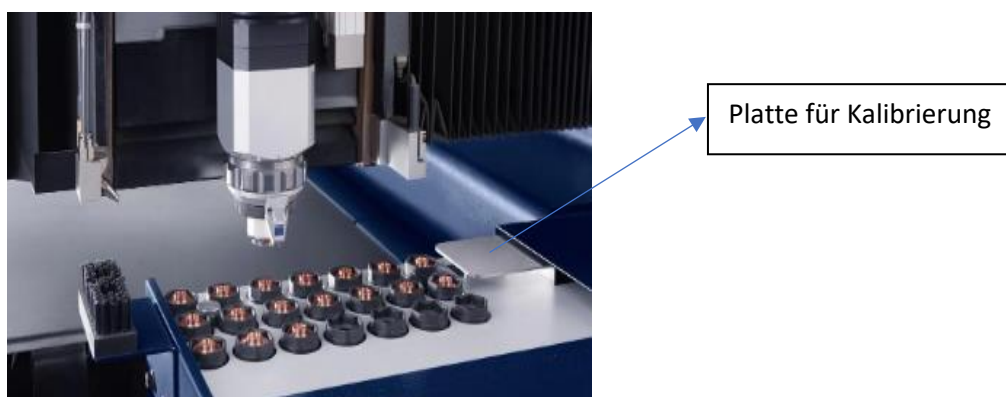


Abbildung 7. 4: Düsen austauschstation [37]

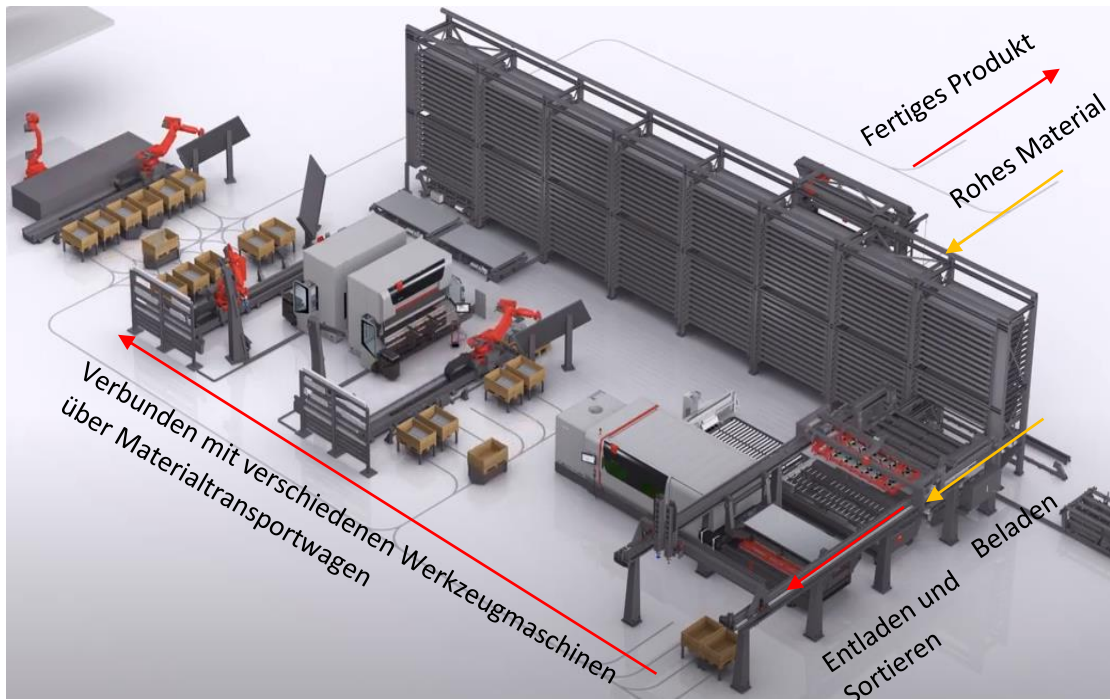


Abbildung 7. 5: Materialfluss [38]

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass es praktischer ist, das automatisierte Be- und Entladesystem horizontal entlang des Ausgangs anzuordnen. Obwohl diese Lösung eine große Fläche und hohe Kosten hat, ist es flexibler. Es kann mit einem Sortiersystem oder einem großen Lager kombiniert werden, um ein System zu bilden, wie in der Abbildung gezeigt.

Zuerst wird das Werkstück im Lager gelagert, und dann nimmt die Werkzeugmaschine das Werkstück durch Kommunikation mit dem Lagersystem heraus. Das Werkstück wird durch ein automatisiertes Be- und Entladesystem auf die Werkzeugmaschine geladen. Das automatisierte Sortiersystem legt die fertigen Produkte in den Wagen. Der Wagen transportiert die fertigen Produkte zur nächsten Werkzeugmaschine oder zum Lager.

8.Zusammenfassung

Die Anwendung von Lasern im Bereich der Materialbearbeitung wird heutzutage umfangreicher. Seit den 1970er Jahren werden Laser beim Blechschneiden eingesetzt. Mit dem Einsatz von Festkörperlaser kann ein effizientes und hochpräzises Schneiden erreicht werden. Das Aufkommen von Festkörperlaser hat dazu geführt, dass immer mehr Fabriken Laser für die Verarbeitung verwenden. Ich glaube, dass Fabriken mit der Förderung der Laserschneidtechnologie höhere Anforderungen an die Laserautomatisierung und -präzision stellen werden.

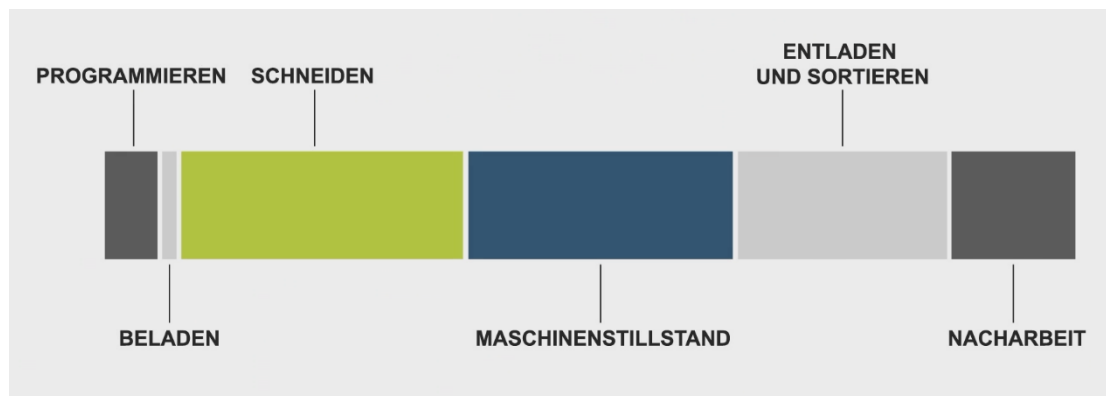


Abbildung 8. 1: Prozess in Laserfertigung [39]

Die Laserschneidgeschwindigkeit ist sehr hoch, wodurch das Laden, Entladen und Warten den größten Teil der gesamten Aufgabe beansprucht. Deshalb kann die Automatisierung des Lade- und Entladesystems die Effizienz der gesamten Lasermaschine erheblich verbessern.

Darüber hinaus ist die Präzision des Laserschneidens sehr hoch. Dank der hohen Präzision können viele fertige Teile direkt als Produkte verkauft werden. Die Lasergenauigkeit wird jedoch von vielen Faktoren beeinflusst, und Lasermaschinen müssen mehrfach korrigiert werden, um den gewünschten Schneideffekt zu erzielen. Der Hözensensor und das Überwachungssystem

können diesen Prozess vereinfachen, die Produktionseffizienz und die Produktionsqualität verbessern.

Alles in allem denke ich, dass eine Laserschneidmaschine, die sich über ein automatisiertes Überwachungs- und Ladesystem an verschiedene Bleche anpassen kann, in Zukunft beliebter sein wird.

9. Quelle

1. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/32982702>
2. https://www.photonics.com/Articles/Fiber_vs_Disk_Which_Laser_Will_Make_the_Cut/a47616
3. <https://cn.comsol.com/blogs/a-multilevel-approach-to-modeling-planar-discharge-in-co2-lasers/>
4. <https://www.laserfocusworld.com/test-measurement/spectroscopy/article/16549567/fiber-lasers-fiber-lasers-the-state-of-the-art>
5. <https://docplayer.org/25829488-Laser-in-der-industriellen-fertigung-dipl-phys-jan-hoffmann.html>
6. <http://www.mfc-china.org/mfc%EF%BC%9A%E8%BF%9E%E8%BD%BD%E3%80%8A%E6%BF%80%E5%85%89%E5%85%89%E4%B8%80%E7%A7%8D%E5%B7%A5%E5%85%B7%E3%80%8B%E4%B9%8B%E4%B8%89%E4%B8%A8%E5%B0%86%E5%85%89%E8%BD%AC%E6%8D%A2%E4%B8%BA%E5%B7%A5/>
7. <http://www.mfc-china.org/mfc%EF%BC%9A%E8%BF%9E%E8%BD%BD%E3%80%8A%E6%BF%80%E5%85%89%E5%85%89%E4%B8%80%E7%A7%8D%E5%B7%A5%E5%85%B7%E3%80%8B%E4%B9%8B%E4%B8%89%E4%B8%A8%E5%B0%86%E5%85%89%E8%BD%AC%E6%8D%A2%E4%B8%BA%E5%B7%A5/>
8. <http://btghjc.com/jgpj/133.html>
9. <http://www.blrlaser.com/helps/gxjgq3494.html>
10. <http://baozhuang.huangye88.com/xinxi/58740992.html>
11. http://www.hglaser.com/supercut/50130_for_detail.htm
12. <http://gb.oversea.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=1015952694.nh&dbcode=CMFD&dbname=CMFDREF>
13. <http://gb.oversea.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=1015952694.nh&dbcode=CMFD&dbname=CMFDREF>
14. <http://img.jigao616.com/upload/patent/2018/5/15/1236190.gif>

15. <https://cnhighborn.en.made-in-china.com/product/asyxIRjcrehX/China-High-Performance-Laser-Ceramic-Nozzle-Parts.html>
16. <https://www.pentalaser.com/upload/20190304/1d536kee614acg1ko.pdf>
17. <https://www.lionprecision.com/de/comparing-capacitive-and-eddy-current-sensors/>
18. https://www.researchgate.net/figure/CCD-integrated-laser-sensor_fig1_260384958
19. <https://www.lionprecision.com/de/comparing-capacitive-and-eddy-current-sensors/>
20. <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.361182>
21. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00170-006-0695-z.pdf>
22. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00170-006-0695-z.pdf>
23. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00170-006-0695-z.pdf>
24. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00170-006-0695-z.pdf>
25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921000502X>
26. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921000502X>
27. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607620897>
28. <http://www.siderosengineering.com/index/de/prodotti/show/palettenwechselsystem-fur-plasma-und-laserschneid/automation-fur-absaugtische.html?>
29. <http://www.amada.de/de/automation/tk-eu/entladesystem-tk-eu.html>
30. <https://www.salvagninigroup.com/product/fiber-laser/l5/automation>
31. <https://www.youtube.com/watch?v=eph1XTEV4CA>
<https://www.youtube.com/watch?v=jScIJGbV7z4>
32. https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/2d-laserschneidmaschinen/trulaser-3030-fiber-3040-fiber-3060-fiber/
33. <https://www.youtube.com/watch?v=jScIJGbV7z4&t=3s>
34. https://www.youtube.com/watch?v=zyF6Ah_QBs
35. https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/automatisierung/automatisierung-fuer-2d-laserschneidmaschinen/liftmaster/
36. <https://www.youtube.com/watch?v=MGAQhvpDRbs>
37. https://www.trumpf.com/en_SE/products/machines-systems/2d-laser-cutting-machines/webspecial-autonomes-laserschneiden/autonomous-laser-cutting-web-special/products-and-functions/
38. https://www.youtube.com/watch?v=ljPJ_48Vm7o&t=26s
39. https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/2d-laserschneidmaschinen/trulaser-center-7030/

Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfe Dritter angefertigt habe. Alle Stellen, die inhaltlich oder wörtlich aus Veröffentlichungen stammen, sind kenntlich gemacht. Diese Arbeit lag in gleicher oder ähnlicher Weise noch keiner Prüfungsbehörde vor und wurde bisher noch nicht veröffentlicht.

Merseburg, 18.08.2020

Jianghao Zhang