

Hochschule Merseburg

Fakultät für Ingenieur- und Naturwissenschaften



Bachelorarbeit

Im Studiengang Mechatronik, Industrie- u. Physiktechnik

Thema: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen Laserstrahlschneidbearbeitung und den werkstückspezifischen Besonderheiten des Transport-, Umschlag- und Lagerprozesses in flexiblen Fertigungssystemen für ebene Blechzuschnitte sowie Charakteristik Abstimmung zwischen Werkstück- und/oder Werkzeugbewegung

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Verfasser: Yanan Li

E-mail: 362662353@qq.com

Anschrift: Geusaer Str.88, Studentenwohnheim 1, Zimmer Nr.219

Matrikelnummer: 19280

Abgabetermin:

Inhaltverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1 Aufgabenstellung:.....	5
1.2 Lösung der Aufgabenstellung	5
2. Grundlagen	6
2.1 Flexibles Fertigungssystem (FFS).....	6
2.1.1 Einsatzcharakteristika für FFS.....	6
2.1.2 Aufbau und Planung des FFS.....	7
2.2 Stanztechnik	8
2.2.1 Stanzprinzip	9
2.2.2 Stanzprozess	9
2.2.3 Komponenten einer Stanzmaschine	10
2.3 Laserstrahlschneidtechnik.....	10
2.3.1 Einsatzgebiete	11
2.3.2 Anregungsmechanismen beim CO ₂ -Laser	11
2.3.3 Laserstrahlführung und Vorschubbewegung.....	12
2.3.4 Schneidverfahren	13
2.3.4.1 Laserstrahlschmelzschnneiden.....	13
2.3.4.2 Laserstrahlbrennschnneiden.....	14
2.3.4.3 Laserstrahlsublimierschnneiden.....	14
2.3.5 Bestandteile einer Laseranlage	14
2.3.6 Lasersicherheit.....	16
3. Spann- und Bearbeitungsmöglichkeiten des Blechzuschnitts	17
3.1 Spannmöglichkeiten.....	17
3.1.1 Komponenten der Spannvorrichtung	17
3.1.2 Kriterien der Bestimmung der Spannkraft	17
3.1.3 Spannmittel für prismatische Werkstücke	19
3.2 Bearbeitungsmöglichkeiten	21
3.2.1 Stanzbearbeitung	21
3.2.2 CNC-Laserschnneiden	21

4. Transportsystem	21
4.1.1 Lineare, schienengebundene Systeme.....	22
4.1.2 Rollenbahn- oder Doppelgurt-Systeme	22
4.1.3 Flächenstruktur	23
4.2 Transportmittel.....	23
4.2.1 Rollenbänder.....	24
4.2.2 Förderbänder	24
4.2.3 Schienenbahnsysteme	24
5. Prozesstechnische und organisatorische Besonderheiten für die Fertigungsabläufe.....	25
5.1 Zentrale Planung	25
5.1.1 Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung der FFS-Hauptkomponenten	25
5.1.2 Durchlaufzeit	29
5.1.2.1 Welche Bedeutung hat die Durchlaufzeit?.....	29
5.1.2.2 Durchlaufzeitermittlung eines Fertigungsauftrages	31
5.1.2.3 Zusammenhänge der Zeitanteile.....	31
5.2 Prozesstechnik	32
5.2.1 Informationssystem	32
5.2.1.1 Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung des Informationssystem	32
5.2.1.2 Steuerung von FFS.....	33
5.2.1.3 CNC-Steuerung eines FFS	34
5.2.1.4 Progammmierung im FFS.....	34
5.2.2 Grundbaustein der flexiblen Automation	35
5.2.2.1 Werkzeugmagazin und Werkzeugwechsel	35
5.2.2.2 Automatischer Düsenwechsler bei dem Laserstrahlschneiden	36
5.2.2.3 Werkstückspeicher mit Wechseleinrichtung	36
5.2.2.4 Automatischer Blechwechsler bei dem Laserstrahlschneiden.....	37
5.2.2.5 Kühlmittelversorgung und Späneentsorgung	37
5.3 Zusammenfassung und Bewertung	38
6. Laserstrahlschneidbearbeitung im flexiblen Fertigungssystem	39

6.1 Der automatische Ablauf im flexiblen Fertigungssystem	39
6.2 Erläuterung der Zusammenhänge an einem selbstgewählten Beispiel	40
6.2.1 Subsysteme und Bestandteile des flexiblen Fertigungssystem.....	40
6.2.2 Laserschneidbearbeitung im FFS.....	43
6.2.3 Relative Berechnungen der Durchlaufzeit	44
6.3 Möglichkeiten der Prozessoptimierung:	46
7. Zusammenfassung	47
Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit.....	48
Tabellerverzeichnis	50
Quelle	51

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung:

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei der Auslegung der einzusetzenden Fertigungstechnik eine Vielzahl an technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu beachten gilt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit gilt es, gemäß der o. g. Themenstellung, die erforderlichen Zeitanteile, die einen reibungslosen organisatorischen und technischen Ablauf gewährleisten zu dokumentieren, die ihnen eigene Bedeutung zu analysieren und die dabei entstehenden Wechselwirkungen im Zusammenhang darzustellen.

1.2 Lösung der Aufgabenstellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes bezüglich der Fertigungssystemauslegung unter Einbeziehung von Stanz- und Laserstrahlschneid-Techniken in speziellen Abtrenneinrichtungen bzw. herkömmlichen Werkzeugmaschinen
2. Charakteristik des Werkstück-Begriffes "Blechzuschnitt" bezüglich Spann- und Bearbeitungsmöglichkeiten
3. Dokumentation der einzelnen Bereiche im System, die diese genannten Schnittstellen beeinflussen
4. Analyse und Bewertung der prozesstechnischen und organisatorischen Besonderheiten für die Fertigungsabläufe im Fertigungssystem und Prozessorganisation in den vor- und nachgelagerten Bereichen als den technischen Schnittstellen zum betrieblichen Umfeld (z. B. Rohteil-, Vorrichtungs- und Fertigteillager)
5. Darstellung des technischen Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Gegebenheiten in einem flexiblen Fertigungssystem eigener Wahl (Veranschaulichung möglicher Gesichtspunkte zur Prozessoptimierung)

2. Grundlagen

2.1 Flexibles Fertigungssystem (FFS)

Die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit erfordert von produzierenden Unternehmen den Einsatz eines effizienten Fertigungskonzeptes und entsprechender Fertigungseinrichtungen. Aus diesem Grund investieren zunehmend auch klein- und mittelständische Unternehmen in flexible Fertigungslösungen.

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtungen stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems eine sehr komplexe Aufgabe dar, die durch einen das Gesamtsystem (technisch-technologisch, betriebsorganisatorisch und betriebswirtschaftlich) betrachtenden Planungsansatz zu bewältigen ist. Die Hauptmerkmale, die dabei berücksichtigt werden müssen, sind die Systemkomponenten, das Informationssystem, das Personal, die organisatorische Einbindung in den innerbetrieblichen Produktionsprozess und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.^[1]

2.1.1 Einsatzcharakteristika für FFS

Flexible Fertigungsstrukturen sind unter heutigen Gesichtspunkten nach dem Maschinenkonzept systematisiert. Es existieren das Einzelmaschinenkonzept, dem die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine (NC-Maschinen), das Bearbeitungszentrum (BZ) und die Flexible Fertigungszelle (FFZ) zugeordnet werden, so wie das Mehrmaschinenkonzept, das die Flexible Taktstraße(FTS) und das Flexible Fertigungssystem, (FFS) beinhaltet.

Die wichtigsten charakteristischen Kennzeichen flexibler Maschinenkonzepte sind dabei bezüglich der Automatisierung die Prozessdurchführung, der Werkstückwechsel, der Werkstücktransport, der Werkzeugwechsel und die Prozessüberwachung. Im Hinblick auf die Bearbeitung sind dies ein wahlfreier Materialfluss, die simultane Bearbeitung, sich ersetzende/ergänzende Stationen und eine Mehrverfahrensbearbeitung, die mittels einer übergeordneten Steuerung realisiert werden. Somit gilt:

- Flexible Fertigungssysteme(FFS) stellen Mehrmaschinensysteme mit übergeordneter Steuerung in Form eines Leitrechners dar.
- Das Hauptmerkmal eines FFS besteht darin, dass unterschiedliche Werkstücke auf verschiedenen Fertigungseinrichtungen simultan bearbeitet werden können.
- Die Bearbeitungsstationen, die von den einzelnen Werkstücken wahlfrei angelaufen werden, können dabei sowohl ersetzend als auch ergänzend sein, Weiterin kann ein großes Rüstvorgänge werden parallel zur Hauptzeit durchgeführt. Werkzeug- und Werkstück- Ver- und –Entsorgung erfolgen automatisch.
- Alle diese prozessorientierten Vorgänge innerhalb des FFS werden durch den Leitrechner gesteuert und koordiniert.

Das in Abbildung 1 dargestellte Beispiel eines FFS ist für die Bearbeitung prismatischer Teil ausgelegt und besteht aus acht Bearbeitungszentren, die rechts und links des Transportsystems angeordnet sind. Die Be- und Entladung jeder dieser integrierten Fertigungseinrichtungen erfolgt automatisch durch ein Handhabegerät (jeweils vier Spannvorrichtungen mit je zwei Werkstücken, d.h. acht identische Teile). Im Anschluss an die Bearbeitung wird eine der vier Paletten zur Messmaschine transportiert und in dieser kontrolliert. Bei positivem Messergebnis erfolgt die Freigabe aller acht Teil für deren Montage. Das automatische Umspannen in die zweite Spannlage geschieht in der so genannten Schraub- und Umsetzstation. [1]

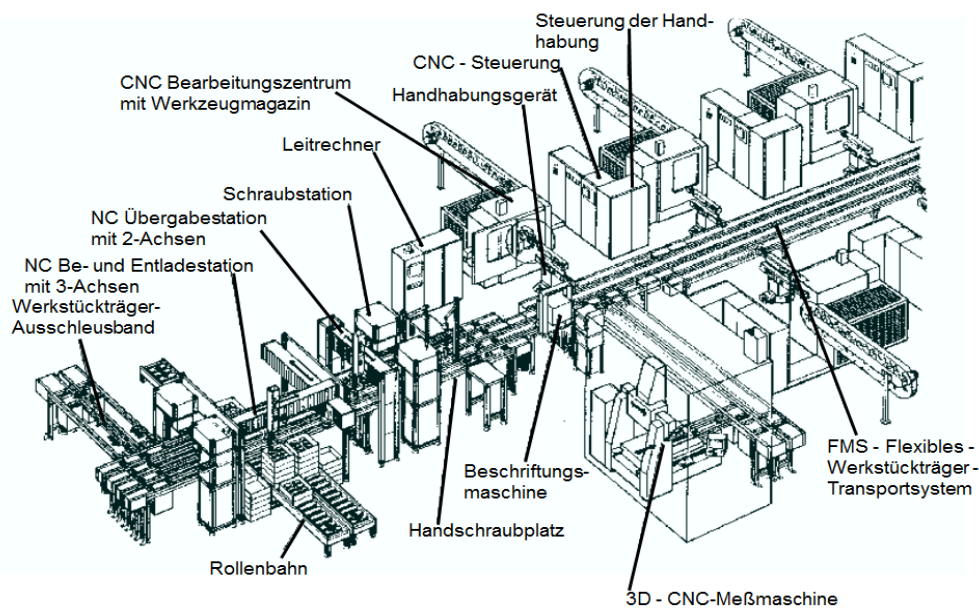


Abb. 1: Elemente und Grundaufbau eines FFS [2]

Einlaufträge können unter Berücksichtigung vorgegebener Bearbeitungsprioritäten sehr kurzfristig in den aktuellen Auftragspool eingelastet werden. Dieser Eigenschaft ist es zu verdanken, dass ein FFS heute dem hohen Flexibilitätsbedarf gerecht werden kann.

2.1.2 Aufbau und Planung des FFS

Das FFS bildet unter betrieblichen Bedingungen eine technische und organisatorische Einheit aus verschiedenen Einzelkomponenten, wobei periphere Komponenten im Gegensatz zu konventionellen Maschinen fest integrierte Bestandteile des Gesamtsystems sind, sodass FFS als komplexe Einheit geplant werden muss. [1]

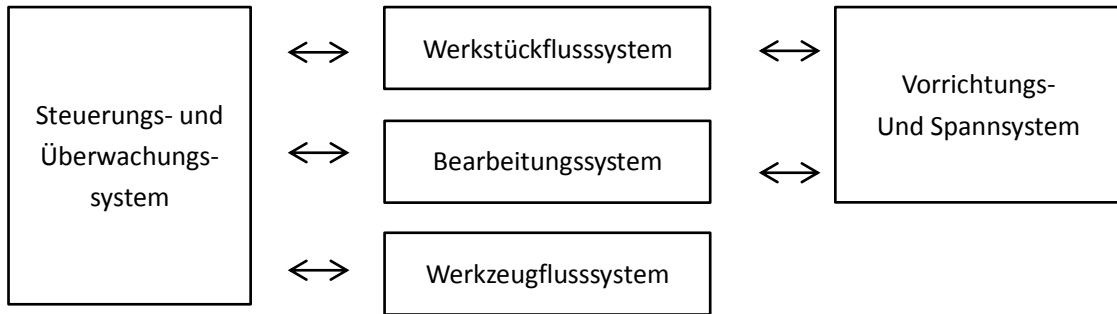


Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen^[1]

Das Grundschemata eines derartigen Fertigungskonzeptes ist Abbildung 3 zu entnehmen.

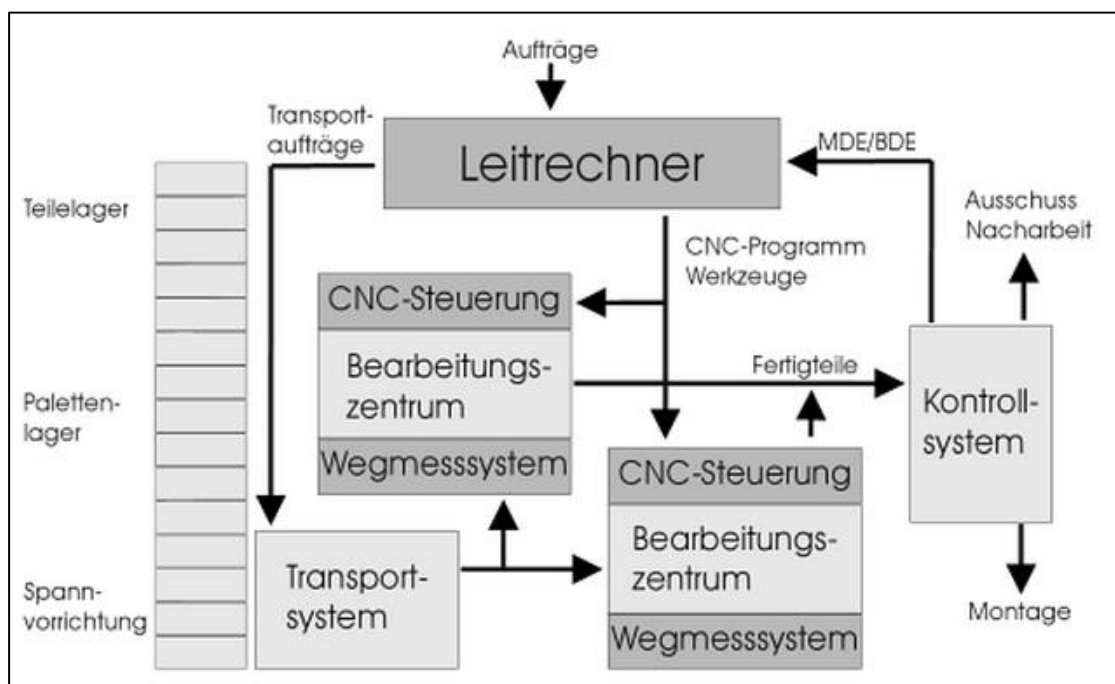


Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem^[1]

2.2 Stanztechnik

Stanztechnik wird als mechanische Trennverfahren in der industriellen Fertigung verwendet. Man erstellt mit diesen Trennverfahren Ausschnitte und Konturen beliebiger Form und Größe in ebenen Werkstücken.

2.2.1 Stanzprinzip

Jeder, der schon einmal einen Papierlocher benutzt hat, hat sich des Stanzprinzips bedient. Der Stempel drückt das Papier von oben gegen die Auflage des Lochers und schließlich in eine runde Öffnung. Dabei schneidet er ein kreisförmiges Loch aus. Die ausgestanzten Reststücke sammeln sich im Behälter des Lochers. Das Stanzen von Blechen funktioniert genauso: Das Blech wird zwischen einem Stempel und einer Matrize positioniert. Der Stempel bewegt sich nach unten und taucht in die Matrize ein. Die Kanten von Stempel und Matrize bewegen sich dabei parallel aneinander vorbei und trennen so das Blech. Deshalb gehört das Stanzen zur Verfahrensgruppe Scherschneiden. Als Scherschneiden bezeichnet man nach DIN 8588 das Zerteilen eines Werkstoffes durch zwei sich aneinander vorbeibewegende Schneiden.

Genau betrachtet, läuft der Stanzvorgang in vier Phasen ab. Berührt der Stempel das Blech, verformt es sich zunächst. Dann wird es geschnitten. Schließlich ist die Spannung im Innern des Materials so groß, dass das Blech entlang der Schnittkontur bricht. Das ausgestanzte Blechstück – der so genannte Stanzbutzen – wird nach unten ausgestoßen. Dann fährt der Stempel wieder nach oben. Zieht er dabei das Blech mit sich, löst der Abstreifer die Blechtafel vom Stempel.

Das Ergebnis des Stanzvorgangs ist kein durchgehender Schnitt, wie es beim Lochen von Papier den Anschein hat. Vielmehr wird der obere Bereich durch die starken Kräfte, mit denen der Stempel auf das Material drückt, geschnitten, im unteren Bereich bricht das Material. Die gewählte Matrize, der Schneidspalt und auch die Materialdicke beeinflussen dabei das Schnitt-zu-Bruch-Verhältnis. Stanzvorgang und Stanzergebnis lassen sich auf unterschiedliche Arten optimieren. So sind auch Stanzungen mit extrem glatter Schnittfläche oder – was für die mit Stanzmaschinen arbeitenden Menschen wichtig ist – besonders leise Stanzungen möglich. ^[3]

2.2.2 Stanzprozess

Das Stanzen gehört zur Gruppe 'Scherschneiden' (DIN 8588). Beim Scherschneiden befindet sich das Blech zwischen zwei Werkzeugschneiden, die sich parallel aneinander vorbei bewegen und dabei das Blech durchtrennen. Der Stempel taucht so weit in die Matrize ein, dass er das Blech durchstanzt. Der Stanzbutzen wird nach unten ausgeschoben. Stanzen umfasst das Herstellen einer Außform (Ausschneiden) und das Herstellen einer Innenform (Lochen). ^[3]

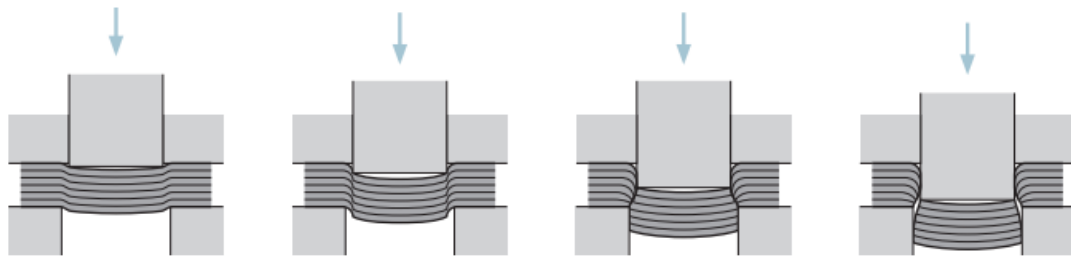
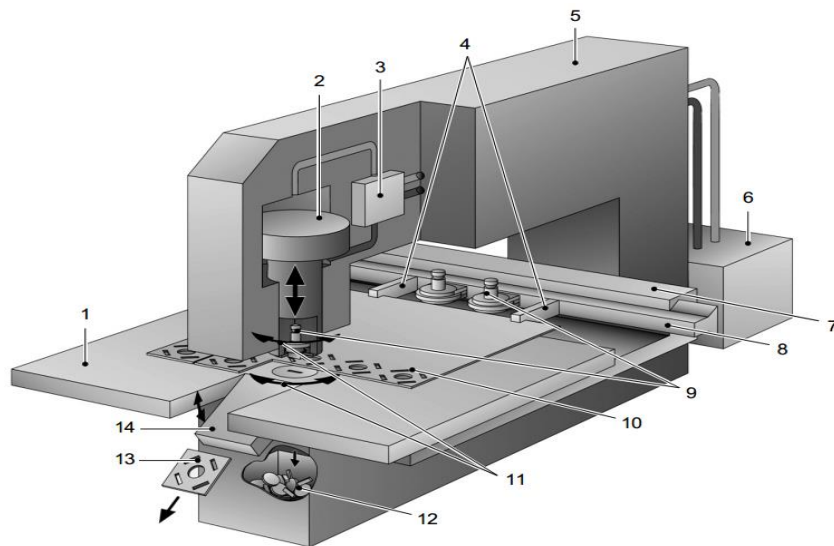


Abb. 4: Prozess des Stanzens^[3]

2.2.3 Komponenten einer Stanzmaschine



- | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 Maschinentisch | 6 Hydraulikaggregat | 11 Werkzeugrotation |
| 2 Stößel | 7 Querschiene | 12 Späne und Stanzbutzen |
| 3 Stößelsteuerung | 8 Linearmagazin | 13 Werkstück |
| 4 Spannpratzen | 9 Werkzeuge | 14 Teileklappe |
| 5 C-Rahmen | 10 Blechtafel | |

Abb. 5: Komponenten einer Stanzmaschine^[4]

2.3 Laserstrahlschneidtechnik

Wenn der Laserstrahl auf das Werkstück trifft, kann er das Material so stark erwärmen, dass es schmilzt oder verdampft. Bis den Anfang des Schneidprozess hat er das Werkstück vollständig durchdrungen. Der Laserstrahl bewegt sich entlang der Teilekontur, dabei schmilzt das Material dortlaufend auf. Dieses wird mit Hilfe eines Gasstroms aus der Schnittfuge geblasen, um die Späne zu entsorgen. Danach wurde ein enger Schnittpalt zwischen Teil und Restgitter entstehen.^[3]

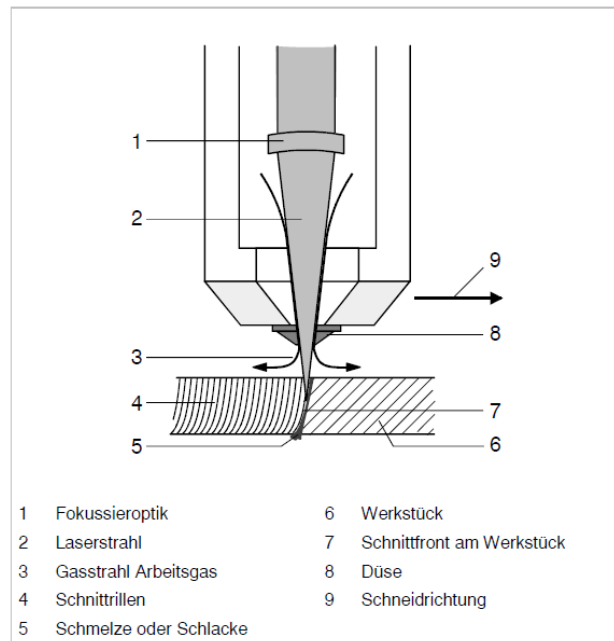


Abb. 6: Prinzip des Laserschneidens^[4]

2.3.1 Einsatzgebiete

Das Laserschneiden oder auch Laserstrahlschneiden bezeichnet ein thermisches Verfahren und wird meist in der Blechbearbeitung eingesetzt. Aber auch auf anderen Gebieten, wie der Holzverarbeitung und der Kunststoffverarbeitung, ebenfalls bei organischen Stoffen, kommt es zum Einsatz. Das Laserschneiden wird oft dort angewandt, wo besonders exakte Schnitte bei komplexen Umrissen erforderlich sind. ^[5]

2.3.2 Anregungsmechanismen beim CO₂-Laser

Im CO₂-Laser senden CO₂-Moleküle das Laserlicht aus. Ein CO₂-Molekül besteht aus einem Kohlenstoffatom und zwei Sauerstoffatomen. Sie bilden eine Kette, wobei das Kohlenstoffatom zwischen den Sauerstoffatomen sitzt. Wenn das Molekül angeregt wird, beginnt es zu schwingen. Die verschiedenen Schwingungsformen entsprechen unterschiedlich hohen Energieniveaus. Der Laserprozess im CO₂-Laser umfasst 4 Energieniveaus. Pumpniveau und oberes Laserniveau liegen sehr nahe beieinander.

Das laseraktive Medium besteht jedoch nicht nur aus CO₂. Es ist ein Gemisch aus Helium (He), Stickstoff (N₂) und Kohlendioxid (CO₂). Helium und Stickstoff sind Hilfsgase. Sie unterstützen

den eigentlichen Laserprozess im CO₂-Molekül.

Im Gasmisch entstehen durch Gasentladung bei hoher Gleichspannung oder Hochfrequenz-Wechselspannung freie Elektronen, die die Stickstoff-Moleküle durch Stöße anregen. Die Stickstoff-Moleküle beginnen zu schwingen. Über Stöße geben sie ihre Energie an das CO₂-Molekül weiter und heben es vom Grundzustand ins obere Laserniveau – ein Schwingungszustand, bei dem alle drei Atome des Moleküls in Bewegung sind. Beim Übergang in das untere Laserniveau emittiert das CO₂-Molekül das Laserlicht mit einer Wellenlänge von 10,6 Mikrometern.

Von dort kehrt es unter Abgabe von Wärme in den Grundzustand zurück. Hier treten nun die Atome des Edelgases Helium in Aktion: Sie beschleunigen die Entleerung des unteren Laserniveaus durch Stöße mit den CO₂-Moleküle, nehmen sie Wärme auf und leiten sie ab. [6]

2.3.3 Laserstrahlführung und Vorschubbewegung

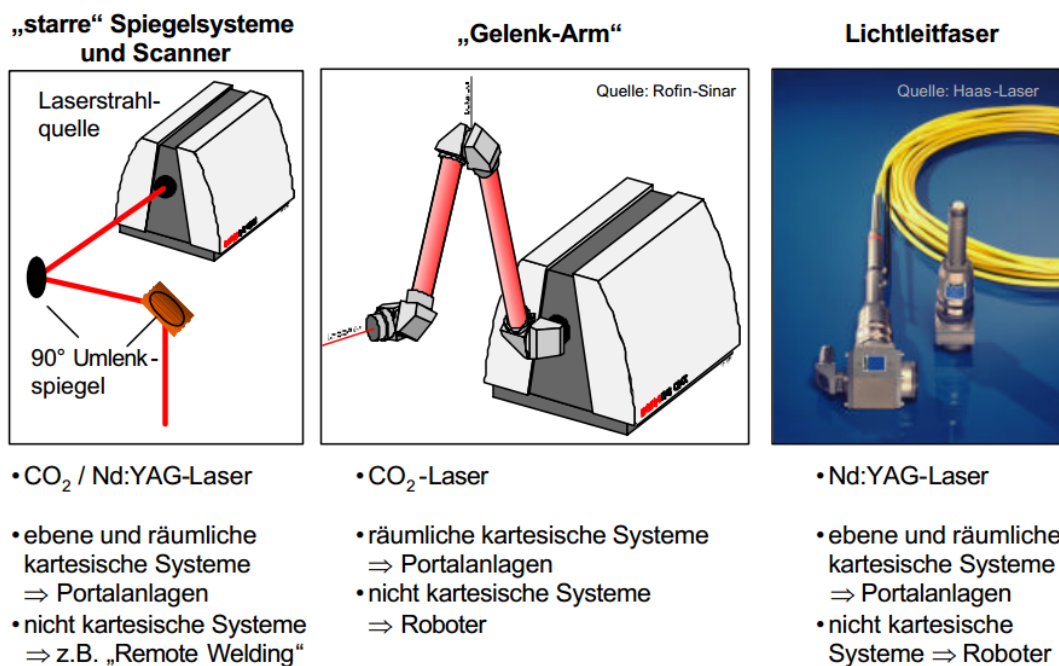


Abb. 7: Systeme zur Laserstrahlführung [7]

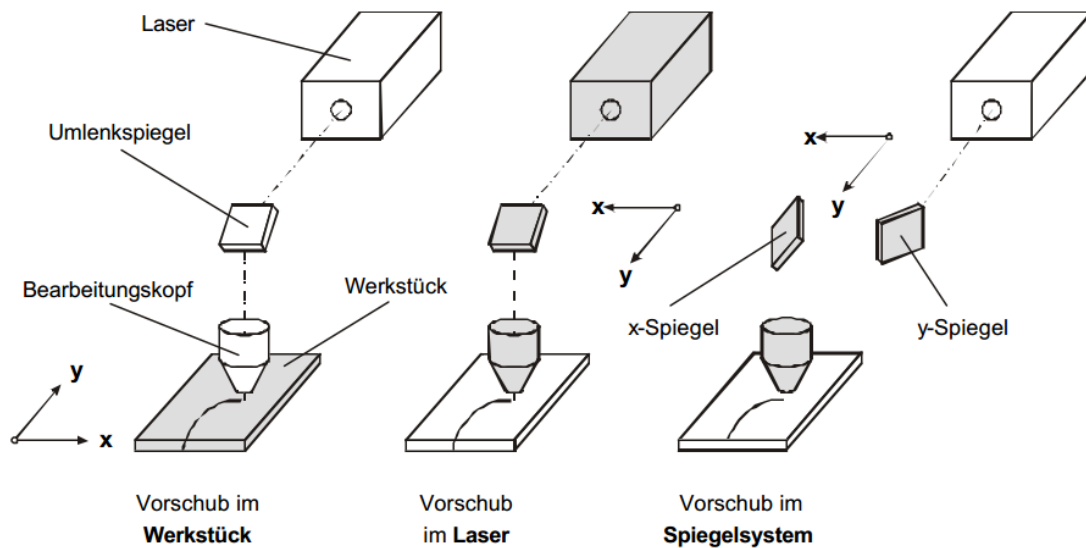


Abb. 8 : Grundvarianten der Vorschubbewegung [7]

2.3.4 Schneidverfahren

Der Laser bewältigt unterschiedlichste Schneidaufgaben. Sie reichen von der mikrometeregenauen Schnittfugen im hauchdünnen Halbleiterchip oder Qualitätsschnitte im 30 mm dicken Stahlblech, der Laser erledigt heute ganz unterschiedliche Schneidaufgaben. Dazu werden verschiedene Schneidverfahren eingesetzt. [8]

2.3.4.1 Laserstrahlschmelzschnitten

Als Schneidgas dient beim Laserschmelzschnitten Stickstoff oder Argon. Es wird mit Drücken zwischen 2 und 20 bar durch die Schnittfuge getrieben. Argon und Stickstoff sind inerte Gase. Das heißt, sie reagieren nicht mit dem aufgeschmolzenen Metall im Schnittspalt, sondern blasen es nur nach unten aus. Gleichzeitig schirmen sie die Schnittkante von der Luft ab.

Der Vorteil: Die Kanten bleiben oxidfrei und müssen nicht mehr nachbearbeitet werden. Allerdings steht zum Schneiden allein die Energie des Laserstrahls zur Verfügung.

In dünnen Blechen ist die Schneidgeschwindigkeit so hoch wie beim Brennschneiden. Bei größeren Blechdicken und beim Einstechen ist die Prozessgeschwindigkeit gegenüber dem Brennschneiden reduziert. Einige Schneidanlagen bieten die Möglichkeit, mit Sauerstoff einzustechen und dann mit Stickstoff weiterzuschneiden. [8]

2.3.4.2 Laserstrahlbrennschneiden

Beim Brennschneiden wird mit Sauerstoff (Gasreinheit 99.95 Volumenprozent, 3.5) und einem Druck von maximal 6 bar überwiegend Baustahl geschnitten. Das erwärmte Metall reagiert in der Schnittfuge mit dem Sauerstoff, es verbrennt und oxidiert. Die entstandene Schmelze wird zusammen mit den Eisenoxiden aus der Schnittfuge ausgeblasen.

Der Oxidationsvorgang liefert zusätzliche Energie (exotherme Reaktion), die den Schneidprozess dahingehend beeinflusst, dass höhere Schneidgeschwindigkeiten möglich sind und größere Materialdicken bearbeitet werden können als beim Schneiden mit Stickstoff.

Ein Nachteil des Verfahrens ist die Oxidschicht, die sich an den Schnittflächen bildet. Werden die Teile anschließend lackiert, muss die Oxidschicht vorher abgetragen werden. Bricht die Schicht auf, ist das Teil nicht mehr gegen Korrosion geschützt. ^[6]

2.3.4.3 Laserstrahlsublimierschneiden

Bei diesem Verfahren verdampft der Laser das Material möglichst schmelzarm. Der Materialdampf erzeugt in der Schnittfuge einen hohen Druck, der die Schmelze nach oben und unten herausschleudert.

Das Prozessgas, Stickstoff, Argon oder Helium, schirmt die Schnittflächen lediglich von der Umgebung ab. Es sorgt dafür, dass die Schnittkanten oxidfrei bleiben. Aus diesem Grund genügt ein Gasdruck von 1 bis 3 bar.

Metall zu verdampfen erfordert mehr Energie als es zu schmelzen. Deshalb benötigt Sublimierschneiden hohe Laserleistungen und ist langsamer als andere Schneidverfahren. Dafür erzeugt es hochwertige Schnittkanten.

In der Blechbearbeitung wird das Verfahren kaum angewendet. Erst dort, wo die Schneidaufgaben besonders fein sind, wird es attraktiv. Dazu gehört beispielsweise das Schneiden von Stents in der Medizintechnik. ^[6]

2.3.5 Bestandteile einer Laseranlage

Der kompakten Bauweise von Laseranlagen sieht man meist nicht an, wie viele verschiedene Bauteile benötigt werden, um mit dem Laserstrahl ein Werkstück je nach Bearbeitungsaufgabe optimal zu bearbeiten.

Auf dem Weg zum Werkstück wird der Laserstrahl geformt, geführt und schließlich fokussiert. Dazu werden je nach Lasertyp und Bearbeitungsaufgabe verschiedene Bauteile benötigt:

- ✓ Strahlschuzurohre und Faltenbälge, die den Laserstrahl umgeben und abschirmen.
- ✓ Ebene Spiegel zum Umlenken des Laserstrahls oder um den Laserstrahl an mehrere

Arbeitsstationen zu führen.

- ✓ Teildurchlässige Spiegel, um den Laserstrahl zu teilen.
- ✓ Gewölbte Spiegel zum Formen und Fokussieren.
- ✓ Linsen zum Formen und Fokussieren.
- ✓ Einen Phasenschieber, wenn die Schwingungsrichtung des Laserlichts verändert werden soll.

Um Konturen zu schneiden, müssen sich Laserstrahl und Werkstück relativ zueinander bewegen. Während der Bearbeitung werden entweder der Schneidkopf oder das Werkstück oder beide bewegt. Je nach Werkstück, flach oder dreidimensional, sind eine oder mehrere Achsen notwendig. Immer stärker setzen sich auch Roboter durch. [6]

1D-Lasermaschinen

1D-Lasermaschinen werden nur für gerade Schnitte benötigt, wie zum Beispiel zum Ablängen von Rohren.

2D-Lasermaschinen(Flachbett-Laserschneidanlagen und Rohrbearbeitungsmaschinen)

Mit 2D-Lasermaschinen werden Konturen aus ebenen Blechtafeln und Rohren geschnitten. Am häufigsten werden Maschinen eingesetzt, bei den sich der Schneidkopf über das Werkstück bewegt.

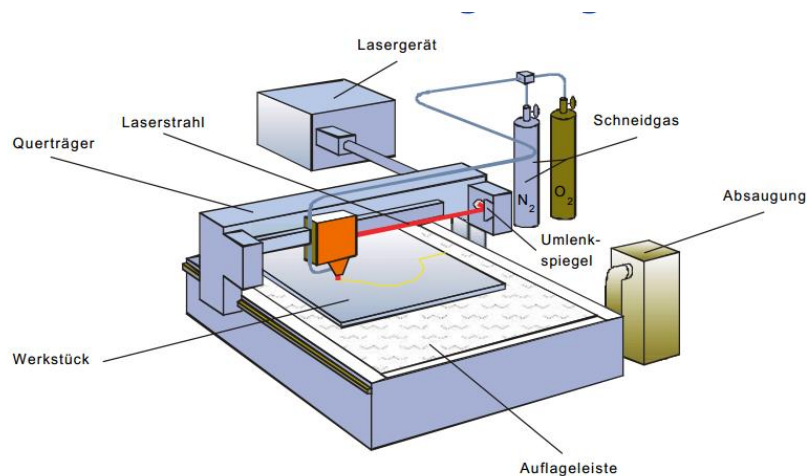


Abb. 9: 2D-Laseranlage [4]

3D-Anlagen

3D-Anlagen schneiden z.B. Konturen in dreidimensionale Werkstücke. Dazu muss die Optik mindestens 5 Bewegungsachsen haben, die 3 Raumachsen und zusätzlich eine Dreh- und eine Schwenkachse. In Sonderfällen kann auch das Werkstück bewegt werden. [6]

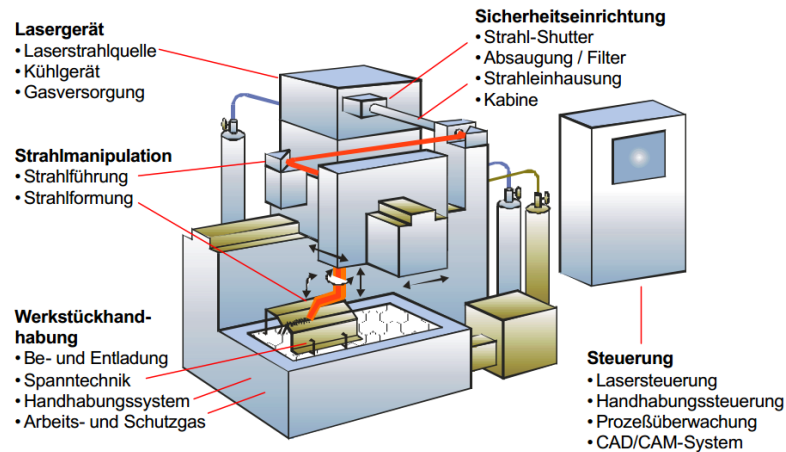


Abb. 10: 3D-Laseranlage^[7]

2.3.6 Lasersicherheit

Das Arbeiten mit dem Laser birgt jedoch auch einige Risiken. Primär gefährdete Körperteile des Menschen sind die Haut und die Augen. Um diese Risiken weitestgehend zu minimieren, werden unterschiedliche, konstruktive Maßnahmen an den Lasermaschinen durchgeführt, um die Laserklasse 1 zu erreichen:

- ✓ Integration des Lasers in den Maschinenrahmen und Kapselung der Strahlführung bis zum Laser-Bearbeitungskopf.
- ✓ Stahlschutz am Laser-Bearbeitungskopf (kombinierter Strahl- und Schlackenspritzschutz).
- ✓ Abgrenzung durch Lichtschranken, die mit dem Sicherheitskreis der Maschine gekoppelt sind.
- ✓ Umhausung des Laser-Bearbeitungsbereichs durch eine geschlossene Kabine.^[6]

3. Spann- und Bearbeitungsmöglichkeiten des Blechzuschnitts

3.1 Spannmöglichkeiten

3.1.1 Komponenten der Spannvorrichtung

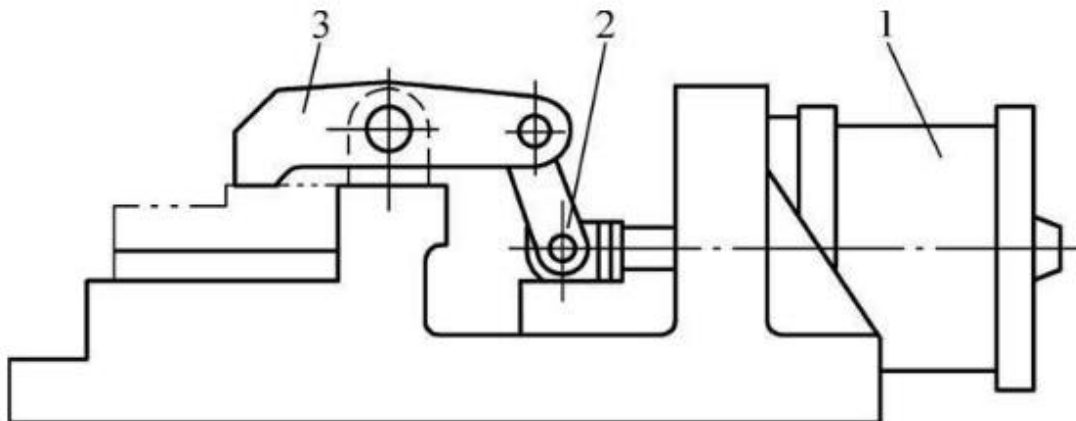


Abb. 11: Komponenten der Spannvorrichtung ^[9]

1. Dynamische Anlage:
Es ist ein Mittel, um die Spannkraft zu erzeugen, und wird in manuelles Spannen und motorisiertes Spannen aufgeteilt.
2. Gestänge:
Änderung der Kraftsrichtung; Änderung der Kraftgröße; Selbstsichernde Leistung
3. Spannelement:
Es ist ein Element, das direkt das Werkstück berührt, um das Spannen zu erreichen.

3.1.2 Kriterien der Bestimmung der Spannkraft

Bestimmung der Spannkraft beinhaltet 3 wesentlichen Faktor, Spannkraftsrichtung, Einflusspunkt und Spannkraftgröße.

Bestimmung der Spannkraftsrichtung:

- 1) Die Werkstückpositionierung soll nicht die Werkstückpositionierung beschädigt werden.
Spannkraft soll auf die Positionierfläche richten.

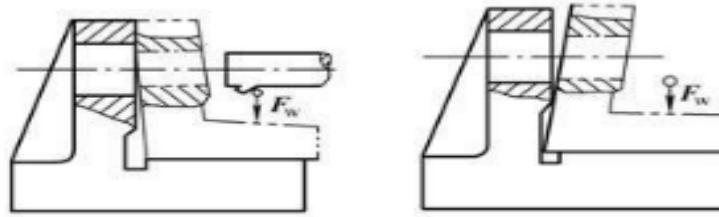


Abb. 12: Spannkraftsrichtung(1) [9]

- Spannkraft soll weitestgehend auf die Richtung von Schneidkraft und Schwerkraft richten, um die Kraftgröße zu minimieren.

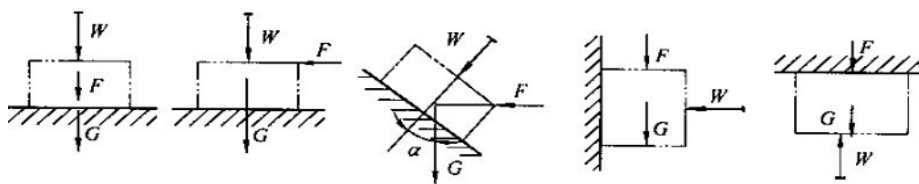


Abb. 13: Spannkraftsrichtung(2) W:Spannkraft F:Schneidkraft [9]

- Die Spannverformung des Werkstücks lässt sich weitestgehend vermeiden. .

Bestimmung des Einflusspunkts:

- Einflusspunkt wird bestimmt, um die Spannkraft auf den Träger aufgebracht zu werden.

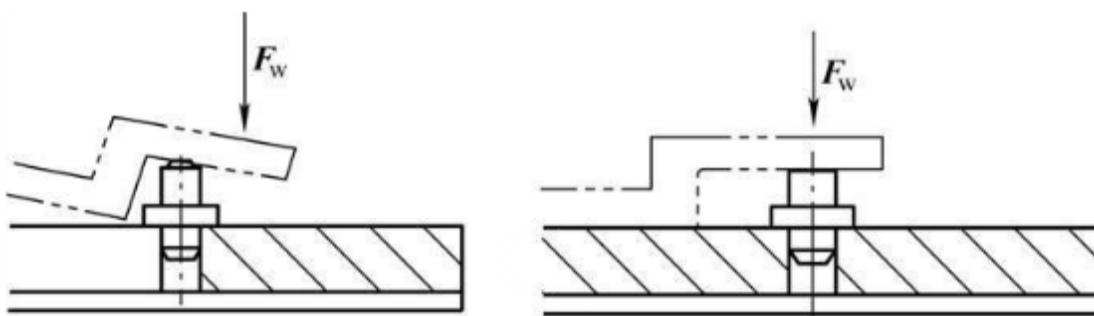


Abb. 14: Einflusspunkt(1): Die Auswahl auf der rechten Seite ist berechtigt. [9]

- In der Bereiche, in denen die Steifigkeit des Werkstücks groß ist, wird der Einflusspunkt ausgewählt.

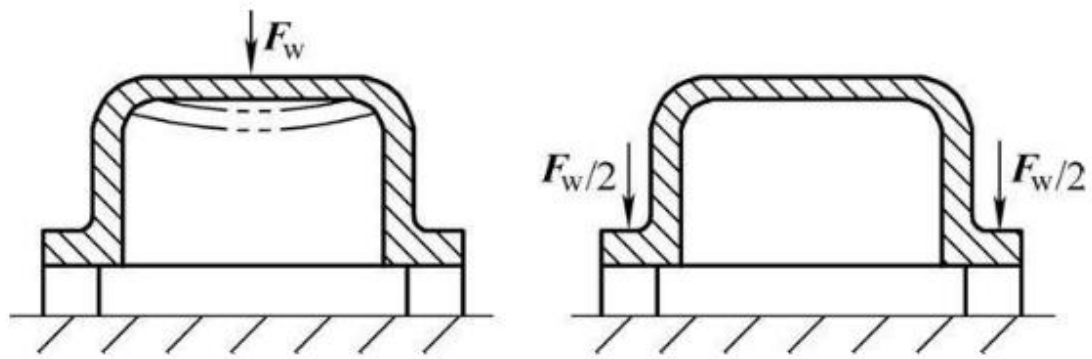


Abb. 15: Einflusspunkt(2): Die Auswahl auf der rechten Seite ist berechtigt. ^[9]

- 3) Der Einflusspunkt wird in der Nähe der Bearbeitungsebene festgelegt, um die Verformung und die Schwingung vom Werkstück zu vermeiden.

Bestimmung der Spannkraftsgröße:

Je nach der Bestimmung von der Spannkraftsrichtung und dem Einflusspunkt, braucht man die geeignete Spannkraftsgröße zu bestimmen.

- 1) Würde die Spannkraftsgröße unzureichend, würde die Verschiebung und die Schwingung vom Werkstück während des Schneidens geschehen.
- 2) Würde die Spannkraftsgröße überdimensional, würde das Werkzeug oder das Werkstück verformt oder beschädigt.

3.1.3 Spannmittel für prismatische Werkstücke

Untergliederung in

- Spannpratzen zum direkten Aufspannen auf den Maschinentisch
- Baukastenspannvorrichtungen (bestehend aus Spannpratzen, Hebelspanner usw.)
- Sonderspannvorrichtungen
- Schraubstöcke

Weitere Untergliederung in manuelle und mechanisierte Spannmittel. Letztere sind z.B. hydraulisch betätigt und eignen sich für den automatisierten Werkstückwechsel.

Ferner unterscheidet man zwischen Einfach- und Mehrfachaufspannung. ^[10]

Schraubstock

Ein Schraubstock besteht aus Backen, zwischen denen das Werkstück eingespannt wird. Während die eine Backe fest montiert ist, kann die andere mit einer Kurbel oder einem bloßen Stab in Verbindung mit einer Gewindespindel bewegt werden. ^[14]

Beim Fräsen:

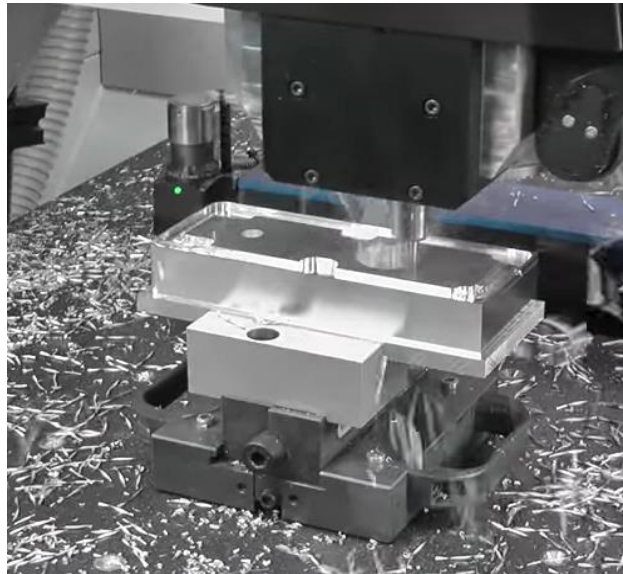


Abb. 16: Schraubstock für prismatische Werkstück^[19]

Spannpratze (Spanneisen)

Das Eisen liegt mit einem Ende auf dem zu spannenden Körper auf, während sich das andere Ende auf einer Unterlage stützt. Die so nah wie möglich am Werkstück angebrachte Schraube ist am unteren Ende in einer mit T-Nuten oder Bohrungen ausgestatteten Platte, Mess- oder Maschinentisch befestigt. Die Spannkraft wird in den häufigsten Fällen durch kräftiges Anziehen einer Mutter aufgebracht. ^[14]

Bei der Laserstrahlschneidbearbeitung:

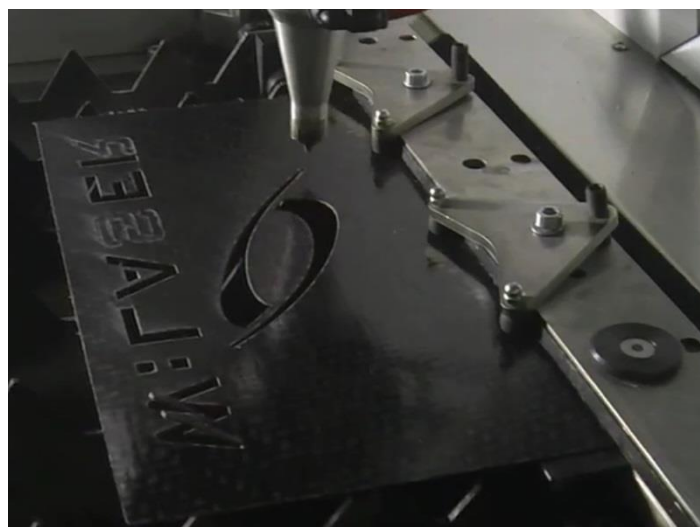


Abb. 17: Spannpratze für Blech^[20]

3.2 Bearbeitungsmöglichkeiten

3.2.1 Stanzbearbeitung

Beim Stanzen werden mit Hilfe des Werkzeugs Formen oder Konturen in das Blech eingebracht. Daraus entstehen die verschiedensten Bauteile für die unterschiedlichsten Anwendungen.

Die Vorteile der Stanzen

Der Vorteil des Stanzens liegt darin, dass mit nur einem Hub, also schnellstmöglich, die vollständige Geometrie ins Blech eingebracht wird. Außerdem erzeugt das Stanzen eine glatte Schnittkante.^[11]

3.2.2 CNC-Laserschneiden

CNC-Laserschneiden ermöglicht eine Fertigung auf höchstem Qualitätsniveau. Es ist ein computergesteuertes innovatives Trennverfahren und kommt in den unterschiedlichsten Branchen der allgemeinen Industrie sowohl bei der Einzelfertigung, aber auch hauptsächlich in der Serienfertigung zum Einsatz. Die CNC-Technologie bietet Anwendern umfangreiche Vorteile und ist heute zu einer unverzichtbaren Basistechnologie geworden.

Die Vorteile der CNC-Laserschneidtechnik

Das CNC-gesteuerte Laserschneiden ermöglicht eine Fertigung komplizierter Werkstücke, die manuell nur schwer und zeitaufwendig hergestellt werden können. Da der Bearbeitungsprozess auf hochtechnologisierten Laserschneidanlagen erfolgt und von Sensoren überwacht wird, ist eine konstante Maßeinhaltung auch bei großen Stückzahlen gewährleistet und die Ausschussrate sehr gering. Die Schnittgeschwindigkeiten sind bei allen Bearbeitungsschritten exakt geregelt und die CNC-Programme können leicht abgeändert werden. Dies kommt zum Tragen wenn kurzfristige Änderungen an der Konstruktion gewünscht werden, um andere Varianten der Werkstücke zu fertigen. So bietet das CNC-Laserschneiden eine hohe Flexibilität und Prozessgenauigkeit und ist gerade in der Großserienfertigung unverzichtbar geworden.^[12]

4. Transportsystem

Die Projektierung flexibler Fertigungssysteme beginnt meistens mit der prinzipiellen Festlegung auf das am besten geeignete Werkstück-transportsystem. Liegen Anzahl und

Typenauswahl der im FFS zu installierenden Maschinen fest, dann erfolgt die Feinplanung der Maschinenanordnung und deren Anbindung an das Transportsystem. Oft ist die Aufstellfläche bereits vorgegeben – und meistens zu klein, sodass keine großen gestalterischen Spielräume verbleiben. Danach richtet sich dann auch das Werkstücktransportsystem. Dabei stehen zur Auswahl:

Lineare, schienengebundene Systeme mit 1 oder 2 Transportwagen.

Rollenbahn- oder Doppelgurt-Systeme mit mehreren Paletten im Umlauf

Flächensysteme mit mehreren induktiv geführten Transportwagen^[13]

4.1.1 Lineare, schienengebundene Systeme

Normalerweise belegt der Transportwagen nur einen Transportplatz. Aber ein Wagen mit zwei Plätzen oder ein zweiter Wagen kann auch nach Bedarf hinzugefügt werden. Die gerüsteten Paletten werden auf Speicherplätzen abgelegt und vom Transportwagen abgeholt.

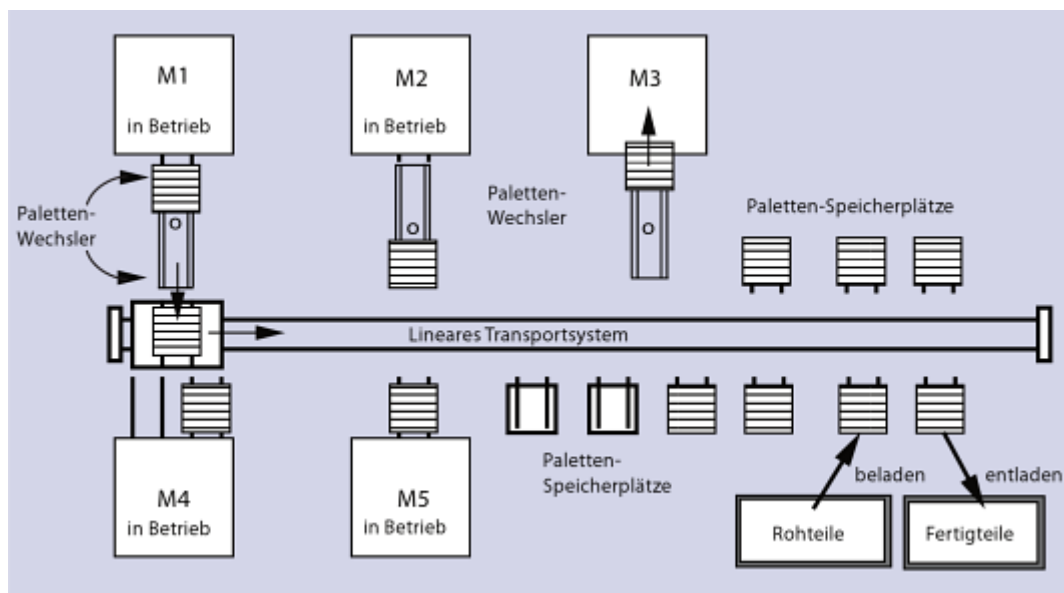


Abb. 18: Lineares, schienengebundenes Transportsystem mit paralleler Anordnung der Maschinen beiderseite der Transportstrecke.^[13]

4.1.2 Rollenbahn- oder Doppelgurt-Systeme

Es gibt keine zusätzlichen Paletten-Speicherplätze. Die unbearbeiteten Werkstücke kreisen auf dem Transportsystem. Der Transportsystem schaltet sich von selbst aus, bis ein beliebiger Eingangszug eines Palettenwechslers frei ist.

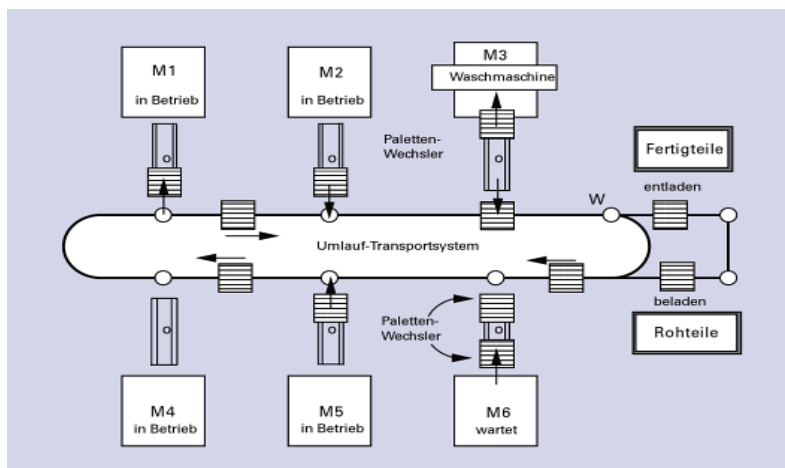


Abb. 19: Paletten-Umlaufsystem mit paralleler Anordnung der Maschinen auf beiden Seiten der Transportstrecke. [13]

4.1.3 Flächenstruktur

Man kann die Maschinen beliebig auf der vorhandene Fläche verteilen. Die Wagen fährt im „Einbahnverkehr“ vom Materiallager zu den Maschinen und zurück. Dadurch werden die Wagen entladen oder mit neuen Werkstücken beladen.

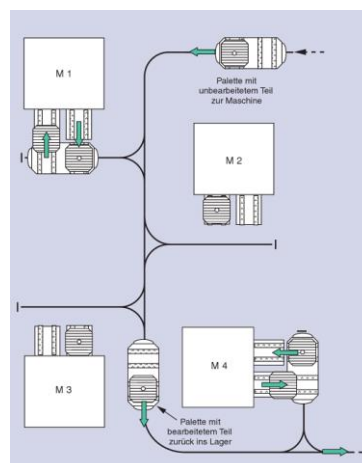


Abb. 20: Flächen-Transportsysteme [13]

4.2 Transportmittel

Für prismatische (kubische) Werkstücke, z.B. Blech, werden in FFS vorrangig Paletten verwendet.

4.2.1 Rollenbänder

Für den Transport der Paletten oder des Werkstücks mit ebener, durchgehender Auflagefläche sind die Rollenbänder geeignet.



Abb. 21: Rollenbänder Quelle: Internet

4.2.2 Förderbänder

Die Förderbänder eignen sich für den Transport der Werkstück auf Paletten. Die aufliegende Paletten werden auf zwei umlaufenden Rollenketten transportiert.



Abb. 22: Förderbänder Quelle: Robotunits

4.2.3 Schienenbahnsysteme

Die Werkstücke werden mit Spannvorrichtungen für den oben aufliegenden oder für den hängenden Transport transportiert. Die Plattformen bewegen sich entlang eines einfachen

oder verzweigten Umlaufbahn vom Materiallager zu den Maschinen und zurück.

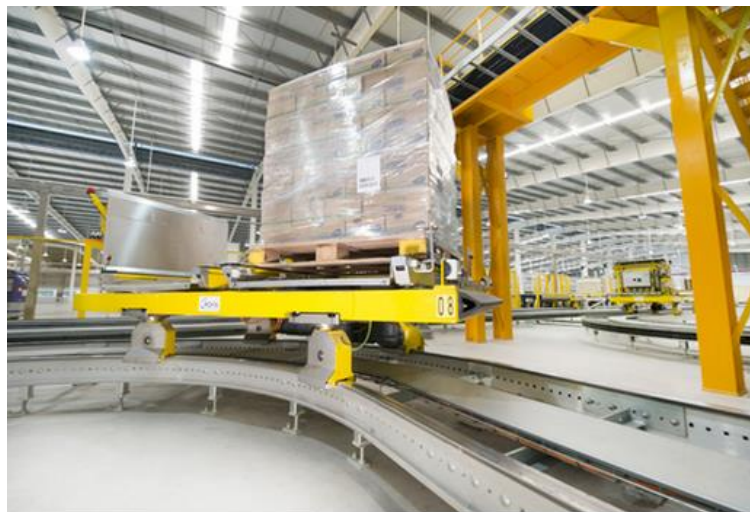


Abb.23: Schienenbahnsysteme^[21]

5. Prozesstechnische und organisatorische Besonderheiten für die Fertigungsabläufe

Ein Flexibles Fertigungssystem ist ein automatisiertes Fertigungssystem, das dazu geeignet ist, mit einem Minimum manueller Eingriffe eine Gruppe oder Familie von Komponenten zu fertigen. Das System ist gewöhnlich so konstruiert, dass es wirtschaftlich kleine und mittlere Stückzahlen einer Familie von Komponenten kleiner und gemischter Losgrößen fertigt. Die Flexibilität wird normalerweise auf die Teilefamilie beschränkt sein, für die es konstruiert wurde.

5.1 Zentrale Planung

5.1.1 Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung der FFS-Hauptkomponenten

Infolge der Komplexität der Aufgabe muss die Planung des Gesamtsystems schrittweise und systematisch erfolgen.

Ausgangspunkt der Betrachtungen sind die Zielvorgaben. Im Ergebnis wird eine strategische Entscheidung zum Vorhaben getroffen.

Um diesen Weg zu beschreiben ist folgende Schrittfolge sinnvoll.^[18]

Tabelle 1: Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung eines FFS^[18]

Schritt	Durchzuführende Maßnahme	Hilfsmittel
1	Ermittlung des Fertigungsanforderungsprofils (gesamtes Teilesortiment)	Ähnlichkeitsbetrachtungen

2	Auswahl der Systembausteine (z.B. Festlegung der Maschinentypen nach den zu realisierenden Fertigungsverfahren)	Bausteinkataloge
3	Festlegung des Systemlayout (z.B. Variantenvergleich nach Maschinentypen bzw. Materialflussbedingten Maschinenaufstellungsplänen)	Simulation
4	Technisch/wirtschaftliche Bewertung (z.B. Anforderungserfüllung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung)	Bewertungskataloge

Grundvoraussetzung für einen effektiven Einsatz eines FFS unter den jeweiligen betrieblichen Bedingungen ist die Kenntnis des konkreten Teilesortimentes für das auszulegende System bereits in dessen Planungsphase. Die Bestimmung des Fertigungsanforderungsprofils erfolgt auf der Basis der Bildung so genannter Teilefamilien. Die Merkmalsverteilung im ausgewählten repräsentativen Teilespektrum sollte nach Möglichkeit der im gesamten Teilesortiment entsprechen. Je besser dies gelingt, desto genauer können die Bearbeitungsanforderungen wiedergegeben werden. ^[18]

Die Merkmale, nach denen eine Bearbeitungsaufgabe beschrieben werden kann, sind in folgender Tabelle aufgelistet.

Tabelle 2: Inhaltliche Schwerpunkte bei der Beschreibung der Bearbeitungsaufgabe ^[18]

Merkmal	Beschreibungsgrößen (Auswahl)
Bauteilcharakteristik	Werkstoff Ausgangsform Funktionsflächen
Organisatorische Daten	Teilefamilien und Stückzahlen Variantenanzahl Losgröße/Wiederholhäufigkeit ...
Geometrie der Formelemente	Krümmungen/Radien Toleranz ...
Geometrie des Werkstückes	Größe Art und Anzahl der Formelemente Art der Außenform (z.B. einseitig steigend) ...
Technologische Daten	Werkstoff/Härte/Zerspanbarkeit Toleranzanforderungen Wärmebehandlung ...

Abgeleitete Maschinenanforderungen	Genauigkeit/Verfahren Drehzahlabstufung Leistung ...
------------------------------------	---

Die Kenntnis dieser Sachverhalte ist Voraussetzung für Ermittlung von Art, Bauform und Ausstattung der Maschine und der erforderlichen Fertigungshilfsmittel (FHM).

Weiterhin ist zu beachten, dass auf diesem System zukünftig auch Teile bearbeitet werden sollen, die zum Zeitpunkt der Planung des FFS noch nicht exakt beschrieben werden können. ^[18]

Bei der Werkstückanalyse ist es jedoch ebenfalls erforderlich, die Aspekte Vorrichtungs- und Werkzeugbedarf zu berücksichtigen. Gleichfalls sind die technologisch bedingten und im System wie Werkzeuge zu handhabenden Prüf- und Messmittel dabei in die Betrachtungen einzubeziehen. Unabhängig davon, welcher der angeführten Planungsansätze gewählt wird, muss die Formulierung der durch die Systemkomponenten zu realisierenden Anforderungen in Form von Pflichtenheften für jede einzelne Systemkomponente und für das Gesamtsystem erfolgen. ^[18]

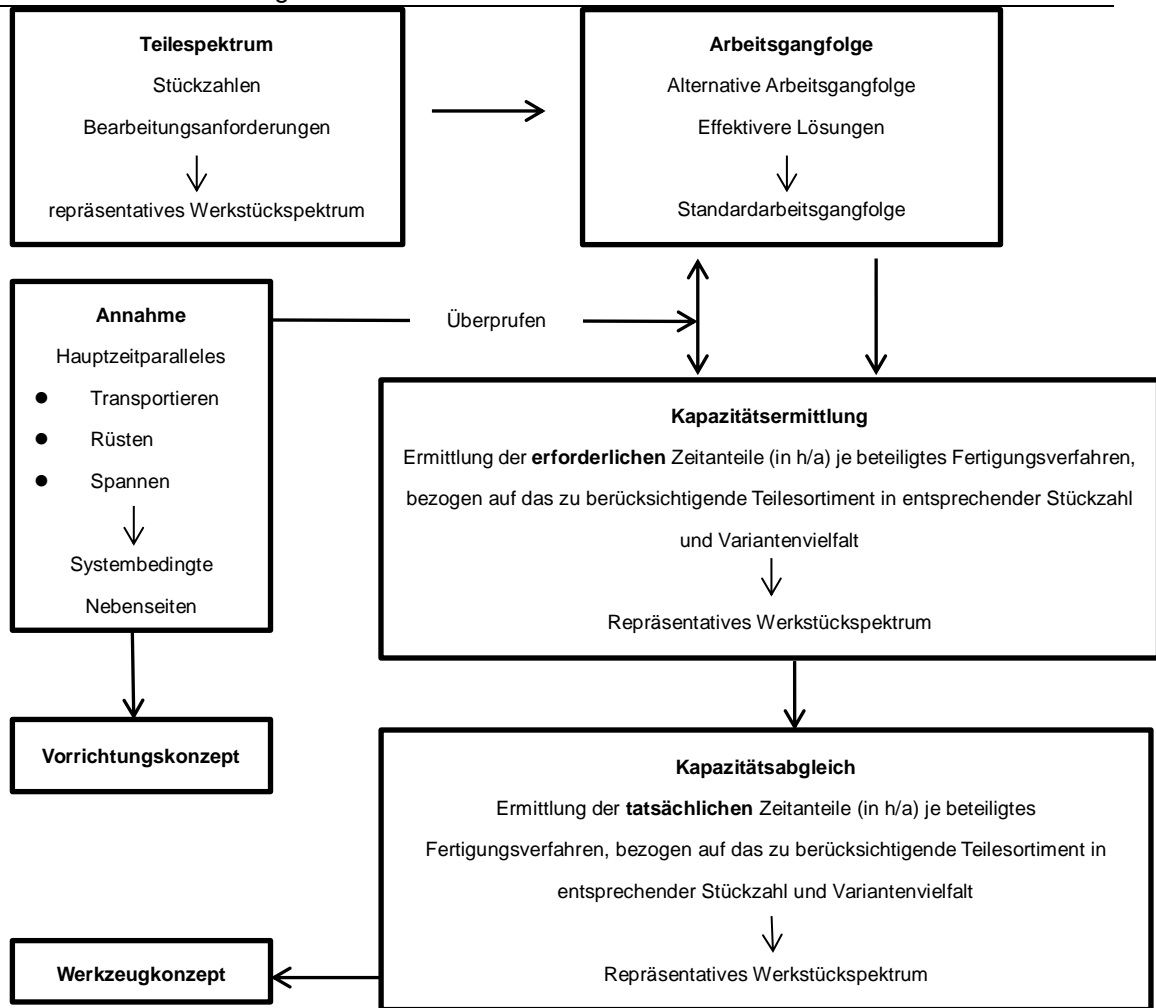


Abb. 24: Vorgehensweise bei der Planung von Maschinenkonzepten^[18]

Ausgehend von einem Grobkonzept bis hin zur Auswahl der einzelnen Elemente der Systemkomponenten (z.B. Maschinen) sowie deren genaue Anordnung zueinander (Maschinenaufstellungsplan) erfolgt die Festlegung des Systemlayouts in iterativen Schritten.

Die Simulationstechnik ermöglicht in diesem Planungsschritt die Abbildung und technische Bewertung unterschiedlicher Szenarien. Die Simulation kann entweder ereignisorientiert (z.B. Bestimmung der Maschinenauslastung oder kontinuierlich (z.B. Darstellung komplexer Bewegungsabläufe) durchgeführt werden. Durch die Bildung von so genannten Repräsentativarbeitsplänen kann der Aufwand für die Simulationsuntersuchung auf ein vertretbares Maß reduziert werden.^[18]

Tabelle 3: Alternative Planungsansätze zur Ableitung des Maschinenkonzeptes^[18]

Planungsschritt	Inhaltliche Schwerpunktsetzung		
Planungs- voraussetzung	Werkstückanalyse (organisatorische und technologische Daten, Geometrie der Form-elemente und des Werkstückes)		
Planungsansatz	technologieorientiert	vorrichtungsorientiert	werkzeugorientiert
Planungsinhalt	Bearbeitungskonzept: - Verfahrensintegration - Verfahrenssubstitution ↓ Pflichtenheft	Vorrichtungskonzept: - Art - Anzahl - Identifikation ↓ Pflichtenheft	Werkzeugkonzept: - Art - Anzahl - Identifikation ↓ Pflichtenheft
Planungsergebnis	Maschinenkonzept (z.B. Arbeitsraumgröße, Leistung, Palettengröße)		

5.1.2 Durchlaufzeit

Die Kosten eines Produktes beziehungsweise eines Auftrages werden, soweit sie den Fertigungsprozess durchlaufen, in wesentlichen Teilen von der Durchlaufzeit bestimmt. Die Erzielung optimaler Durchlaufzeiten im Fertigungsprozess ergibt einen schnelleren Produktdurchlauf, kürzere Fertigungszeiten, eine bessere Nutzung der betrieblichen Ressourcen und damit eine höhere Rentabilität.^[23]

5.1.2.1 Welche Bedeutung hat die Durchlaufzeit?

Eine allgemeine Definition lautet: Die Durchlaufzeit ist die Zeit, welche für die Fertigung eines Auftrages benötigt wird. Die Durchlaufzeit beginnt ab dem Vorliegen des Auftrages in der Fertigung und endet mit seiner Fertigstellung. Die Durchlaufzeit lässt sich weiter unterteilen in die Rüstzeit, die Bearbeitungszeit, die Transportzeit und die Liegezeit.

Das Problem in vielen Unternehmen ist, dass die Zeit, welche für die Durchführung eines Fertigungsauftrages benötigt wird (z. B. die Fertigung von Teilen), nur zu einem geringen Teil aus der eigentlichen Bearbeitungszeit für die Teile besteht. Ein Großteil der Durchlaufzeit wird benötigt für die Rüstzeit, die Transportzeit und vor allem die Liegezeit. In der betrieblichen Produktion, Planung und Steuerung der Fertigungssysteme spielt die Durchlaufzeit eine entscheidende Rolle. Außerdem ist sie in der Kosten- und Leistungsrechnung bzw. in der Prozesskostenrechnung von Bedeutung.^[23]

Die Durchlaufzeit lässt sich weiter unterteilen in:

- Rüstzeit,
- Bearbeitungszeit,
- Transportzeit sowie
- Liege- oder Lagerzeit.

Rüstzeit

Die Rüstzeit ist der Zeitbedarf für die Einstellung und Umrüstung einer Maschine für einen Fertigungsauftrag. Sie umfasst das Vor- und Nachbereiten einer Maschine oder eines Auftrages. Dies kann z. B. das Auswechseln eines verbrauchten Bohrers in der Bohrmaschine sein.

Bei der Berechnung des Zeitbedarfes eines zu fertigenden Teiles wirkt sich eine lange Rüstzeit negativ aus. Dies ist besonders dann der Fall, wenn nur kleine Mengen pro Auftrag zu fertigen sind (kleine Losgrößen). Wenn nach der Fertigung von kleinen Losgrößen sofort wieder zeitaufwändig umgerüstet werden muss, entstehen zu hohe Rüstkosten, die das Produkt verteuern. Moderne Maschinen wie CNC-Maschinen (Computer Numeric Control) ermöglichen einen schnellen Werkzeugwechsel, können mehrere Bearbeitungsschritte an einer Maschine durchführen und sind damit rationell und effektiv einsetzbar. ^[23]

Bearbeitungszeit

Die Bearbeitungszeit umfasst den Zeitraum, in welchem das Produkt bearbeitet wird. Bei anspruchsvollen Produkten kann ein Produkt z. B. zwanzig unterschiedliche Bearbeitungsstätten durchlaufen. Die Bearbeitungszeit für einen Auftrag kann durch folgende Formel ermittelt werden.

$$\text{Bearbeitungszeit} = \text{Auftragsmenge (z. B. 10 Stück)} \times \text{Stückzeit (z. B. 30 Minuten)}$$

Die reine Bearbeitungszeit wäre danach 300 Minuten bzw. 6 Stunden.

Durch den Einsatz der Arbeitsvorbereitung bzw. durch vorherige Ermittlung der Arbeitszeiten oder die Anwendung von REFA-Zeitaufnahmen können Sie die Bearbeitungszeit optimieren.

Transportzeit

Unter Transportzeit versteht man den Zeitbedarf für die Ortsveränderung der Werkstücke und Produkte von einem Arbeitsplatz zum anderen. Die Teile werden z. B. durch Fließbänder, Gabelstapler oder fahrerlose Transportsysteme (FTS) transportiert. Bei großen Werken und vielen Bearbeitungsstellen kann die Gesamttransportstrecke bis zur Fertigstellung oft mehrere Kilometer betragen.

Liegezeit oder Lagerzeit

Die Liege- oder Lagerzeit ist der zeitliche Puffer zwischen der Anlieferzeit eines Auftrages am Arbeitsplatz und der Arbeitsaufnahme des Auftrages bzw. der Fertigung des Teiles. Da die gesamte Fertigung eines Teiles aus vielen Arbeitsgängen bestehen kann, lagern die Teile unter Umständen über zwanzigmal vor dem eigentlichen Produktionsvorgang und warten auf freie Maschinen- und Arbeitskapazitäten für die Produktion. Die Liegezeit eines Auftrages kann, gemessen an der gesamten Durchlaufzeit, über 80 % betragen. ^[23]

5.1.2.2 Durchlaufzeitermittlung eines Fertigungsauftrages

Abbildung 24 zeigt die Bestandteile der Durchlaufzeit eines Fertigungsauftrages. In der Praxis tritt dabei die Problematik zutage, dass oft nur 20 % der Durchlaufzeit die eigentliche Bearbeitungszeit des Auftrages ausmachen.

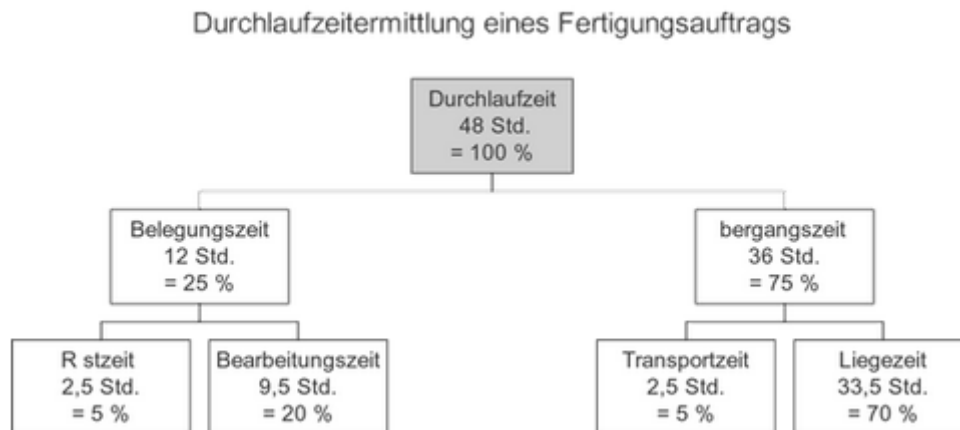


Abb. 25: Bestandteile der Durchlaufzeit ^[23]

Praxis-Beispiel

Bei einer Untersuchung der Durchlaufzeiten in der Einzel- und Kleinserienfertigung wurden an 32 Arbeitsplätzen 9.000 Arbeitsvorgänge über vier Monate analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass die eigentliche Bearbeitungszeit in der Regel weniger als 10 % der Durchlaufzeit beträgt. Auf die Liege- bzw. Lagerzeiten entfielen 85 %, während die Transport- und Rüstzeiten nur insgesamt 5 % betragen. Von den 85 % Lagerzeiten waren wiederum 75 % ablaufbedingt, während nur 10 % der Lagerzeit störungsbedingt anfielen bzw. durch Menschen verursacht wurden.

Für einen wirtschaftlichen Fertigungsprozess ist es daher ausschlaggebend, entsprechende Methoden zur Verkürzung der Durchlaufzeiten anzuwenden. ^[23]

5.1.2.3 Zusammenhänge der Zeitanteile

Das Vorgehen zur Berechnung des vereinfachten Durchlaufes soll zunächst allgemein anhand von Abbildung 25 diskutiert werden. Die Durchlaufzeit ZDL errechnet sich aus der Differenz der Abmeldezeitpunkte TBEV und TBE. Um die Übergangszeit ZUE errechnen zu können, muss die Durchführungszeit ZDF bekannt sein. Sie ergibt sich aus der um den Zeitgrad GZE korrigierten Auftragszeit ZAU, bezogen auf die Tageskapazität TKAP des betrachteten Arbeitssystems. Die Auftragszeit setzt sich für ein Los wiederum aus der Rüstzeit ZR und der Bearbeitungszeit je Auftrag ZBA zusammen. ZBA ist schließlich das Produkt aus der Bearbeitungszeit je Einheit ZBE und der Losgröße M. ^[26]

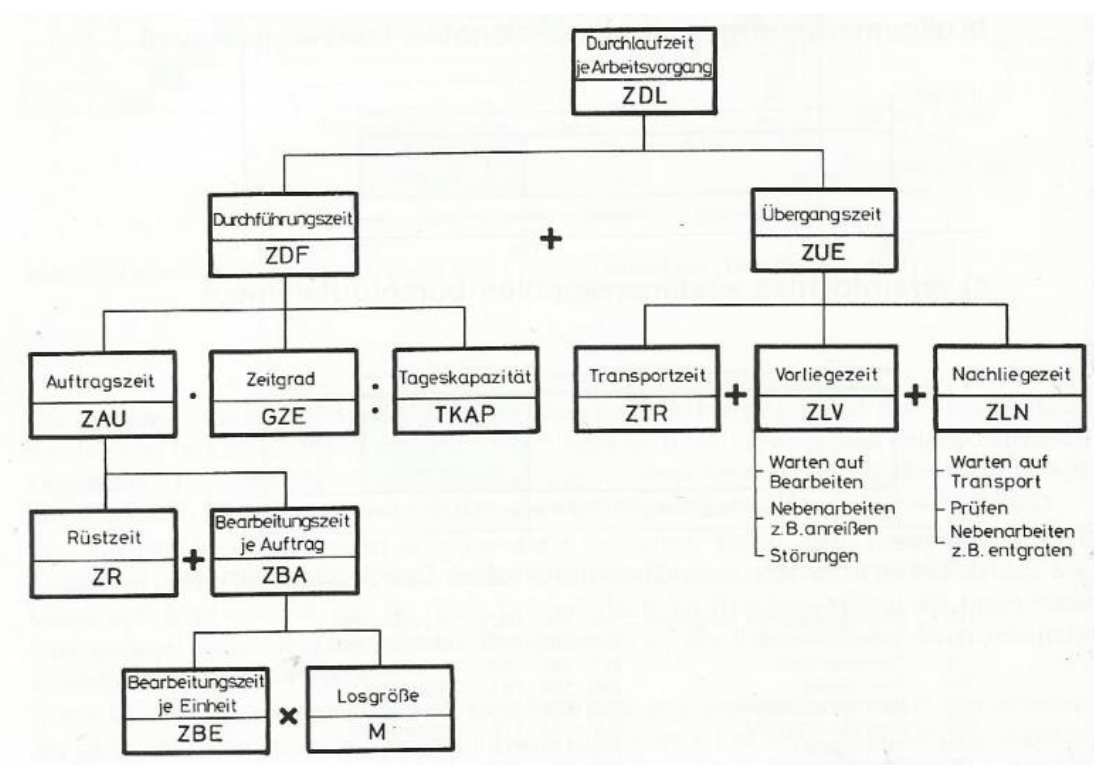


Abb. 26: Zusammensetzung der Durchlaufzeit an einem Arbeitsplatz [Erdlenbruch, IFA] [26]

Die Übergangszeit besteht aus den Komponenten Transportzeit ZTR und den Liegezeiten ZLN und ZLV. Die Transportzeit spielt nur bei einer schlechten Transportorganisation eine sonstige Tätigkeiten an diesem Arbeitsplatz enthalten, für die im Arbeitsplan keine Zeitvorgabe besteht; z. B. Für Anreißen, Reinigen oder Entgraten der Werkstücke. Auch Störungen bedingen Liegezeiten, sind aber nur bei hochautomatisierten Fertigungs- und Montageanlagen von Bedeutung, die mit Taktzeiten im Minuten- und Sekundenbereich arbeiten. Der weitaus überwiegenden Anteil an der Übergangszeit ist die Liegezeit in der vor dem Arbeitsplatz befindlichen Warteschlange. Nur in besonderen Fällen, z. B. Bei einer Schwachstellenuntersuchung, wird man diese Komponenten durch Erfassen der Einzelzeitpunkte ermitteln und auswerten. [26]

5.2 Prozesstechnik

5.2.1 Informationssystem

5.2.1.1 Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung des Informationssystem

Alle vorhandenen Schnittstellen zwischen den Systemkomponenten müssen von Anfang an in die Planung einbezogen und aufeinander abgestimmt werden, um zu gewährleisten,

dass ein späterer problemloser Ausbau möglich ist.

FFS beruhen somit auf einem neuen Grundkonzept der Automation dessen Kernstück das Fabrikdatennetz ist.

Es verbindet alle unternehmensinternen, anwendungsorientierten Rechner mit dem zentralen Leitreechner und der betrieblichen Datenbank.

Die Hauptbestandteile eines Rechnerverbundes sind

- anwendungsorientierte Rechner oder Terminals mit Eigenintelligenz
- elektronische Datenerfassung und -überwachung sowie
- Leitsysteme. ^[18]

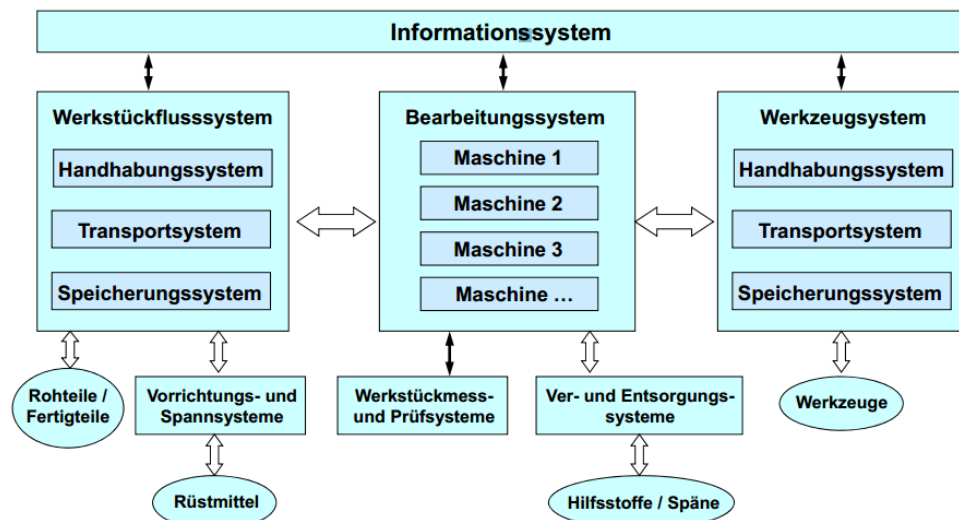


Abb. 27: Komponenten und Schnittstellen eines flexiblen Fertigungssystems^[17]

5.2.1.2 Steuerung von FFS

Da ein FFS aus mehreren, auch stark betriebsbaren Einzelkomponenten besteht und über ein zentrales Leitsystem mit Informationen in Form von Daten versorgt wird, ist seine Steuerung eine sehr komplexe Aufgabe, deren Lösung auf dem Prinzip der verteilten Intelligenz beruht. ^[18]

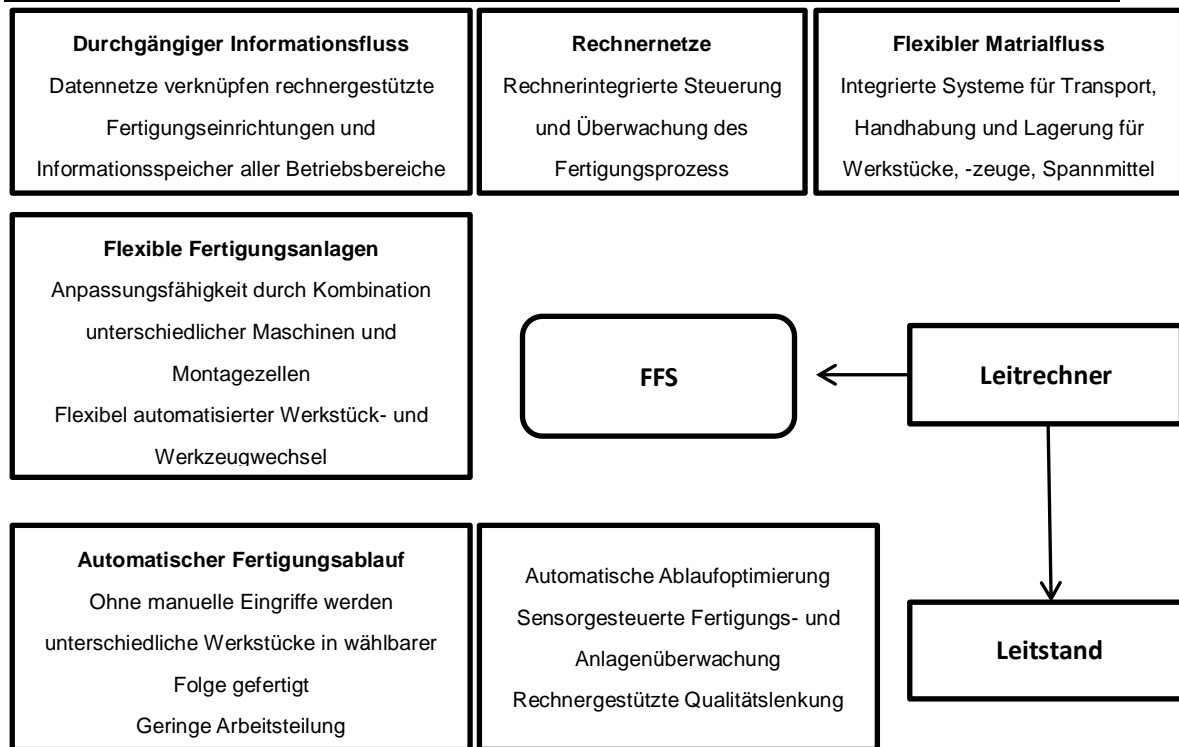


Abb. 28: Informations- und Materialfluss in der flexiblen Fertigung^[18]

5.2.1.3 CNC-Steuerung eines FFS

Die wichtigsten Aufgaben dieser computergestützten Steuerung zur numerischen Verarbeitung der Daten in Form von CNC-Befehlen bestehen in der präzisen Steuerung der Bewegungsachsen und in der konkreten, zeitgenauen Ausführung der Schaltinformationen. Liegt eine höhere Ausbaustufe dieser Fertigungseinrichtung vor (z.B. Bearbeitungszentrum, Fertigungszelle oder Fertigungssystem), dann müssen weitere zusätzliche Anforderungen durch die CNC erfüllt werden. Demnach wird diese Steuerung wie folgt definiert:

Die CNC ist eine leistungsfähige Steuerung, die je nach Ausbaustufe mittels einem oder mehrerer Mikrocomputer technische und technologische Informationen numerisch verarbeiten und an entsprechende Stellglieder weitergeben kann. Dadurch werden mechanische Vorgänge ausgelöst, die zur zielgerichteten Beeinflussung eines Werkstückes und/oder eines Prozessschrittes führen und in deren Ergebnis die Komplettbearbeitung eines Teiles entsprechen dem in Programmform vorliegendem Arbeitsplan erfolgt, wobei alle erforderlichen Haupt- und Nebenprozesse berücksichtigt werden.^[18]

5.2.1.4 Programmierung im FFS

Um ein FFS gemäß Abbildung 29 beschreiben zu können, sind nicht nur die direkten

werkstückverändernden Informationen von Bedeutung, sondern alle dazu notwendigen vorbereitenden (z.B. Werkzeug- und Werkstückeinwechslung) sowie nachbereitenden (z.B. Qualitätskontrolle und Späneentsorgung) Maßnahmen programmtechnisch zu verarbeiten. Denn die Wirtschaftlichkeit jeder NC-Fertigung ist von der reibungslosen Versorgung mit fehlerfreien und zeitoptimierten NC-Programmen abhängig.

Die Programmierung von FFS ist grundsätzlich durch drei wesentliche Aspekte gekennzeichnet:

Eine häufig erforderliche Verknüpfung von Programmen, die aufgrund der Bearbeitung vielfältiger Teile in teilweise sehr kleinen Stückzahlen zu Stande kommt

Einen Programmlauftest (Simulation und maschinenintern ohne Werkzeugeingriff) vor der Freigabe der Produktion

Oft eintretende Programmänderungen und –modifikationen.

Aufgrund dieser genannten Erfordernisse sind bei der programmtechnischen Vorbereitung eines FFS folgende Schritte durchzuführen:

- Werkstückprogrammierung
- Materialflussprogrammierung
- Werkzeugflussprogrammierung
- Werkzeugdatenprogrammierung
- Simulation des Bearbeitungsablaufes. ^[18]

5.2.2 Grundbaustein der flexiblen Automation

Automation ist das Ergebnis der Kopplung von Produktion und Information. Ihre Aufgabe besteht darin, unterschiedliche Werkstücke in beliebiger Reihenfolge und in wechselnden Losgrößen wirtschaftlich zu fertigen. Diese Tatsache erfordert Schnittstellen zwischen allen Bereichen und Abteilungen. Die bei der FFS-orientierten Betrachtung anfallenden Aufgaben müssen später auch ein CIM-System (CIM: Computer Integrated Manufacturing) übertragbar sein, so dass es zur informationellen Vernetzung der beteiligten Bereiche kommt. ^[18]

5.2.2.1 Werkzeugmagazin und Werkzeugwechsel

Der vollautomatische Ablauf aller maschineninternen Vorgänge nach dem Aufspannen des Werkstückes bis zum Ende der Bearbeitung ist das Hauptmerkmal eines jeden Bearbeitungszentrums.

Die personengebundenen Aufgaben beziehen sich in diesem Zusammenhang auf die Tätigkeiten

- Werkstück auf- und abspannen
- Maschinen- und Werkzeugüberwachung und
- Prozesskontrolle

d.h. Verfolgung des reibungslosen Bearbeitungsablaufes sowie Qualitätsüberwachung am fertigen Werkstück.

Bezüglich Werkzeugmagazinierung und –wechsel gilt:

Die für die Bearbeitung eines vorgesehenen Teilesortimentes erforderliche Werkzeuganzahl bestimmt die Größe des Werkzeugmagazins und die Notwendigkeit der erforderlichen Umrüstungen dieses Magazins.

Austauschbare Kassetten ermöglichen die Werkzeugbereitstellung außerhalb der Maschine.

Die Werkzeugdaten werden über das DNC-System eingelesen oder nach dem Einwechseln vom Roboter mit einem speziellen Lesekopf nacheinander gelesen und in der CNC-Steuerung unter der richtigen Platznummer gespeichert.

Sonderwerkzeuge, wie beispielsweise Mehrspindelköpfe, Winkelfräsköpfe und überlange Bohrstangen, werden in speziellen Pick-Up-Magazinen aufgenommen.^[18]

5.2.2.2 Automatischer Düsenwechsler bei dem Laserstrahlschneiden

Alle anzuwendene Düsen liegen im wie folgenden Düsenmagazin. Die Platznummer der Düsen in der CNC-Steuerung gespeichert. Die Optik bewegt sich zu dem freien Platz, und die Düse wird entladen. Dann bewegt sie sich weiter zu dem Platz, auf dem die anzuwendende Düse liegt, und die neue Düse wird beladen.

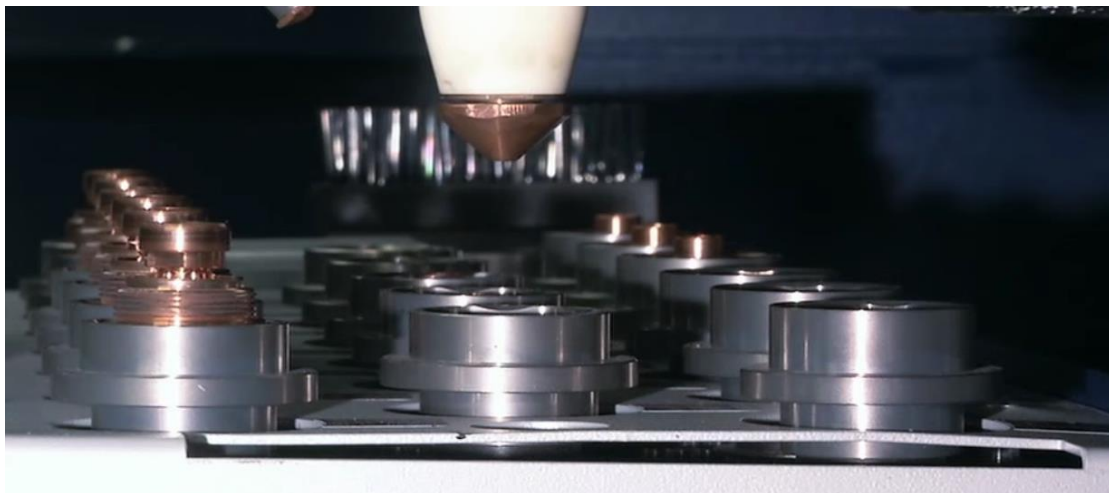


Abb. 29: Düsenwechsler^[4]

5.2.2.3 Werkstückspeicher mit Wechseinrichtung

Automatische Palettenwechseinrichtungen ermöglichen das Auf- und Abspannen während der Hauptzeit.

Um über einen längeren Zeitraum, beispielsweise eine Schicht, bedienarm automatisch

fertigen zu können, ist es erforderlich, vor der Maschine einen Palettenpeicher vorzusehen und diesen mit einer gleichfalls automatisieren und steuerungsseitig mit dem Werkstücktransportsystem und der Maschine gekoppelten Wechseinrichtung zu verbinden.

In diesem Zusammenhang existieren derzeit folgende technische Lösungen für die Werkstückspeicherung und den Werkstückwechsel unter automatisierten Fertigungsbedingungen:

Integrierte Palettenpeicher (automatische Palettenübergabe in die Maschine)

Separate Palettenpeicher (einer Maschine fest zugeordnet)

Palettenwechsler (Übergabestation zu computergesteuerten Flurförderfahrzeugen)

Roboter (Be-/Entladung der Maschinen oder der Spannvorrichtungen).^[18]

5.2.2.4 Automatischer Blechwechsler bei dem Laserstrahlschneiden

Die Bleche werden automatisch mit einem Industrieroboter von dem Abstellplatz an der „Schienenbahn“ entnehmen, und zu dem Übergabeplatz an der Laserschneidmaschine gelegt.



Abb. 30: Blechwechsler mit Industrieroboter^[22]

5.2.2.5 Kühlmittelversorgung und Späneentsorgung

Da die Bearbeitungseinrichtungen in automatisierten Fertigungslösungen allgemein eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen, sind für eine wirtschaftliche Fertigung auch entsprechende Bearbeitungswerkzeuge erforderlich. Ein wesentliche Kennzeichen der Wirtschaftlichkeit ist in diesem Zusammenhang das erreichbare Spanvolumen pro Zeiteinheit.

Damit die Schnittdaten und Standzeiten dieser Werkzeuge möglichst optimal genutzt

werden können, müssen die speziellen Werkzeuge für die Stahl- und Gussbearbeitung mit dem entsprechenden Kühlmittel in großer Menge versorgt werden. Bzüglich des Werkstückes ergibt sich daraus der positive Nebeneffekt, das es während des Zerspanungsvorganges nur geringfügig erwärmt wird und damit weitgehend verzugsfrei bleibt. Durch Zuführung des Kühlmittels unter definiert hohem Druck kann das bearbeitete Werkstück bereits in der Maschine von Spänen gereinigt werden. ^[18]

5.3 Zusammenfassung und Bewertung

Bei der Fertigungsflexibilisierung sind nicht nur das rechnerunterstützte Werkzeugmanagement, sondern auch die automatische Werkzeugversorgung mit zentralem Werkzeuglager und angeschlossener Werkzeu gvoreinstellung von zunehmender Bedeutung.

Man hat das Informationssystem des FFS hierarchisch aufgebaut. Dieses System besteht am grundlegendsten aus den CNC-Maschinensteuerungen. Darin verarbeitet man die Geometriedaten und die technologischen Daten für den Bearbeitungsprozess. Die Systemsteuerung bzw. der Zellenrechner mit der Werkstückdaten-, Werkzeugdaten- und NC-Programmverwaltung, Rechnerkopplung, Produktionsdatenerfassung und der Auftragseingabe werden durch die Koordination mehrerer CNC-Steuerungen übernommen.

Um die geeigneten technischen Lösung für Werkstücktransport, -speicher und -wechsel auszuwählen, sind dabei das Werkstückgewicht, die Handhabbarkeit der Werkstücke, räumliche Bedingungen in der Produktionshalle, zeitliche Kriterien und auch Kostenfragen wichtig zu berücksichtigen.

Die gebräuchlichsten technischen Lösungen für den Werkstücktransport sind mit schienengebundenem geführtem Flurförderfahrzeug, mit Portallader oder mit Rollenbahnsystemen.

Die Größe des Werkzeugmagazins und die Notwendigkeit der erforderlichen Umrüstungen dieses Magazins wird durch die Werkzeuganzahl bestimmt, die für die Bearbeitung eines vorgesehenen Teilesortimentes erforderlich ist.

Man verwendet der Werkzeugaustausch im Revoler einer Drehzelle, um die Rüst- und Nebenzeiten besser zu reduzieren. Und wenn die Werkzeugstandzeit voll ausgenutzt wird, werden die Werkzeugbestände verringert und die Kosten eingespart.

Die gebräuchliche Lösung für den Werkstückwechsel ist automatische Palettenwechseleinrichtung. Da wird das Auf- und Abspannen der Werkstücke während der Hauptzeit erfolgt, sodass die Rüst- und Nebenzeiten reduziert werden.

6. Laserstrahlschneidbearbeitung im flexiblen Fertigungssystem

6.1 Der automatische Ablauf im flexiblen Fertigungssystem

Das Grundlayout eines flexiblen Fertigungssystem ist wie folgende Abbildungen aufgezeigt. Diese Layout entspringt Bezugsstücke aus Nachschlagewerke (CNC-Handbuch und Fertigungssysteme; Prof. Dr.-Ing.R.Kademann). Ich habe teilweise modifiziert.

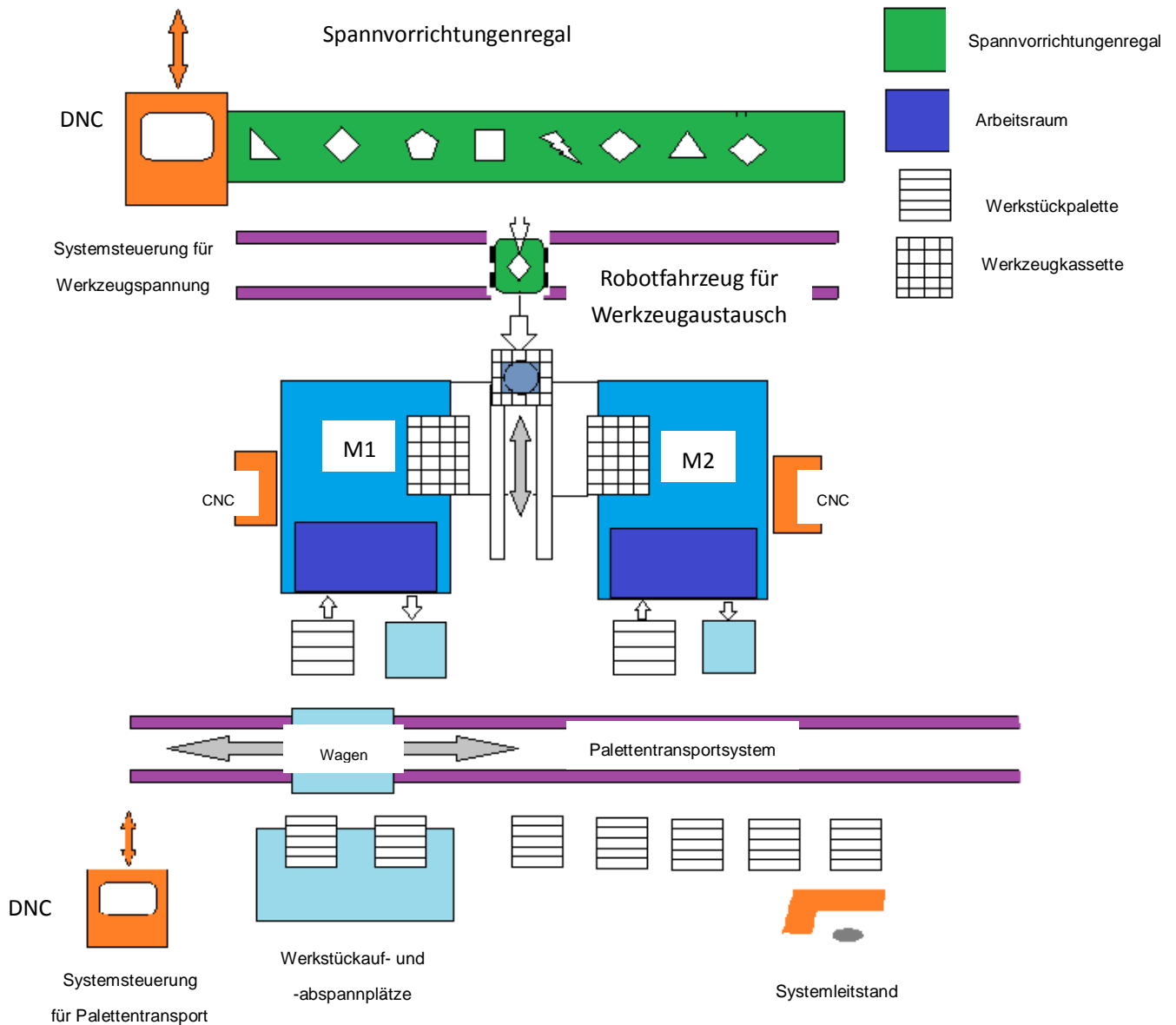


Abb. 31: Grundlayout eines flexiblen Fertigungssystems

Die unterschiedliche abholbereite Werkstücke steht auf den Palettenabstellplätzen, und in Warteposition befindet der Transportwagen sich für den nächsten Transportauftrag. An den beiden Spannplätzen werden die bearbeiteten Werkstücke mit einen Industrieroboter von den Spannvorrichtungen entnehmen und die neue Rohteile aufgespannt.

An den Maschinen befindet sich zwei Paletten-Übergabepätze. Die Linke ist für das ankommende, unbearbeitete Werkstück, und die Rechte ist für das abholbereite, bearbeitete Werkstück. Palettendrehwechsler wird dabei auch eingesetzt. Man verfügt über die Maschinen durch die CNC-Steuerung für die Bearbeitung unterschiedlicher Werkstücke bei den Maschinen und jede Maschine ist mit den dazugehörigen Werkzeugen ausgerüstet. Weiterhin sind eine Waschmaschine und eine Messmaschine oder Sondermaschine in diesem flexiblen Fertigungssystem verbindet.

Die Werkzeug- und Werkstückdaten werden über entsprechendes DNC-System eingelesen. In der CNC-Steuerung wird die Platznummer gespeichert. Aller Paletten- und Kassetenaustausch erfolgen mit CNC-Steuerung.

Das Robotfahrzeug transportiert entsprechende Werkzeuge zur Bearbeitungsmaschinen. Der automatische Werkzeugaustausch erfolgt mit dem Roboter.

Vom linken Platz an der Maschine hat die Maschine die bereitstehende Palette zum Bearbeitungsraum übernommen. Nach der Bearbeitung wird die Palette auf dem rechten wechselplatz abgestellt. Der Transportwagen im Palettensystem kann die neue Palette bringen von Palettenabstellplätze zur Maschine, und die fertige Paletten abholen.

6.2 Erläuterung der Zusammenhänge an einem selbstgewählten Beispiel

6.2.1 Subsysteme und Bestandteile des flexiblen Fertigungssystem

- **Leitrechner, Messstationen, Zentralüberwachung und Fehler-Diagnosesystem**

- **DNC-System**

Eine DNC-System zur automatischen Verwaltung und Bereitstellung der CNC-Programme und der Korrekturwert für Werkzeug und Vorrichtungen

- **CNC-Laserschneidanlage**



Abb. 32: 2D-Laserschnedanlage TruLaser 5030^[4]

Vorteil: Die Rüstzeiten werden deutlich verringert, da CNC-Laserschneidmaschinen mit einem umfangreichen Sortiment an Werkzeugen ausgerüstet sind und somit eine Fertigung von Prototypen, Klein- und Großserien im selben Arbeitsgang, ohne Austausch von Werkzeugen und Anlagenkomponenten möglich ist.

- **Blechtransport mit spezielle Rechteckmagnete**

Die hohe Durchflutung bringt ein weitreichendes Magnetfeld und ermöglicht den rationellen, ergonomischen und sicheren Transport einzelner Bleche, Pakete oder aufeinander geschichteter Blechtafeln im Klein-, Mittel- und Großformat.

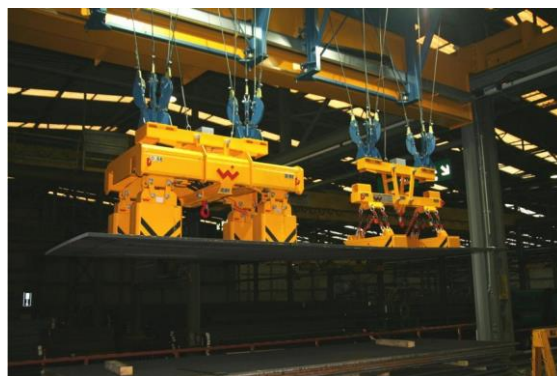


Abb. 33: Schienenbahnsysteme^[27]

Vorteil: Diese Magnete können dort eingesetzt werden, wo die Last dünne und dicke Wandstärke aufweist oder große bzw. kleine Luftspalte zwischen Last und Magnetpole zu überwinden sind.

- **Automatischer Blech- und Düsewechsler**

Die Bleche werden automatisch mit einem Industrieroboter von dem Abstellplatz an der „Schienenbahn“ entnehmen, und zu dem Übergabepplatz an der Laserschneidmaschine gelegt.



Abb. 34: Blechwechsler mit Industrieroboter^[22]

Das Magazin besteht in der Laserschneidmaschine und belagert nur geringe Platz. Jede Düse steht in eigene, markierte Position.

Eine automatische Düseversorgung mit Verwaltung aller Düsedaten und –korrekturwerte, sowie automatischer Strahlzentrierung.



Abb. 35: Düsemagazin mit automatischem Düsewechsler^[4]

Vorteil: Durch die automatische Blech- und Düsewechsler werden die Rüstzeiten verringert. Die Fehler beim Wechseltvorgang werden weitgehend vermieden.

- **Blechkvorrat: Schubfachregale für Bleche**
 - mit schwenkbarem Vorbau
 - optimal zum Ein- und Auslagern per Kran oder Stapler bei den Typen mit Tiefenauflage
 - bequeme Handhabung durch beidseitigen, kugelgelagerten Rollmechanismus
 - Traglast bis 5000 kg
 - Stangenverriegelung jeder einzelnen Schublade im ausgezogenen Zustand



Abb. 36: Schubfachregale für Bleche^[25]

Vorteile:

- 100 % ausziehbar: leichter, totaler Zugriff
- sauberes Handling auch für empfindliche Bleche

Nachteil:

- Standardmodelle für Standard-Blechformate

6.2.2 Laserschneidbearbeitung im FFS

Die Laserschneidbearbeitung für Bleche im flexiblen Fertigungssystem ist Abb. 30 darzustellen.

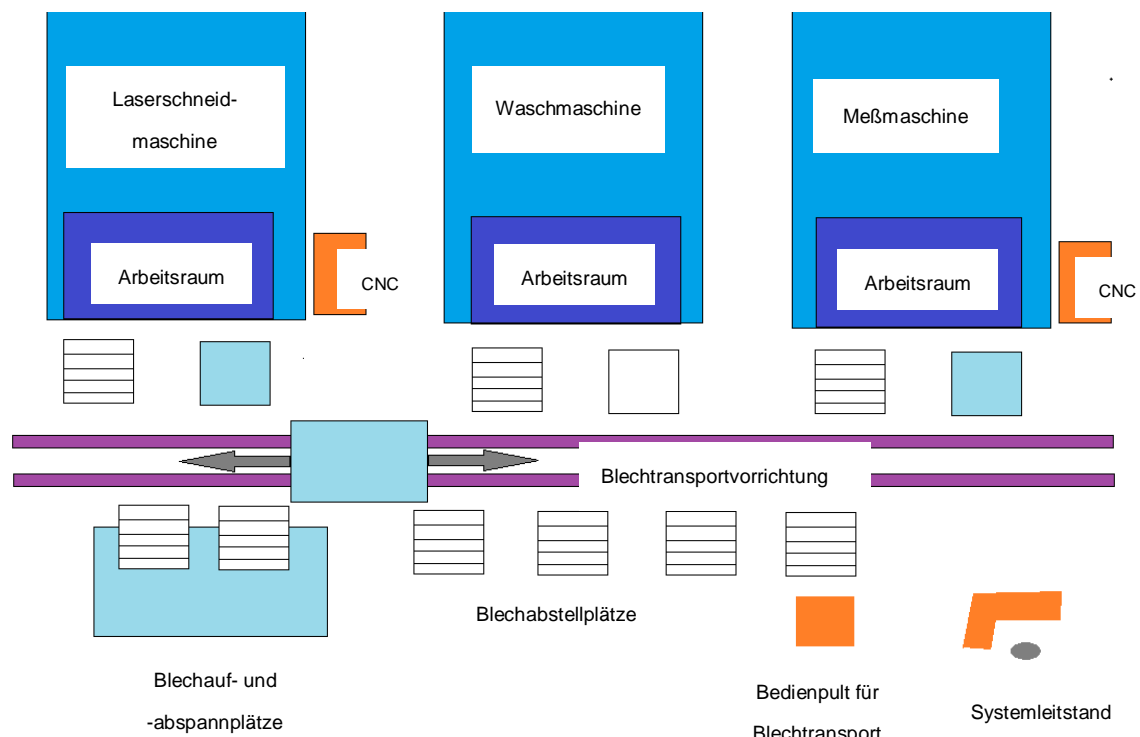


Abb. 37: System-Layout der Laserschneidbearbeitung im flexiblen Fertigungssystem

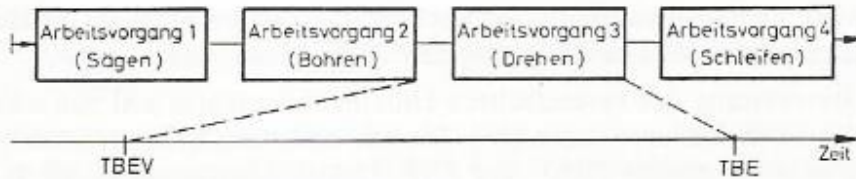
Automatische Bearbeitungsabläufe erfolgen nach folgenden Schritten:

1. Die unbearbeitete Bleche werden zuerst von der entsprechenden Abstellplätze zur Blechaufspannplätze transportiert.
2. Danach wird das zu bearbeitende Blech an der Laserschneidmaschine transportiert, und mit einem Industrieroboter auf den freien, linken Wechselplatz gelegt.
3. Nach der Bearbeitung wird das bearbeitete Blech mit dem Industrieroboter vom rechten Wechselplatz auf dem Abspannplatz gewechselt, dann zur Waschmaschine transportiert. Dort müssen alle Bleche gewaschen und getrocknet werden.
4. An der Waschmaschine wird ein sauberes Blech vom rechten Wechselplatz abgegeben, dann wird es zur Messmaschine transportiert. Wird ein eingemessenes Blech auf dem Ausgangsplatz vorhanden sein, wird es entspannt. Dann bei Schubfachragele abgelegt, falls das fertige Blech den Auftragsanforderungen gewachsen sind.

Diese Vorgänge wiederholen sich fortlaufend. Jede Bewegung wird in einer steuerungsinternen Datenbank festgehalten, und zwar auch bei Ausfall der Netzspannung, um den problemlosen Wiederanlauf zu sichern.

6.2.3 Relative Berechnungen der Durchlaufzeit

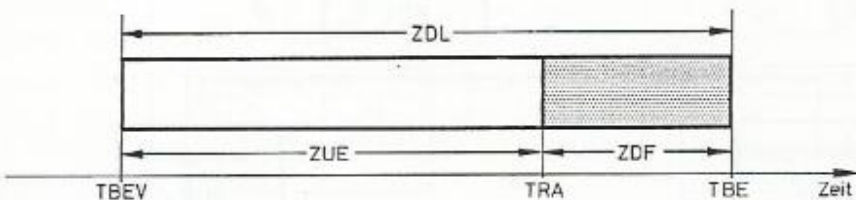
In Abbildung 38 wird der Auftragsdurchlauf gezeit, diesmal über der Zeitachse. Ein Arbeitsvorgang endet mit dem Zeitpunkt TBE (Bearbeitungsende) und beginnt mit dem Zeitpunkt TBEV (Bearbeitungsende Vorgänger). Der Zeitpunkt TBEV an einem Arbeitsplatz kennzeichnet hier nicht die körperliche Ankunft ein Auftrages, sondern ist ein Ereignis, das den Zeitpunkt der Fertigmeldung am Vorgänger-Arbeitsplatz beschreibt. Ebenso kennzeichnet auch der Abgangszeitpunkt TBE nicht das körperliche Verlassen des Auftrages, sondern die Abmeldung von diesem Arbeitsplatz. Damit können alle Teile der Durchlaufzeit lückenlos erfaßt werden, wenn auch der Freigabezeitpunkt bekannt ist. Da die Durchlaufzeit durch ein Arbeitssystem ZDL das kleinste betrachtete Element ist, wird sie als Durchlaufelement bezeichnet. ^[26]



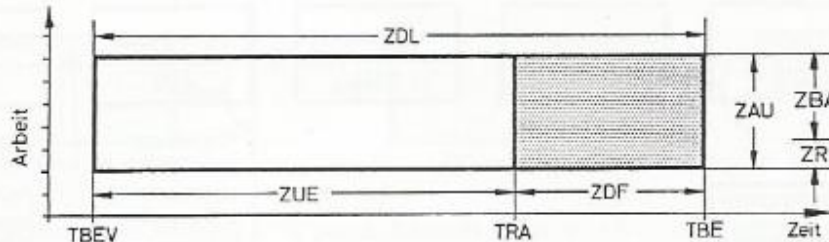
a) Durchlaufplan eines Fertigungsauftrages



b) allgemeingültiges eindimensionales Durchlaufelement



c) vereinfachtes eindimensionales Durchlaufelement



d) vereinfachtes zweidimensionales Durchlaufelement

TBEV : Bearbeitungsende Vorgänger	ZDL = TBE - TBEV : Durchlaufzeit
TTA : Transportanfang	ZUE = TRA - TBEV : Übergangszeit
TTE : Transportende	ZDF = TBE - TRA : Durchführungzeit
TRA : Rüstanfang	ZRD = TBA - TRA : Rüstdauer
TBA : Bearbeitungsanfang	ZBD = TBE - TBA : Bearbeitungszeitdauer
TBE : Bearbeitungsende	ZLV = TRA - TTE : Vorliegezeit
ZAU : Auftragszeit	ZTR = TTE - TTA : Transportzeit
ZR : Rüstzeit	ZLN = TTA - TBEV : Nachliegezeit
ZBA : Bearbeitungszeit	

Abb. 38: Durchlaufelement^[26]

Abbildung zeigt das Durchlaufelement des Arbeitsvorganges 3 mit seinen bereits diskutierten Teilen. Da es zunächst nur eine Dimension – nämlich die Zeitdauer – hat, heißt es eindimensionales Durchlaufelement.

Die Durchführungzeit ZDF ist gegenüber der Durchlaufzeit ZDL klein, 2 bis 10% sind typisch. Daher kann man sich für Analyse- und Steuerungszwecke die Registrierung des

Bearbeitungsbeginns TBA oder des Rüstanfangs TRA sparen. Es genügt völlig, diesen Wert aus der Auftragszeit zu berechnen. Dann vereinfacht sich das Durchlaufelement zu der Darstellung in Bild c. Zu seiner Berechnung sind nur der Abmeldezeitpunkt TBEV am Vorgänger-Arbeitsplatz, der Abmeldezeitpunkt am betrachteten Arbeitsplatz TBE und die aus der Auftragszeit resultierende Durchführungszeit ZDF erforderlich.

Praxis-Beispiel

Die Differenz zwischen die Zeitpunkte Zugang und Abgang an einem Arbeitssystem sind 10 Tage 6 Stunden 20 Minuten. Und die Arbeitszeit ist 8 Stunden pro Tag.

Die Durchlaufzeit ist:

$$\mathbf{ZDL = ZDL_{Tage} + ZDL_{Minuten} / TKAP = 10Tage + 380min / 480min = 10.8 \text{ Tage}}$$

Beispielweise dauert ein Auftrag von 40 Stunden Vorgabezeit bei einem Zeitgrad 1.0, mit Kapazität pro Tag (8Std/Tag).

Die Durchführungszeit ist:

$$\mathbf{ZDF = ZAU * GZE / TKAP = 40Std. * 1.0 / 8Std. \text{ pro Tag} = 5 \text{ Tage}}$$

ZAU: Auftragszeit GZE: Zeitgrad TKAP: Tageskapazität

Dabei ergibt die Auftragszeit sich zu:

$$\mathbf{ZAU = Rüstzeit + Losgröße * Zeit \text{ je Einheit.}}$$

Und die Übergangszeit ZUE ergibt sich zu:

$$\mathbf{ZUE = ZDL - ZDF}$$

6.3 Möglichkeiten der Prozessoptimierung:

Wegen des flexiblen Fertigungssystems (FFS) kann man die Zeit für die Durchlauf der Teilefertigung erheblich reduziert. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass die Durchlaufzeiten eines FFS gegenüber konventionellen Fertigungs um bis zu 70% reduziert werden können. Die Prozessoptimierung des FFS war so notwendig, um weniger Zeit für die reine Bearbeitung des Werkstücks und die Bestandskosten bzw. Personalkosten zu sparen.

Bezüglich der Optimierung des gegebenen flexiblen Fertigungssystems gilt:

- Die Maschinenbelegung zu optimierung oder Einsatz von leistungsfähigeren Maschinen/Werkzeuge
- Die Rüst- und Nebenzeiten lassen sich noch auch durch die rechnergestützte Überwachung des Systems erheblich reduzieren.
- Die Arbeitsvorgänge können gleichzeitig (zeitparallel) durchgeführt werden, um die Durchlaufzeit zu verkürzen. Beispielweise erfolgen Werkzeug- und Werkstückwechsel weitestgehend während der Hauptzeit, um der Kapazitätsverlust durch Rüsten fast zu entfallen.

- Die Auftragsmenge würde in kleinere Aufträge aufgeteilt. Die einzelnen Lose würden schneller bearbeitet, damit die Durchlaufzeiten verkürzt würden. Diese Möglichkeit fordert mehrer Fertigungslinie.

7. Zusammenfassung

Bei der Fertigung wüschst man eine Erhöhung der Nutzungszeit, die Reduzierung der Durchlaufzeiten und geringeren Rüst- und Umrüstaufwand.

Blechlaserschneidbearbeitung im flexiblen Fertigungssystem (FFS) ist eine automatische Fertigungsverfahren, so dass die gesamte Bearbeitungszeiten reduziert werden und die Gesamtkosten gespart werden, dabei werden auch die Genauigkeit und Sicherheit der Bearbeitung gewährleistet.

Die Auswahlen von Spannvorrichtungen und Transportsystem sind von großen Bedeutungen für die Planung des flexiblen Fertigungssystem. Die Kriterien der Auswahlen richtet sich gegen die zu bearbeitende Werkstücke und die ausgewählende Fertigungsverfahren bzw. die entsprechende Werkzeuge.

Die Werkzeug- und Werkstückdaten (z.B. Anzahl, Größe, Geometrie) spielen eine große Rollen für die Auswahlen der Subsysteme. Weiterhin wird es Berücksichtigt, dass die entsprechende Steuerung und Programmierung im FFS festgelegt werden. Dadurch erfolgen die genaue, effektive Werkzeug- und Werkstücktransport und Werkzeug- und Werkstücktausch unter voraussetzung von Gewährleistung der Sicherheit während der Bearbeitung.

Mit automatischer Werkzeug- und Werkstückwechseleinrichtungen werden hauptzeitparallel die Werkzeuge und Werkstücke schnell gewechselt. Die Vorteile liegen darin, dass die Rüst- und Nebenzeiten reduziert werden, die Werkzeugbestand verringert wird, und die Kosten bei der Werkzeuginstandhaltung durch volle Ausnutzung der Werkzeugstandzeit gespart werden.

Flexible Fertigungssysteme bearbeiten wechselnde Losgrößen mit weitgehend gringen Stillstanzeiten zur Umrüstung. Voraussetzung ist, dass die CNC-Werkzeugmaschinen, die Spannvorrichtungen und die entsprechende Werkzeug- und Werkstückwechseleinrichtungen sind. Als Bearbeitungszentrum erreicht CNC-Werkzeugmaschine mit zusätzlichen Automatisierungseinrichtungen einen zusammenhängenden, zeitlich begrenzten, und bedienerlosen Betrieb.

Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit

Hier versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und nur die angegebenen Literatur und Hilfsmittel benutzt habe.

Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Merseburg. Den 13.08.15

Yanan Li

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Elemente und Grundaufbau eines FFS^[2] 7

Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen^[1] 7

Abb. 3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem^[1] 8

Abb. 4: Prozess des Stanzens^[3] 9

Abb. 5: Komponenten einer Stanzmaschine^[4] 10

Abb. 6: Prinzip des Laserschneidens^[4] 11

Abb. 7: Systeme zur Laserstrahlführung^[7] 12

Abb. 8 : Grundvarianten der Vorschubbewegung^[7] 13

Abb. 9: 2D-Laseranlage^[4] 15

Abb. 10: 3D-Laseranlage^[7] 16

Abb. 11: Komponenten der Spannvorrichtung^[9] 17

Abb. 12: Spannkraftsrichtung(1)^[9] 18

Abb. 13: Spannkraftsrichtung(2) W:Spannkraft F:Schneidkraft^[9] 18

Abb. 14: Einflusspunkt(1): Die Auswahl auf der rechten Seite ist berechtigt.^[9] 18

Abb. 15: Einflusspunkt(2): Die Auswahl auf der rechten Seite ist berechtigt.^[9] 19

Abb. 16: Schraubstock für prismatische Werkstück^[19] 20

Abb. 17: Spannpratze für Blech^[20] 20

Abb. 18: Lineares, schinengebundenes Transportsystem mit paralleler Anordnung der Maschinen beiderseite der Transportstrecke.^[13] 22

Abb. 19: Paletten-Umlaufsystem mit paralleler Anordnung der Maschinen auf beiden Seiten der Transportstrecke.^[13] 23

Abb. 20: Flächen-Transportsysteme^[13] 23

Abb. 21: Rollenbänder Quelle: Internet 24

Abb.23: Schienenbahnsysteme^[21] 25

Abb. 22: Förderbänder Quelle: Robotunits..... 24

Abb. 24: Vorgehensweise bei der Planung von Maschinenkonzepten^[18] 28

Abb. 25: Bestandteile der Durchlaufzeit^[23] 31

Abb. 26: Zusammensetzung der Durchlaufzeit an einem Arbeitsplatz^[26] 32

Abb. 27: Komponenten und Schnittstellen eines flexiblen Fertigungssystems^[17] .. 33

Abb. 28: Informations- und Materialfluss in der flexiblen Fertigung^[18] 34

Abb. 29: Düsenwechsler^[4] 36

Abb. 30: Blechwechsler mit Industrieroboter^[22] 37

Abb. 31: Grundlayout eines flexiblen Fertigungssystems..... 39

Abb. 32: 2D-Laserschnedanlage TruLaser 5030^[4] 41

Abb. 33: Schienenbahnsysteme^[27] 41

Abb. 34: Blechwechsler mit Industrieroboter^[22] 42

Abb. 35: Düsemagazin mit automatischem Düsewechsler^[4] 42

Abb. 36: Schubfachregale für Bleche 43

Abb. 37: System-Layout der Laserschneidbearbeitung im flexiblen Fertigungssystem 43

Abb. 38: Durchlaufelement^[26] 45

Tabellerverzeichnis

Tabelle 1: Vorgehensweise und Hilfsmittel zur Planung eines FFS ^[18]	25
Tabelle 2: Inhaltliche Schwerpunkte bei der Beschreibung der Bearbeitungsaufgabe ^[18]	26
Tabelle 3: Alternative Planungsansätze zur Ableitung des Maschinenkonzeptes ^[18]	29

Quelle

- [1] Grundwissen des Ingenieurs –Eckbert Hering, Karl-Heiz Modler (Hrsg.)
Seite 680, 682, 686
- [2] Folie; TU Hamburg-Harburg
- [3]http://www.trumpf-machines.com/fileadmin/DAM/trumpf-machines.com/Produkte/Prospekte/Stanztechnologie_kompakt_2014.pdf
- [4] Trumpf GmbH & Co.
- [5] <http://www.laserschneiden-marktplatz.de/laserschneiden-definition.html>
- [6]http://www.trumpf-laser.com/fileadmin/DAM/trumpf-laser.com/Technische_Infos/TI_Laserbearbeitung_CO2-Laser.PDF
- [7] Laser Zentrum Hannover e.V.
- [8]<http://www.trumpf-laser.com/de/loesungen/anwendungsfelder/laserschneiden/schmelzschnneiden.html>
- [9]http://wenku.baidu.com/link?url=hT18Ryf3UK1ZSZdAXZkgTE7NRvZUB_f8FeKaEqepZ_jhi0vKKHtsC2l6f9SIPEVMJXI4Bsf44cZCiJ8lbIDA7e7lvU8oMEzaUSt1TI4eCrS
- [10] Vorlesungsmanuskript; Prof. Dr. W.Rößner; HS Augsburg
- [11]http://www.trumpf-machines.com/fileadmin/DAM/trumpf-machines.com/Ueber_TRUMPF/Mediathek/Bibliothek/Bibliothek_Stanzen_Stanzbearbeitung.pdf
- [12]<http://www.laserschneiden-marktplatz.de/cnc-laserschneiden.html>
- [13] CNC-Handbuch von Hans B. Kief, Helmut A. Roschiwal, Karsten Schwarz
- [14] wikipedia
- [15] Quelle: J. Wolfgang Ziegler; FH Düsseldorf
- [16]http://www.iwf.tu-berlin.de/uploads/media/WZM_II_VL_09_-_Flexible_Fertigungssysteme.pdf
- [17] Folie; Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack; TU Berlin
- [18] Fertigungssysteme; Prof. Dr.-Ing. R. Kademann
- [19] <https://www.youtube.com/watch?v=aCeywiKCYhA>
- [20] <http://www.laserautomation-wieser.com/de/laser-anlage/anwendungen.html>
- [21]<http://www.ssi-schaefer.de/foerder-und-kommissioniersysteme/referenzen/food-industrie/vinamilk.html>
- [22]<https://www.youtube.com/watch?v=3ZUBsNPgTD4>
- [23] http://www.haufe.de/unternehmensfuehrung/profirma-professional/durchlaufzeit_idesk_PI11444_HI1172387.html
- [24]<http://www.wilberslifting.de/wilberslifting/magnettechnik/blechtransport>
- [25]<http://www.heiss.at/produkte-losungen/regalsysteme/blechlagerung/schubfachregale-fuer-bleche/>
- [26] H.-P. Belastungsorientierte Fertigungssteuerung; Carl Hanser Verlag **München** Wien
- [27] <http://www.wilberslifting.de/wilberslifting/magnettechnik/blechtransport>