

Hochschule Merseburg

Fakultät für Ingenieur- und Naturwissenschaften



Bachelorarbeit

Im Studiengang Mechatronik, Industrie- u. Physiktechnik

Thema: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen Rüstzeit und Ausführungszeit in flexiblen Fertigungssystemen und Charakteristik ihrer jeweiligen Besonderheiten

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg,

Fachbereich INW

Verfasser: Chang Xu

E-mail: changxu92@gmail.com

Matrikelnummer: 19291

Abgabetermin:

Inhaltverzeichnis

| | |
|--|----|
| Danksagung | 5 |
| 1. Einleitung | 6 |
| 1.1 Aufgabenstellung | 6 |
| 1.2 Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung | 6 |
| 2. Grundlagen | 7 |
| 2.1 Fertigungssystemauslegung | 7 |
| 2.2 spanabhebende Werkzeugmaschinen | 7 |
| 2.2.1 Bohrmaschinen..... | 8 |
| 2.2.2 Drehmaschinen..... | 8 |
| 2.2.3 Fräsmaschinen | 8 |
| 2.2.4 Schleifmaschinen..... | 9 |
| 2.2.5 Sägemaschinen..... | 9 |
| 2.3 Flexiblen Fertigungssystem | 9 |
| 2.3.1 Bearbeitungszentren..... | 10 |
| 2.3.2 Flexible Fertigungszelle..... | 11 |
| 2.3.3 Flexible Fertigungsinsel..... | 13 |
| 2.3.4 Flexible Fertigungssystem..... | 15 |
| 2.3.5 Flexible Transferstraße..... | 16 |
| 2.3.6 Zusammenfassung..... | 17 |
| 2.4 Fertigungsprozess | 18 |
| 3. Zeitanteile | 18 |
| 3.1 Zeitgliederung nach REFA | 18 |
| 3.1.1 Rüstzeit..... | 20 |
| 3.1.2 Ausführungszeit..... | 21 |
| 3.2 Zusammenhänge zwischen Rüstzeit und Ausführungszeit | 21 |
| 4. Besonderheiten von Fertigungsabläufe im Fertigungssystem | 22 |
| 4.1 Einführung | 23 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Prozesstechnische Besonderheiten | 23 |
| 4.2.1 Prozesstechnische Anforderungen an Werkzeugmaschinen..... | 23 |
| 4.2.2 Spanende Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide..... | 26 |
| 4.2.3 Spanende Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide..... | 27 |
| 4.2.4 Automatisierung..... | 28 |
| 4.2.5 Werkstück- und Werkzeugtransport..... | 30 |
| 4.3 Organisationische Besonderheiten | 31 |
| 4.3.1 Komponenten flexibler Fertigungssysteme..... | 31 |
| 4.3.1.1 Bearbeitungseinheiten..... | 31 |
| 4.3.1.2 Materialflußsystem..... | 32 |
| 4.3.1.3 Steuerungssystem..... | 32 |
| 4.3.1.4 elektronisches Leit- und Informationssystem..... | 32 |
| 4.3.1.5 Datenerfassungs- und übertragungssystemen..... | 33 |
| 4.3.1.6 Meß-, Überwachungs- und Kontrollsystemen..... | 33 |
| 4.3.1.7 Ver- und Entsorgungssysteme..... | 33 |
| 4.4 Materialplanung | 34 |
| 4.5 Durchlaufzeit | 35 |
| 5. Prozessorganisation | 38 |
| 5.1 Transport-, Umschlag- und Lagerungshilfsmittel (kurz TUL) | 38 |
| 5.1.1 Auswahl der TUL-Hilfsmittel..... | 39 |
| 5.2 Transporteinrichtungen | 40 |
| 5.3. Umschlageinrichtungen | 41 |
| 5.3.1 Übergabeeinrichtung..... | 41 |
| 5.3.2 Handhabeinrichtungen..... | 41 |
| 5.4 Lagerungseinrichtungen | 43 |
| 5.4.1 Lager für Fertigungsabschnitte und -bereiche..... | 43 |
| 6. Praktisches Beispiel | 44 |
| 6.1 Beispielbeschreibung | 44 |
| 6.2 Fräsenmaschine | 45 |
| 6.2.1 Grundlage des Fräsen..... | 45 |
| 6.2.2 Stirnfräsen..... | 47 |
| 6.2.3 Umfangsfräsen..... | 48 |

| | |
|--|----|
| 6.3 Zeitbezogenen Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Gegenbenheiten | 49 |
| 6.4 Bewertung des Ergebnisses | 55 |
| 6.5 Optimierung des Prozesses | 55 |
| 6.5.1 Rüstzeiten genau untersuchen..... | 55 |
| 6.5.2 Richtiges Spannmittel kann Rüstzeit deutlich senken..... | 56 |
| 7.Zusammenfassung und Ausblick | 56 |
| Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit | 58 |
| Literaturverzeichnis | 59 |
| Abbildungsverzeichnis | 60 |

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Betreuern, Herrn Prof. Dr.-Ing. Rolf

Kademann und Herrn Dipl. -Ing. (FH) Thomas Kirchhofer für die Ermöglichung der Bachelorarbeit und für die hilfreichen Anregungen während der Bearbeitung des Themas.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern und meiner Familie danken, die mir das Studium und damit auch diese Bachelorarbeit erst ermöglicht haben.

1. Einleitung

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 entstehende Wechselwirkungen im Zusammenhang darzustellen.

1.2 Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes bezüglich der Fertigungssystemauslegung unter Einbeziehung spanabhebender Werkzeugmaschinen
2. Dokumentation der einzelnen Bereiche im System, die relevante Zeitanteile erfordern
3. 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 betrieblich Umfeld (z.B. Rohteil-, Vorrichtungs- und Fertigteiler)
4. Darstellung des zeitbezogenen Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Gegebenheiten in einem flexiblen Fertigungssystem eigener Wahl (Veranschaulichung möglicher Gesichtspunkt zur Prozessoptimierung)

2. Grundlagen

2.1 Fertigungssystemauslegung

Ein Fertigungssystem ist eine technisch, organisatorisch (und kostenrechnerisch) selbständige Allokation von Potentialfaktoren zu Produktionszwecken. Ein Fertigungssystem besteht aus (elementaren) Arbeitssystemen, die die kleinste Einheit einer Kombination der Potentialfaktoren Betriebsmittel und Arbeitskräfte darstellen und eine oder mehrere Klassen von Transformationen durchführen können.

Oftmals werden auch zusammenhängende Fertigungssysteme in einem Layout dargestellt. Im Bereich der spanenden Bearbeitung wird dies häufig anhand der Gewerkeaufteilung in Drehen, Fräsen, Bohren, Sägen und Schleifen durchgeführt, sodass jede spezifische Fraktion innerhalb der Fertigungsplanung auch Verantwortliche für die Ausplanung des Layouts hat. Da das Layout vor allem aus den Prozessen und Fertigungstechnologien abgeleitet wird, ist die Ansiedlung in der Fertigungsplanung zweckmäßig, jedoch die Zusammenarbeit mit der Fabrikplanung in Form von Simultaneous Engineering unerlässlich. Dies kann auch eine Ansiedlung in der Fabrikplanung als verantwortliche Abteilung für alle Strukturthemen rechtfertigen.

2.2 spanabhebende Werkzeugmaschinen [1]

Bei sogenannten "spanabhebenden Werkzeugmaschinen" entstehen beim Bearbeiten von verschiedenen Werkstoffen (Kunststoff, Holz, Metall) – wie der Name schon sagt – Späne. Die wichtigsten spanenden Arbeitsverfahren sind das Drehen, Fräsen, Bohren, Sägen und Schleifen. Zu jedem dieser Arbeitsverfahren existieren die entsprechenden speziellen Werkzeugmaschinen.

- Drehmaschinen (Universaldrehmaschinen, CNC-Drehmaschinen, Drehautomaten, Frontdrehmaschinen, Senkrechtmaschinen)
- Tisch- und Standbohrmaschine, Handbohrmaschine
- Fräsen (Tischfräsmaschine)
- Sägen (Bandsäge, Kreissäge, Stichsäge)

Spanabhebende Werkzeugmaschinen befinden sich in vielen Arbeitsbereichen. Große Maschinen, wie z. B. Drehmaschine, Standbohrmaschine, Band- und Tischkreissäge findet man in den entsprechenden Werkstätten und Fertigungsbetrieben. Handmaschinen, wie Bohrmaschine, Handkreissäge, Stichsäge usw., sind die typischen Arbeitsmittel für Handwerker der verschiedenen Berufszweige.

2.2.1 Bohrmaschinen

Bohrmaschinen dienen zum Herstellen von Bohrungen mit den Verfahren: Bohren mit Spiralbohrer, Einlippenbohrer u.a., Gewindeschneiden mit Gewindebohrer bei Verwendung eines Ausgleichsfutters, Senken und Reiben.

Die Klassifizierung und Bezeichnung erfolgt

- Nach der Lager der Hauptspindel in Bohrmaschinen mit waggerechter, senkrechter oder schwenkbarer Hauptspindel
- Nach dem Gestellaufbau in Tisch-, Kastenständer-, Säulen-, Ausleger-(Radial-) oder Einständer-, Zweiständer- (Koordinaten-) Bohrmaschinen

2.2.2 Drehmaschinen

Die Drehmaschine ist eine Werkzeugmaschine zur Herstellung meist rotationssymmetrischer Werkstücke durch das zerspanende Fertigungsverfahren Drehen.

An der Drehmaschine können verschiedenste Rotationskörper hergestellt werden, im einfachsten Fall zylindrische oder ebene, zur Drehachse rechtwinklige Flächen. Komplexere Formen sind Kegel- oder Kugelflächen oder freie Formen, die mittels Zusatzeinrichtungen auch von der Drehsymmetrie abweichen können.

2.2.3 Fräsmaschinen

Neben den Drehmaschinen ist die Gruppe der Fräsmaschinen einschließlich der sich aus ihnen entwickelten Bearbeitungszentren eine mit der größten Vielfalt verschiedener Ausführungen. Die Vorschub- und Einstellbewegungen, die immer in den drei translatorischen Achsen und unter Umständen auch in zwei rotatorischen Achsen (5-Achsen-Maschinen) erfolgen müssen, können sowohl den Werkzeug- als auch den werkstücktragenden Baugruppen zugeordnet werden. Allein daraus ergeben sich eine

Vielzahl von Aufbauvarianten, die wiederum mit verschiedenen Gestellformen ausführbar sind.

2.2.4 Schleifmaschinen

Entsprechend dem Schleifverfahren führt bei Schleifmaschinen grundsätzlich das zylindrische Werkzeug durch Rotation die Schnittbewegung aus. Der Schnittbewegung sind eine oder mehrere Vorschubbewegungen sowie die Zustellung überlagert. Die Form der zu schleifenden Werkstücke bestimmt das Verfahren und die Bewegungsachsen, d.h. die Bauart der Maschine. In Abb. 10 sind die prinzipiellen Aufgaben der verschiedenen Schleifmaschinenbauarten an je einem Bearbeitungsbeispiel dargestellt.

2.2.5 Sägemaschine

Sägemaschinen dienen zum Trennen von Materialien wie beispielsweise Stabstahl, Platten oder Blech. Dabei wird das Material mit kreisförmiger oder gerader Schnittbewegung mit einem vielzahnigen Werkzeug von geringer Schnittbreite zerspant. Die Schnittbewegung erfolgt werkzeugseitig.

2.3 Flexiblen Fertigungssystem [2]

Flexible Fertigungssysteme (abgekürzt FFS) sind Mehrmaschinensysteme zur Bearbeitung von Werkstücken. Die einzelnen Bearbeitungsstationen sind meist handelsübliche numerisch gesteuerte Bearbeitungszentren. Über ein Transport- und Lagersystem sind diese miteinander verkettet verbunden, um so den automatisierten Werkstückfluss zu ermöglichen. Sie haben zusätzlich zu den Bearbeitungsstationen Werkstück- und Werkzeugspeicher mit den entsprechenden Übergabestationen. Das Aufspannen der Werkstücke und das Magazinieren der Werkzeuge können unabhängig und zum Teil zentralisiert durchgeführt werden, wodurch sich Neben- und Verteilzeiten bei den Maschinen einsparen lassen. Durch die Automatisierung des Transports werden außerdem Flächen- und Personalkosten verringert und die Durchlaufzeiten der Aufträge verkürzt.

Grundvoraussetzung für die Einführung eines FFS ist die systematische Analyse der Schwachstellen der Fertigung. Dazu zählen im Einzelnen:

- **Sicherstellung**, dass die bestehenden Probleme mit einem FFS beseitigt werden können
- **Überprüfung**, ob eine erforderliche Grundlogistik vorhanden ist, da in den meisten Fällen FFS keine autarken Fertigungsbereiche darstellen.
- **Erfassung**, welche technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen in den angrenzenden Bereichen getroffen werden müssen, um eine reibungslose Versorgung des FFS (z.B. mit Material, Fertigungshilfsmitteln, Informationen) zu gewährleisten.

Bei der Einführung flexibler Produktionstechnik ist das Hauptaugenmerk auf die Einflussgrößen

- **Motivation** (z.B. Kapazitätserweiterung/-ersatz)
- **Vorgaben** (z.B. Prioritätserweiterung durch die Geschäftsleitung)
- **Unternehmensspezifische Gegebenheiten** (z.B. Grundlogistik, Schwachstellenanalyse)

zu richten.

2.3.1 Bearbeitungszentren

Bearbeitungszentren sind CNC-Maschinen mit hohem Automatisierungsgrad und mit mindestens drei translatorischen, bahngesteuerten Maschinenachsen. Zur Erweiterung der Automatisierungsfunktionen können Werkzeugwechsler mit Werkzeugspeicher, Werkstückwechsler und Palettenwechsler vorgesehen werden. Arbeitsspindel beherrschen unterschiedliche Bearbeitungsverfahren, z.B. bohren, fräsen, ausdrehen, gewindeschneiden und reiben. Nach der Bauart der Arbeitsspindel werden Bearbeitungszentren (horizontale BAZ oder vertikale BAZ) unterschieden.



Abb. 1: CNC-Bearbeitungszentrum; Quelle: Internet

Vorteile der Bearbeitungszentren:

- hoch Flexibilität
- komplexe, aufwendige Geometrie der Werkstücken zu bearbeiten können
- größere Losgrößen bearbeitet werden können
- höhere Produktivität
- hohe Genauigkeit (0.001mm bis 0.1 μ m)

2.3.2 Flexible Fertigungszelle

Flexible Fertigungszelle sind Bearbeitungszentren (Einzel- oder Doppelmaschinensysteme), die durch spezielle Ausbaustufen zur vollautomatischen und bedienerunabhängigen Bearbeitung eines begrenzten Teilevorrates erweitert wurden, wobei der Werkstückwechsel automatisch erfolgt, bis alle Teile bearbeitet sind. Über weitere in der Anlage integrierte System erfolgen die Qualitätskontrolle des Werkstücke, die Werkzeugstandzeit-überwachung und -bruchkontrolle (Werkzeugverwaltung) sowie eine weitgehende Prozesskontrolle zum Schutz des gesamten Systems. Weiterhin ist eine derartige Einheit mit einem Späneentsorgungssystem ausgestattet. Ein DNC-oder einLeitrechner sind dann nicht erforderlich, wenn der CNC-interne Programmspeicher in der Lager ist, die Bearbeitungsprogramme der Teile aufzunehmen und zu verwalten.

Flexible Drehzelle zur Bearbeitung rotationssymmetrischer Teile werden ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet. Dies sind Drehmaschinen auf denen exzentrisches Bohren und Fräsen mittels angetriebener Werkzeuge möglich ist.

Flexible Fertigungszelle besteht aus drei Komponenten: einem Bearbeitungssystem, einem Materialflusssystem und einem Informationssystem.

- a.) Bearbeitungssystem: Bearbeitungszentren, meist Einmaschinensysteme oder Doppelmaschinensysteme. (Duplex-Zellen)
- b.) Materialflusssystem: Werkstückwechsel vom Werkstückspeicher zur Maschine erfolgt vollautomatisch, bis alle Teile bearbeitet sind.
- c.) Informationssystem: Die Programm in der CNC-interne Programmspeicher kann die Bearbeitung aller Teile aufnehmen. Die Funktionsbausteine sind integriert in der SPS/CNC, z.B. Werkzeugstandzeitüberwachung und Werkzeugbruchkontrolle durch eine Werkzeugverwaltung; Werkstück-Meßzyklen durch die gemessenen Daten nach Toleranzen und Fehlern und eine Prozeßüberwachung zum Schutz des gesamten Systems.

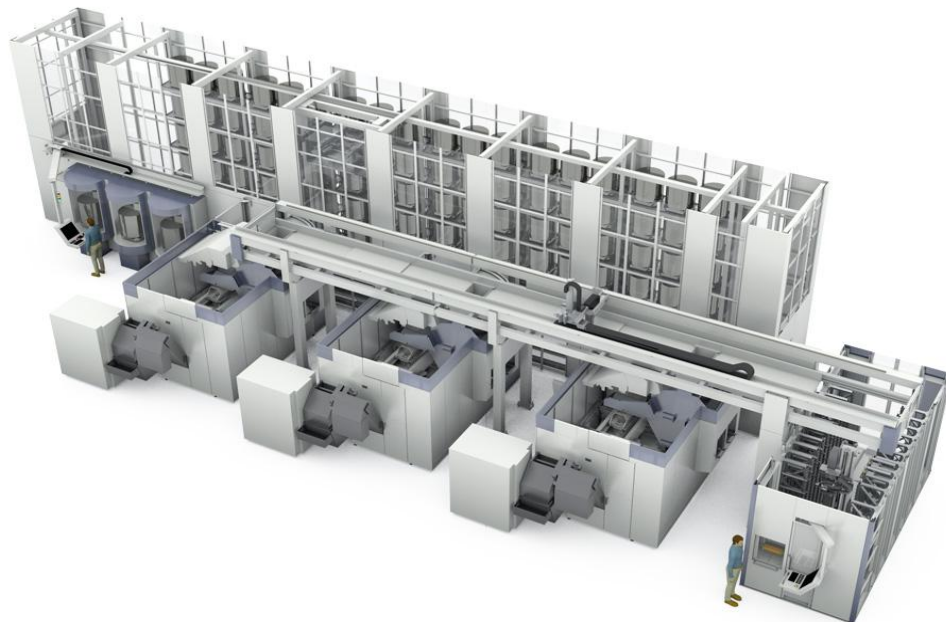
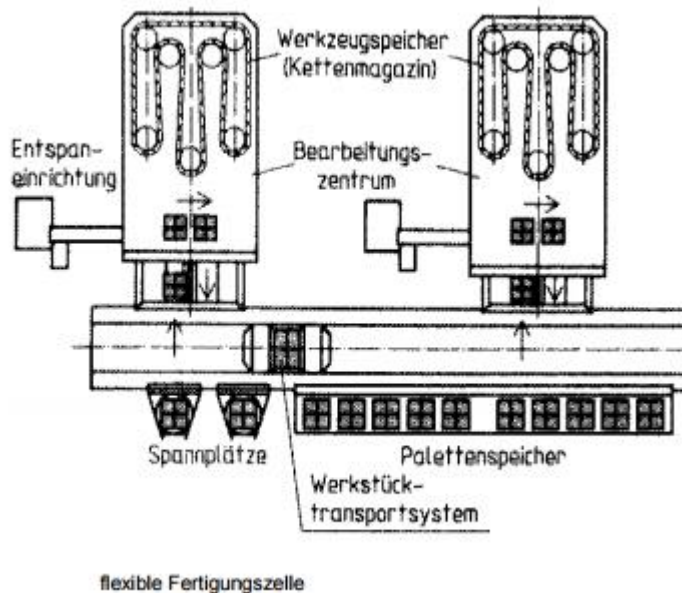


Abb. 2: Flexible Fertigungszelle; Quelle: Internet



Flexible Drehzellen sind Maschinen zur Herstellung rotationssymmetrischer Werkstücke. Drehmaschinen, mit der Drehteile durch exzentrisches Bohren Fräsen mittels angetriebener Werkzeuge nachbearbeitet werden, sodaß fertig bearbeitete Teile die Maschine verlassen.

Flexible Fertigungszelle bestehend aus 6 horizontalen

Bearbeitungszentren zur Fertigung von Aluminium-

Abb. 3: Flexible Fertigungszelle; Quelle: Internet

Druckgussteilen für

Außenbordmotoren.

Die Teilefamilie umfasst 6 Varianten.

Der Palettenspeicher nimmt insgesamt 49 Paletten auf. Der Ausbau erfolgte schrittweise parallel zur benötigten Kapazität.

2.3.3 Flexible Fertigungsinsel

Flexible Fertigungsinsel ist ein abgegrenzter Werkstattbereich mit mehreren Werkzeugmaschinen und anderen Einrichtungen, um die erforderlichen Arbeiten an einer begrenzten Auswahl von Werkstücken durchführen zu können. Diese Werkstücken sind fertigungstechnisch ähnlich. Eine Fertigungsinsel ist die räumliche und organisatorische Kombination der Maschinen und Fertigungsmittel zur vollständigen Bearbeitung dieser Teilefamilien. Die Mitarbeiter können die durchführenden Arbeiten

selbst planen, entscheiden und kontrollieren. Alle anfallenden Arbeiten werden in der Gruppe disponiert und verteilt, die Termine überwacht und die Qualität kontrolliert.

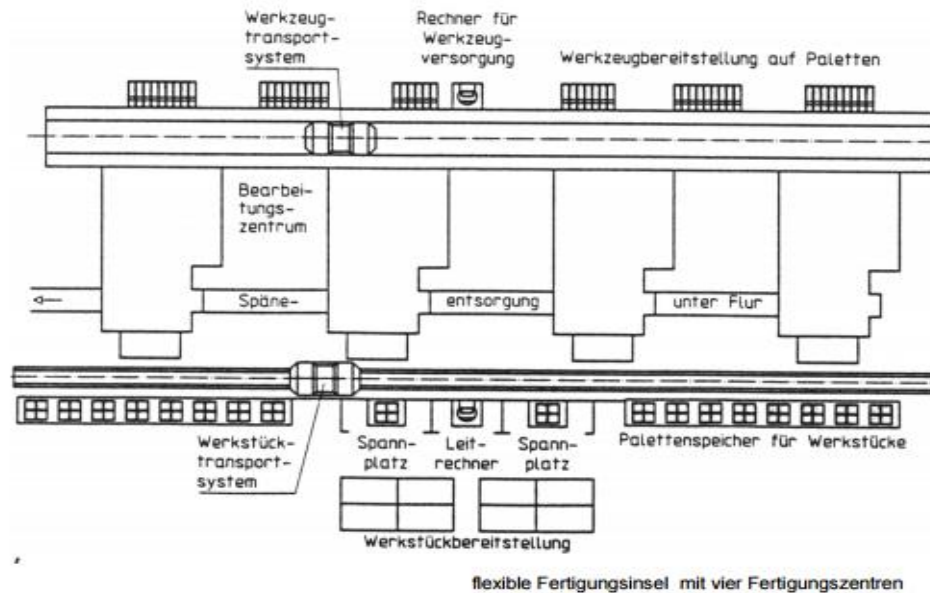


Abb. 4: Fertigungsinseln im Automotive-Bereich; Quelle: Internet

Charakteristiken von den Fertigungsinseln:

- eine stärkere Motivation von Mitarbeiter, mehrere Tätigkeiten lernen und beherrschen
- Initiativen benötigen
- Flexibilität durch vielseitige Qualifikation
- ein starker Gruppengeist

| Wirtschaftliche Vorteile und Nachteile der Fertigungsinseln | | | |
|---|---------------------------|-----------|--|
| Vorteile | | Nachteile | |
| 1. | Reduzierte Gemeinkosten | 1. | Maschinen-Überkapazität |
| 2. | weniger Papier | 2. | Die vorhandenen Maschinen weniger genutzt werden |
| 3. | kürzere Entscheidungswege | | |
| 4. | kein Planungsvorlauf | | |

Tabelle 1: Wirtschaftliche Vorteile und Nachteile der Fertigungsinseln

2.3.4 Flexible Fertigungssystem

Das Flexible Fertigungssystem ist die höchste Automatisierungsstufe der flexiblen Fertigungskonzepte. Es besteht aus einer Gruppierung von mehreren dieser hoch automatisierten Maschinen, etwa 5-10, die unabhängig von einander gleiche oder ähnliche Werkstücke komplett bearbeiten. Diese automatisierten Maschinen sind durch ein gemeinsames, automatisches Werkstücktransport- und -zuführsystem miteinander verbunden, sowie an einen Leitcomputer angeschlossen. Vor allem ist eine weitgehende Eigenüberwachung der Systemkomponenten erforderlich.

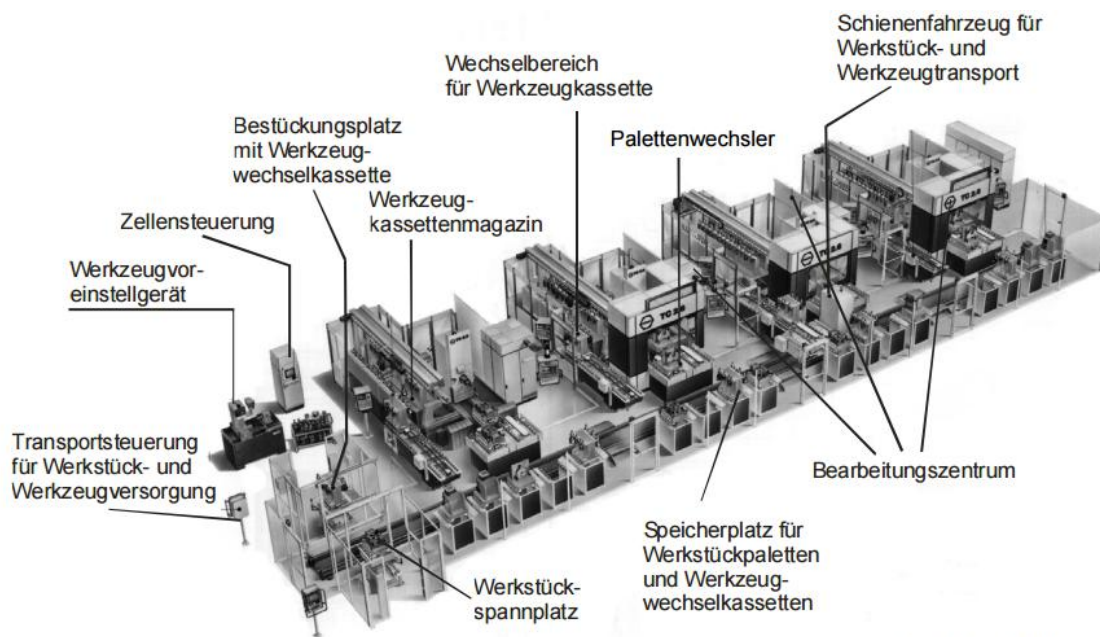


Abb. 5: Flexibles Fertigungssystem; Quelle: Internet

Funktionen bzw. Vorteile:

- eine automatische Fertigung stattfinden kann
- unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben an Teilfamilien durchgeführt werden können
- wechselnde Losgrößen bearbeitet werden können
- keine Unterbrechung der Bearbeitungsfolge durch manuelle Eingriffe entsteht

2.3.5 Flexible Transferstraße

Eine Flexible Transferstraße (FTS) ist eine Fertigungslinie in der industriellen Produktion. Die Flexible Transferstraße besteht aus einer werkstückseitigen Verknüpfung von mehreren NC-Maschinen und anderen Bearbeitungseinheiten nach dem Linienprinzip. Alle Teile durchlaufen die einzelnen Stationen in einer festen Reihenfolge und werden mit aufeinanderfolgenden, unterschiedlichen Programmen bearbeitet. Die Bearbeitungsvorgänge in den einzelnen Maschinen können durch das NC-Programm in Grenzen verändert werden.

Konventionelle Transferstraßen sind wesentlich produktiver als Flexible Fertigungssysteme, sie sind aber als Einzweckmaschinen leider keine Alternativen für die Bearbeitung kleiner Losgrößen unterschiedlicher Werkstücke.

Bei einer flexiblen Transferstraße teilt man eine konventionelle Transferstraße in mehrere Teilstraßen auf und richtet Puffer zwischen den einzelnen Teilstraßen ein. Im Gegensatz zu einer konventionellen Transferstraße können bei einer FTS die einzelnen Teilstraßen separat für neue Werkstücke umgerüstet werden. Daher ermöglicht eine FTS kleinere Losgrößen durch verminderte Umrüstverluste.

Die FTS eignet sich deshalb besser zur Produktion von verschiedenen aber ähnlichen Werkstücken.

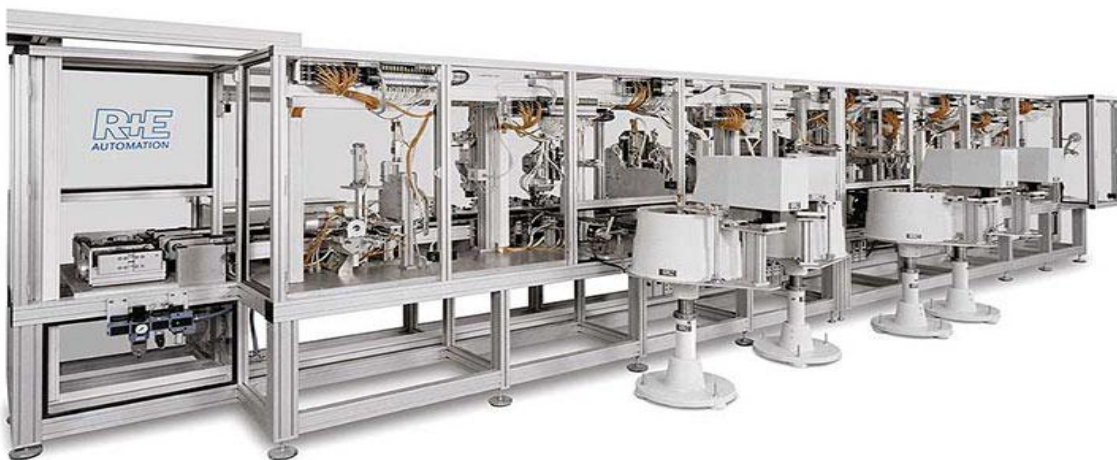


Abb. 6: Flexible Transferstraße; Quelle: Internet

2.3.6 Zusammenfassung[3]

Einsatzbereiche unterschiedlicher Fertigungskonzept

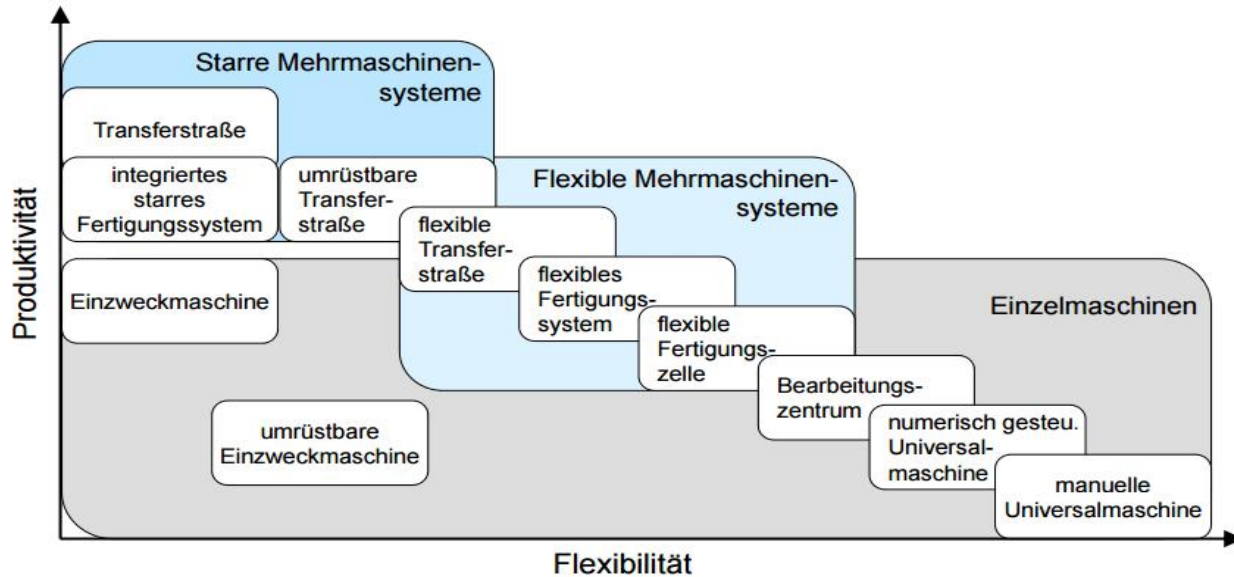


Abb. 7: Einteilung von Fertigungssystemen nach dem Grad der Flexibilität; Quelle: Internet

| Strukturmerkmale | Flexible Transferstraße | Flexibles Fertigungssystem | Flexible Fertigungsinsel | Flexible Fertigungszelle |
|-------------------------------------|---|---|--|--|
| Verkettung | Innenverkettung von NC- und PLC - Bearbeitungsstationen | Außenverkettung mehrerer NC - Bearbeitungsstationen | Mehrere Einzelmaschinen unverkettet; NC- Maschinen durch konventionelle Arbeitsplätze ergänzt | Einsatzmaschine mit vollautomatisierter Ver- und Entsorgung |
| Bearbeitungsstufen | Mehrstufige Bearbeitung | Mehrstufige Bearbeitung | Mehrstufige Bearbeitung | Einstufige Bearbeitung |
| Materialfluß | Transport getaktet | Transport ungetaktet | Transport ungetaktet; manuell oder automatisch | Automatische Maschinenbeschränkung |
| | Materialfluß gerichtet | Materialfluß ungerichtet | Materialfluß ungerichtet | Versorgung von Pufferplatz oder aus Werkstückspeicher |
| Informationsfluß | voll integriert/ teilautomatisch | voll integriert/ teilautomatisch | voll integriert/ teilautomatisch | voll integriert |
| Flexibilität / Automatisierungsgrad | begrenzte Anpassungsfähigkeit an verschiedene Aufgaben; hoher Automatisierungsgrad geringer Flexibilitätsgrad | kein manuelles Rüsten für begrenztes Teilspektrum; hoher Automatisierungsgrad mittlerer Flexibilitätsgrad | hohe Anpassungsfähigkeit an große Werkstückvielfalt, mittlerer bis hoher Automatisierungsgrad, hoher Flexibilitätsgrad | geringer Rüstaufwand für umfangreiches Teile - Spektrum; hoher Automatisierungsgrad, hoher Flexibilitätsgrad |
| Autonomiegrad | keine dispositionsautonomie | mittlere dispositionsautonomie | hohe dispositionsautonomie | mittlere bis hohe dispositionsautonomie |
| Kapitaleinsatz | hoch | hoch | gering bis mittelgroß | mittelgroß |

Tabelle 2 Flexible Fertigungsstrukturen

2.4 Fertigungsprozess [3]

In diesem Abschnitt wird ein an Stellen-Transitions-Netze angelehnter Ansatz zur Modellierung von Fertigungsprozessen vorgestellt; nach diesem Ansatz erstellte Modelle können als Basis für die computerunterstützte Durchführung von Fertigungsplanungsverfahren dienen“. Ein Modell eines Fertigungsprozesses muß alle Daten, die in einem Fertigungsplanungs-Verfahren benutzt werden, zur Verfügung stellen und den Fertigungsplanungsprozeß aus der Sicht der Fertigungsplanung abbilden. Im einzelnen muß eine Unterteilung in Erzeugnisse und Produktionsfaktoren sowie einzelne Transformationsprozesse (natürlich auch eine entsprechende Verdichtung), die Festlegung aller relevanter Attribute für Produktionsfaktoren und Fertigungsprozesse, die Festlegung aller (dynamischen) Zuordnungen und die Dimensionierung von Volumina und Flüssen unterstützt werden, wobei eine enge Orientierung an dem Input-/Output-Modell „Produktionsfaktor → Transformation → Erzeugnis“ anzustreben ist.

Da es das Ziel der Fertigungsplanung ist, für ein Fertigungssystem eine zulässige und evtl. in gewisser Hinsicht optimale (oder zumindest gute) Fertigung in Form eines sogenannten Planes zu bestimmen, muß aus einem solchen Modell die Menge der möglichen Fertigungen (die Lösungsmenge des Problems Fertigungsplanung) ableitbar sein. Außerdem muß darin eine bestimmte ausgewählte Fertigung (die Lösung, eine Zwischenlösung) darstellbar sein. Daher wird zwischen Modellelementen zur Abbildung möglicher und tatsächlicher Fertigungen unterschieden.

3. Zeitanteile

3.1 Zeitgliederung nach REFA [4]

Auftragszeit ist die Vorgabezeit für die Erledigung eines Auftrags durch einen Menschen. Die Auftragszeit T wird nach REFA zerlegt in Rüstzeit t_r und Ausführungszeit t_a .

Die Rüstzeit fällt einmal pro Auftrag an, sie ist auftragsfix.

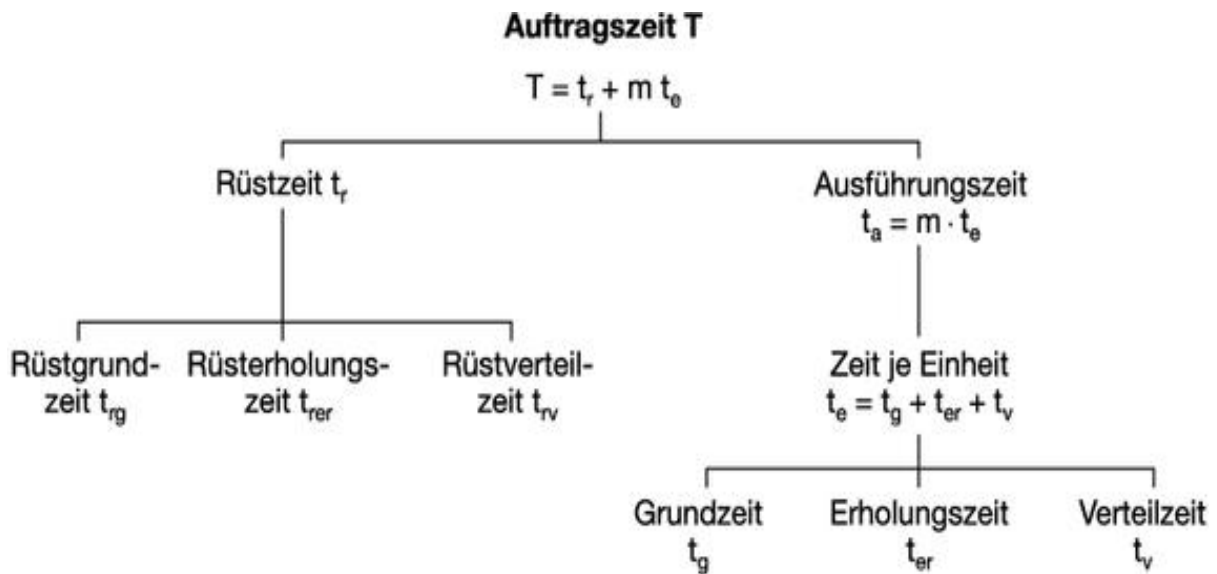


Abb.8 Zeitgliederung nach REFA:Quelle: Internet

Die Ausführungszeit hängt von der Auftragsgröße m und der Stückzeit ab. Sie ist auftragsvariabel.

Nach REFA auch "REFA-Grundgleichung" genannt. Sie umfaßt die Zeit, die für die Erledigung eines bestimmten Auftrags notwendig ist. Die Auftragszeit (Symbol T) setzt sich aus Vorbereitungszeit und Ausführungszeit zusammen. Die Auftragszeit bildet die Grundlage für die Produktions- und Kostenplanung.

Die Auftragszeit setzt sich aus der Rüstzeit und der Ausführungszeit zusammen. Sie wird beim , Akkordlohn als Vorgabezeit vorgegeben.

Bei der Vorgabezeitermittlung nach REFA die für die Bearbeitung eines Auftrages durch einen Menschen als Arbeitsträger vorzugebende Zeit. Sie wird in die Rüstzeit und die von der Losgröße abhängige Ausführungszeit gegliedert. Beide werden weiter in Grundzeiten, Verteilzeiten sowie Erholungszeit zerlegt

3.1.1 Rüstzeit

Als Rüstzeit wird die Zeit bezeichnet, während der ein Betriebsmittel vom Menschen vorbereitet wird sowie der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt wird. Die Rüstzeit kann man auch in Rüstgrund-, Rüstvertei- und Rüsterholungszeiten unterteilen. Neben Ausführungszeit (t_a) Teil der Auftragszeit (T). Rüstzeit umfasst im Sinn des Arbeitsstudiums alle Sollzeiten, die notwendig sind, um ein Arbeitssystem darauf vorzubereiten, einen Auftrag durchzuführen, ggf. noch zusätzliche Zeiten, um Arbeitssysteme nach Erledigung des Auftrags in den ursprünglichen Zustand zurückzusetzen.

Rüstzeit = Rüstgrundzeit + Erholungszeit + Verteilzeit

Grundzeit:

Als Grundzeit wird die Zeit bezeichnet die zur Durchführung der eigentlichen Tätigkeit benötigt wird. Sie besteht aus der Tätigkeits- und der Wartezeit (ablaufbedingt).

Erholzeit:

Als Erholzeit wird die Zeit bezeichnet, die für die Erholung des Mitarbeiters nötig ist. Häufig erfolgt die Angabe als prozentualer Zuschlag zur Grundzeit.

Verteilzeit:

Verteilzeiten sind Zeitanteile von Soll-Zeiten, die zur Abdeckung organisatorischer Unvollkommenheiten und für die Erfüllung menschlicher Bedürfnisse (Essen, Trinken, private Verrichtungen etc.) erforderlich sind. Wird dieser Anteil in Prozent angegeben spricht man auch vom Verteilzeitprozentsatz.

Auch die Verteilzeit wird häufig als prozentualer Zuschlag zur Grundzeit angegeben. Mit ihr werden sowohl unregelmäßig auftretende sachlich (störungsbedingte Unterbrechungen) als auch persönliche Verteilzeiten berücksichtigt.

3.1.2 Ausführungszeit

Der Begriff Ausführungszeiten entstand in Verbindung mit dem REFA-Verband, gegründet 1924 (Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisationen e. V.).

Zur Ausführungszeit zählen alle nach der Vorbereitungszeit (Rüstzeit) entstehenden Arbeitszeiten. Die Ausführungszeit und die zusammen nennt man gesamte Vorgabezeit, die zur Erledigung eines gesamten Arbeitsganges an einen Auftrag benötigt wird:

$$t_a = m * t_e$$

t_a = Ausführungszeit, m = Menge, t_e = Zeiteinheit pro Menge

3.2 Zusammenhänge zwischen Rüstzeit und Ausführungszeit[5]

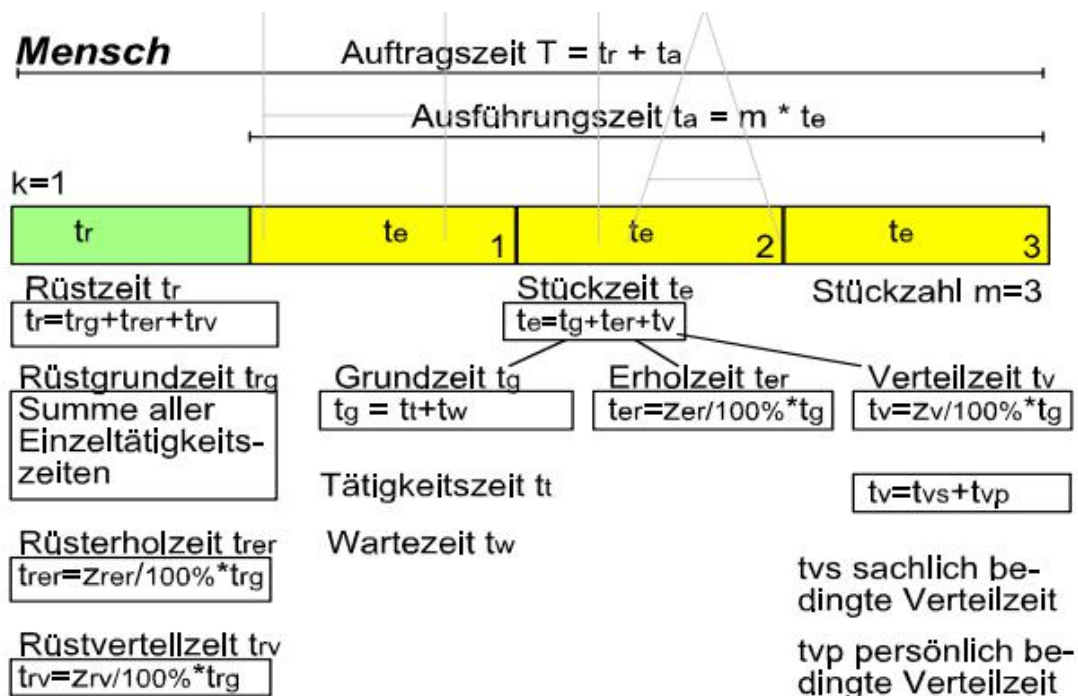


Abb.9 Auftragszeit für den Menschen

Die Ausführungszeit und Rüstzeit gehören zusammen zur Auftragszeit. Sie ist von der Auftragsgröße abhängig, dementsprechend handelt es sich also um eine variable Größe.

Vorgabezeit nach REFA ist eine Sollzeit ausschließlich für von Menschen und Betriebsmitteln auszuführende Arbeitsabläufe. Der Begriff entstammt dem Arbeitsstudium. Vorgabezeiten gehören zum Fertigungsauftrag. Sie beinhalten die Aufgabe, die beschriebenen Verrichtungen in der vorgegebenen Zeit zu vollziehen. Im Arbeitsstudium werden Zeiten von und für Arbeitspersonen, Betriebsmittel und Arbeitsgegenständen unterschieden; so werden beispielsweise Planzeiten für den Arbeitsgegenstand nicht als Vorgabezeit bezeichnet.

Vorgabezeiten beziehen sich gewöhnlich nicht auf das Bearbeiten eines einzelnen Gegenstandes eines Auftrages, sondern auf die Zeit für die Abwicklung des Auftrags in einem Arbeitssystem, der Ausführungszeit. Dies ist eine Konsequenz der verbreiteten losweisen Bündelung von Einheiten zu einem Auftrag. Zur jeweiligen Summe der Zeiten einer Einheit kommt jeweils eine Rüstzeit hinzu, wobei die Rüstzeiten sich in gleicher Weise gliedern, wie die eigentlichen Bearbeitungszeiten.

Für den Menschen (Arbeitsperson) enthalten Vorgabezeiten Grundzeiten, Verteilzeiten und Erholungszeiten. Für das Betriebsmittel (siehe Betriebsmittelzeit) werden keine Erholungszeiten angegeben (obwohl sie über das Zusammenwirken mit dem Menschen wirksam werden können).

Vorgabezeiten können auf unterschiedliche Weise ermittelt werden. Einerseits können sie aus Istzeiten abgeleitet werden (Befragung, Zeitstudie, Selbstaufschreibung, ...) oder sie werden direkt als Sollzeiten mittels geeigneter Verfahren (Berechnen, Vergleichen und Schätzen, SVZ, Planzeiten, ...) festgelegt.

4. Besonderheiten von Fertigungsabläufe im Fertigungssystem

4.1 Einführung[6]

Anhand dieser allgemeinen Zielstellung lässt sich ableiten, dass ein flexibles Fertigungssystem nur begrenzt flexible sein kann, und zwar

- für ein begrenztes Teilesortiment
- für eine begrenzte Stückzahl pro definierte Zeiteinheit
- für einen begrenzten Umfang der durchzuführenden Arbeitsinhalte sowie
- für einen begrenzten Toleranzbereich

Diese Grenzen müssen bereits bei der Planung klar abgesteckt werden, was jedoch ein genau festgelegtes Anforderungsprofil seitens des Anwenders voraussetzt.

Bevor an die Lösung des flexiblen automatisierten Fertigungsvorhabens gegangen wird, sind Ziel und Zweck der flexiblen Automation zu klären, Aus betrieblicher Sicht sind somit folgende Vorgaben zu treffen:

- organisatorische Zielvorgaben (z.B. Schnelles Reagieren auf Veränderung der Auftragslage)
- technische Zielvorgaben (z.B. Aufstellen der Anlage in einem vorgegebenen, räumlich begrenzten Hallenbereich)
- kostenbezogene Zielvorgaben (z.B. Verkürzung der Durchlaufzeiten).

4.2 Prozesstechnische Besonderheiten [7]

4.2.1 Prozesstechnische Anforderungen an Werkzeugmaschinen

Die Zerspanungstechnik beinhaltet die gezielte Formgebung von Werkstücken durch Anwendung spanender Verfahren und Fertigungsmittel. Dabei wird die geometrische Gestaltänderung der Werkstücke durch Abtrennen von Werkstoffteilchen auf mechanischem Weg erzeugt und durch einen oder mehrere Schneidkeile am Werkzeug verwirklicht. Sind diese Schneidkeile des Werkzeugs geometrisch eindeutig zu beschreiben, spricht man von geometrisch bestimmter Schneide, ansonsten von geometrisch unbestimmter Schneide. Die allgemeingültigen Zusammenhänge für die Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide lassen sich anschaulich am

Verfahren „Drehen“ erläutern. Zur Beschreibung der Verfahren sind die Begriffe in der DIN 6580 so festgelegt, dass sie für alle Bereiche der spanenden Fertigung angewendet werden können. Man bezieht sich dabei auf einen einzelnen betrachteten Schneidenpunkt und ein ruhend gedachtes Werkstück.

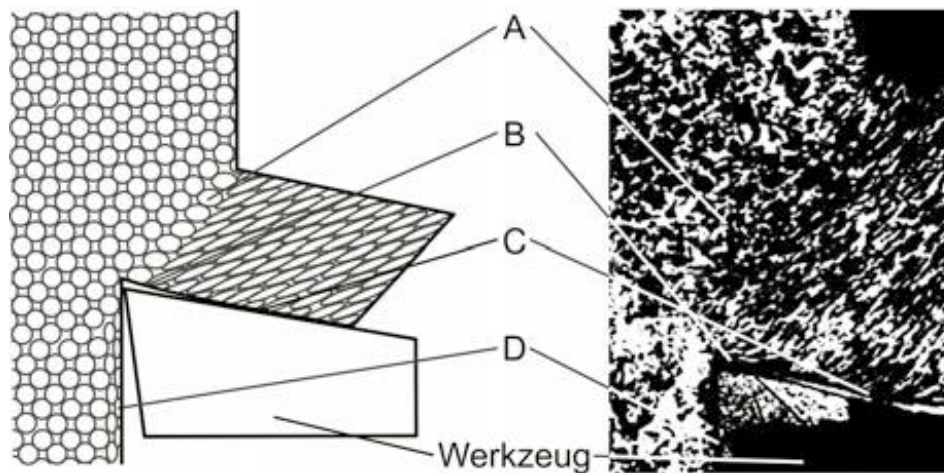


Abb. 10: Spanbildung und Spanstruktur; Quelle: Zerspanung der Eisenwerkstoffe, Stahleisen-Bücher

Spanbildung Der Schneidkeil des Werkzeugs dringt unter Wirkung der Zerspankraft in das Werkstück ein. Bei einer kontinuierlichen plastischen Verformung werden dabei Späne erzeugt. Abhängig von der Struktur des zu zerspanenden Werkstoffes kann man in den vier Bereichen (A, B, C, D) der Spanbildung (Abb. 18) unterschiedliche dominierende Prozesse beobachten.

Im Bereich A geht die Struktur des Werkstoffes durch Scheren in die Struktur des Spans über (Scherspan). Bei spröden Werkstoffen (Grauguss) kommt es zum Abreißen des Werkstoffes (Reißspan). Bei verformungsfähigen Werkstoffen (Stahl, Aluminium) tritt die Trennung erst kurz vor der Schneidkante (Bereich B) ein. Beginnt der Werkstoff in diesem Bereich zu fließen, dann entsteht eine sogenannte Fließschicht (Bereich C), die die Scherschichten verbindet und somit zum Fließspan führt. Ist die Fließschicht nicht sonderlich ausgeprägt und die gescherte Spanstruktur lamellenartig, spricht man vom Lamellenspan. Die entstehenden Spanstrukturen sind im Wesentlichen abhängig von der

Verformbarkeit und der Festigkeit des Werkstoffes (Abb. 19). Im Randbereich D der Schnittfläche ist der Werkstoff des Werkstücks erhöhter Kraftwirkung ausgesetzt und die Gefügestruktur verfestigt sich (Verfestigungszone).



Abb. 11: Spanformen geordnet nach den Spanarten; Quelle: Werkzeugmaschinen Aufbau, Funktion und Anwendung vonspanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen, Springer

Verschleiß und Standzeit Wird die Wirksamkeit der Schneide durch Abnutzung der Frei- und Spanflächen eingeschränkt, so spricht man von Verschleiß des Werkzeugs. Die Auswirkungen sind:

- ein Anwachsen der Zerspankräfte bei gleichzeitiger Veränderung der Verhältnisse zwischen Schnitt-, Vorschub- und Passivkraft,
- eine Erhöhung der Temperatur in den Spanbildungszonen und am Werkzeug, was wiederum zu erhöhtem Verschleiß führt,
- eine veränderte Spanform durch die neue Schneidkeilgeometrie,
- eine in der Regel verschlechterte Oberflächenqualität am Werkstück und größere Verfestigungstiefe gegen Standzeitende.

Schneidstoffe Werkstoffe, aus denen die Schneide besteht und die somit direkt an der Spanbildung beteiligt sind, werden als Schneidstoffe bezeichnet. Aufgrund der

Beanspruchung beim Zerspanungsprozess sollten sie große Härte, Zähigkeit, Verschleiß-, Druck- und Biegefestigkeit besitzen und diese Eigenschaften auch bei hohen Temperaturen und schnellen Temperaturwechseln beibehalten.

4.2.2 Spanende Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide

Geometrisch bestimmte (definierte) Schneide bedeutet im Zusammenhang mit spanenden Verfahren, dass die Flächen und Winkel am Werkzeug reproduzierbar nachgearbeitet werden können.

Drehen Beim Drehen ist das Werkstück mit der Hauptspindel über die Werkstückaufnahme (Futter, Spannzange, Mitnehmerspitze) verbunden und führt eine Rotation (die Schnittbewegung) aus. Die in der Regel einschneidigen Werkzeuge sind in Werkzeughaltern oder Revolverköpfen aufgenommen und werden über verschiedene Schlitten translatorisch bewegt (Vorschubbewegung). Das Positionieren des Werkzeuges zum Werkstück erfolgt ebenfalls mit Hilfe dieser Schlitten. Man unterscheidet Längs- und (Quer-) Plandrehen sowie Kombinationen daraus. Die Größe der auftretenden Zerspankräfte und die Zerspanungsleistung lassen sich nach den Gl. 3.6 bis 3.10 berechnen.

Fräsen Beim Fräsen ist das Werkstück mit dem Maschinentisch über die Werkstückaufnahme (Vorrichtung) verbunden. Die in der Regel mehrschneidigen Werkzeuge sind in der Hauptspindel aufgenommen und rotieren mit dieser (Schnittbewegung). Sowohl Maschinentisch als auch Hauptspindel können über verschiedene translatorisch und/oder rotatorisch bewegte Schlitten die Vorschubbewegung und das Positionieren des Werkzeuges zum Werkstück ausführen. Bezüglich der Richtung von Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit unterscheidet man Gleich- und Gegenlaufräsen (Abb. 20). Die Einteilung in Stirn- und Umfangsfräsen erfolgt unter fertigungstechnischen Gesichtspunkten, ist aber für die Zerspankraftberechnung ohne Bedeutung.

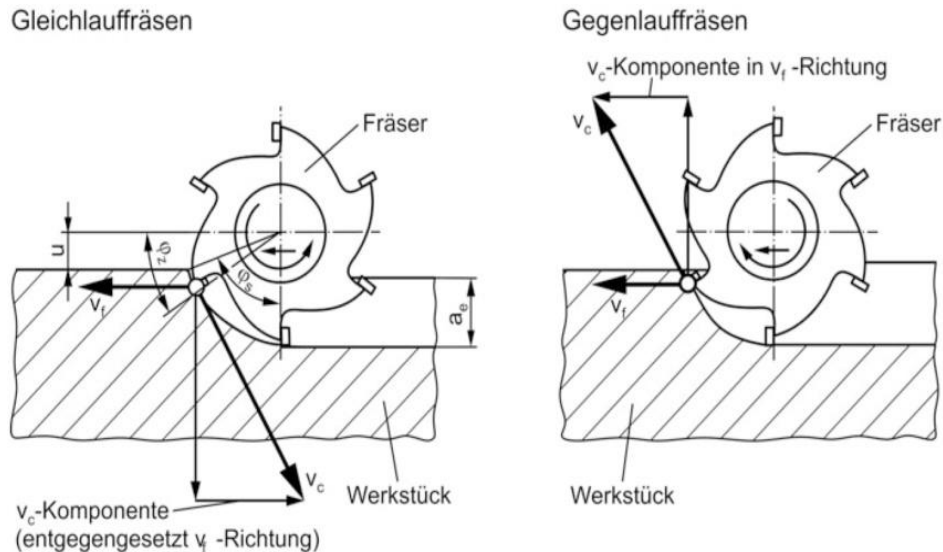


Abb. 12: Gleich- und Gegenlauffräsen; Quelle: Werkzeugmaschinen Aufbau, Funktion und Anwendung von spanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen, Springer

Bohren und Senken Beim Bohren ist das Werkstück in der Werkstückaufnahme (Vorrichtung) aufgenommen und fest oder beweglich mit dem Maschinentisch verbunden. Die Werkzeuge sind in der Regel zweischneidig (aber auch ein- und mehrschneidig), werden in der Hauptspindel aufgenommen und rotieren mit dieser (Schnittbewegung). Die Vorschubbewegung wird durch direkte Translation der Hauptspindel in Richtung ihrer Achse oder der sie tragenden Baugruppen erzeugt.

4.2.3 Spanende Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide

Die spanenden Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide kann man unterteilen in Verfahren mit gebundenem (z. B. Schleifen, Honen) oder ungebundenem Korn (z. B. Läppen). Bei Letzterem ist ein Abschätzen der benötigten Kräfte und Leistungen aus Erfahrungswerten üblich. Aufgrund seiner Bedeutung innerhalb des Werkzeugmaschinenbaus soll hier das Verfahren Schleifen näher betrachtet werden.

Gegenüber der Bearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide stellt das Verfahren Schleifen besondere Anforderungen an die Maschinen:

- Die Schnittgeschwindigkeiten liegen wesentlich höher und erfordern im Zusammenhang mit den eingesetzten Schleifscheibendurchmessern höhere Drehzahlen. Dies wiederum macht entsprechende Schutzeinrichtungen für den Fall des Bruches der Schleifscheiben notwendig.
- Die Vorschubträge und -geschwindigkeiten sowie die Zustellträge sind kleiner und erfordern feinfühligere Mechanismen zu ihrer Realisierung.
- Die durch das Schleifen zu schaffenden Werkstückqualitäten bezüglich Maßhaltigkeit, Form- und Lagegenauigkeit sowie Oberflächenrauigkeit erfordern ausgezeichnete geometrische Genauigkeiten und gutes statisches, dynamisches und thermisches Verhalten der Maschinen.
- Verfahrensbedingt ist in die Schleifmaschinen in der Regel eine Abrichteinrichtung integriert.
- Die Schleiftemperaturen machen eine intensive Kühlung nahe an der Schnittzone erforderlich. Diese bindet außerdem die Späne und den entstehenden Abrieb. Der hohe Kühlschmierstoffbedarf und dessen Reinigung erfordern entsprechende Anlagen.

4.2.4 Automatisierung

Flexibilität unter Produktionsbedingungen ist die Möglichkeit, unterschiedliche Fertigungsaufgaben mit minimalen Umrüstaufwand an den Produktionseinrichtungen zu verwirklichen.

Bei der Fertigungsautomatisierung wird ein permanenter, automatischer Informationsfluss zu und von allen integrierten Stationen realisiert.

Automatisierung im Fertigungsbereich ist die frei programmierbare (flexible) Verkettung numerisch gesteuerter Einzelmaschinen mit Hilfe elektronischer Steuerungen, Sensoren, Rechnern und Stellgliedern, wodurch die Fertigung von unterschiedlichen Werkstücken in beliebiger Reihenfolge und in wechselnden Losgrößen wirtschaftlich erfolgen kann.

Automatisierung umfaßt neben der Entlastung des Menschen von körperlicher Arbeit auch die Übernahme der während des Ablaufs eines Arbeitsprozesses notwendigen „geistige Arbeit“ des Menschen. Bei automatischer Ausführung einzelner Vorgänge muß ein selbsttätiger; programmierter Ablauf gewährleistet sein. Die Aufgaben des Menschen beschränken sich lediglich auf das Überwachen und gelegentliche Eingreifen bei Umstell- oder Umrüstarbeiten und bei Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten. Stellt man den Menschen in den Mittelpunkt der Betrachtung, dann heißt Automatisierung, „einen Vorgang mit technischen Mitteln so einzurichten, daß der Mensch weder ständig noch in einem erzwungenen Rhythmus für den Ablauf des Vorgangs tätig zu werden braucht.

Automat

Nach DIN 19233 ist ein Automat ein künstliches System, das selbsttätig ein Programm befolgt. Aufgrund des Programms trifft das System Entscheidungen, die auf der Verknüpfung von Eingaben mit den jeweiligen Zuständen des Systems beruhen und Ausgaben zur Folge haben. Wesentliches Merkmal eines Automaten ist das Vorhandensein von mindestens einer Verzweigung, also einer mit technischen Mitteln durchgeführten logischen Entscheidung im Programm mit verschiedenen Ablaufmöglichkeiten.

4.2.5 Werkstück- und Werkzeugtransport

Der Automatisierung der Fertigungseinrichtungen wird durch den Automatisierungsgrad der Transport- und der Handhabungseinrichtungen beeinflusst.

| Prinzip | ohne Zugmittel ohne Energiezufuhr | ohne Zugmittel mit Energiezufuhr | mit Zugmittel mit Tragmittel | mit Einzelantrieb |
|-------------|--|---|---|--|
| Bezeichnung | Schwerkraftförderer | Schwingförderer | Kettenförderer | Flurförderer |
| Beispiele | Rutschen Ablaufrinnen Rollenbahnen | Schüttelrutschen Schwingrinnen Schwingbänder Rollenbahnen mit Antrieb einzelner Rollen Pumpenelevator | Elevatoren Kreis-, Hängebahnen Gliederbänder Plattenbänder mit gelenkiger Überdeckung | schienengeführte Transportwagen induktiv gesteuerte Transportwagen fahrbare Roboter für Hochregallager |

Bei Rollenbahnen erfolgt der Transport der Paletten zu den Fertigungseinrichtungen durch Reibschluß der angetriebenen Rollen.

Der Kettenförderer ist ein Transportband, das sich besonders zum Transport kleiner Massen eignet. Er wird zur Verkettung von Fertigungs- und Montageeinrichtungen eingesetzt.

Schienengeführte Transportwagen haben hohe Tragfähigkeit, erreichen hohe Fahrgeschwindigkeiten und sind wenig stör anfällig. Sie erlauben schnelles und exaktes Andocken an der Übergabestation. Die Übergabe der Paletten ist senkrecht zur Fließrichtung meist nach beiden Seiten möglich.

Induktiv gesteuerte Flurförderer sind fahrerlose Fahrzeuge mit vielseitigem Einsatzbereich bei hoher Flexibilität. Durch Codierung der Fahrzeuge ist festgelegt, welche Fertigungseinrichtung beschickt werden soll. Die Fahrzeuge werden induktiv über im Werkstattboden eingelassene Leitungen geführt. Genaues Andocken an der Übergabestation wird durch mechanische Führungen sichergestellt. Gerüste für Transportkomponenten entfallen, Fahrstraßen müssen freigehalten werden.

4.3 organisationische Besonderheiten[8]

Die Erweiterung, Automatisierung und Aggregation von Fertigungsplätzen ist nicht nur eine technische Angelegenheit; vielmehr muss diesen Maßnahmen auch eine Absicht zugrunde liegen, die ihrerseits ihren Niederschlag in einem Organisationskonzept findet.

4.3.1 Komponenten flexibler Fertigungssysteme

Flexible Fertigungssysteme sind keine neuen Maschinen, sondern eine Kombination bereits vorhandener Komponenten:

- Mehrere NC-Maschinen
- mechanische Automatisierungseinrichtungen
- elektronische Steuer- und Überwachungseinrichtungen
- Rechner mit Software

4.3.1.1 Bearbeitungseinheiten

Die Bearbeitungseinheiten sind meistens CNC-Bearbeitungszentren oder Drehzentren, aber auch Schleifmaschinen oder Sondermaschinen oder automatische Montagestationen. Diese Maschinen sind mit allen mechanischen Automatisierungszusätzen ausgerüstet, wie Werkzeugwechsel, Werkstückwechsel oder Handhabungssystemen.

4.3.1.2 Materialflußsystem

Das Materialflußsystem besteht aus schienengebundenen Transportwagen oder schienenlosen, induktionsgeführten Transportwagen, oder einem Paletten-Umlaufsystem, oder Robotern, mit deren Hilfe die zu bearbeitenden Teile und evtl. die Werkzeug zu den einzelnen Stationen und zurück transportiert werden.

4.3.1.3 Steuerungssystem

Das Steuerungssystem besteht aus mehreren, leistungsfähigen CNC's und SPS zur automatischen Steuerung der Maschinen und Einrichtung über werkstückspezifische Ablauf- und Bearbeitungsprogramme, meistens durch entsprechende Fertigungsvorgaben von übergeordneten Leitsystemen und einer zentralen Programmversorgung über DNC.

4.3.1.4 elektronisches Leit- und Informationssystem

Das elektronische Leit- und Informationssystem nach Größe des FFS besteht aus mehreren, hierarchisch gegliederten Rechnern mit Softwarepaketen für unterschiedliche Aufgaben.

CAD für Konstruktion und Berechnung der Werkstücke mit integrierter oder nachfolgender Programmierung der NC-Teilprogramme.

PPS zur Planung der Maschinenbelegung, der Materialvorräte und des Fertigungsablaufes mit Zeitwirtschaft.

DNC zur automatischen Datenversorgung der einzeln CNC's und SPS's.

MDE/BDE zur automatischen Erfassung der Betriebszustände und Ausfallursachen aller im FFS integrierten Komponenten.

MIS (Management-Informationssystem) zur ständigen Meldung des Einzel- und Gesamtzustandes der Anlagenkomponenten an die Fertigungs-, Betriebs- und Firmenleitung.

4.3.1.5 Datenerfassungs- und Übertragungssystemen

Die Aufgabe von Datenerfassungs- und Übertragungssystemen ist, den in einem FFS erforderlichen Datenverkehr schnell und sicher auszuführen. Dazu müssen einheitliche Datenschnittstelle an allen anzuschließenden Komponenten vorhanden sein. Für den Datenaustausch stehen verschiedene Übertragungssysteme zur Verfügung, wie Stern- oder Ringleitungen mit unterschiedlichen Software-Prozeduren.

Zur automatischen Erfassung von Daten, wie beispielweise Werkstückcodierungen oder Werkzeugdaten, haben sich Barcodeleser und mechanische oder magnetische Codiereinrichtungen am besten bewährt. Aufgrund der zunehmenden Datenmenge werden immer mehr elektronische Datenspeicher mit kontaktloser Übertragung eingesetzt.

Die Vernetzung der einzelnen Rechner erfolgt durch dafür geeignete BUS-Systeme, dem sogen. Werks- oder Fabrikbus.

4.3.1.6 Meß-, Überwachungs- und Kontrollsystemen

Meß-, Überwachungs- und Kontrollsystemen sind zur Sicherstellung und Überwachung der ständigen Maschinenverfügbarkeit, der Qualität und des Bearbeitungsablaufes

durch Kontroll-Messungen an den bearbeiteten Werkstücken, durch Überwachung der Werkzeug,

durch automatisches Einstellen und Nachführen der Werkzeugkorrekturen, durch Überwachung des Werkstücktransportes zur Vermeidung von Kollisionen, durch rechtzeitige Warnungen vor aufkommenden Störungen und Meldung der Fehlerursachen bei Störungen und Ausfällen.

4.3.1.7 Ver- und Entsorgungssysteme

Ver- und Entsorgungssysteme sind für Kühlmittel und Späne, die in großen Mengen unterbrechungslos zu bewältigen sind.

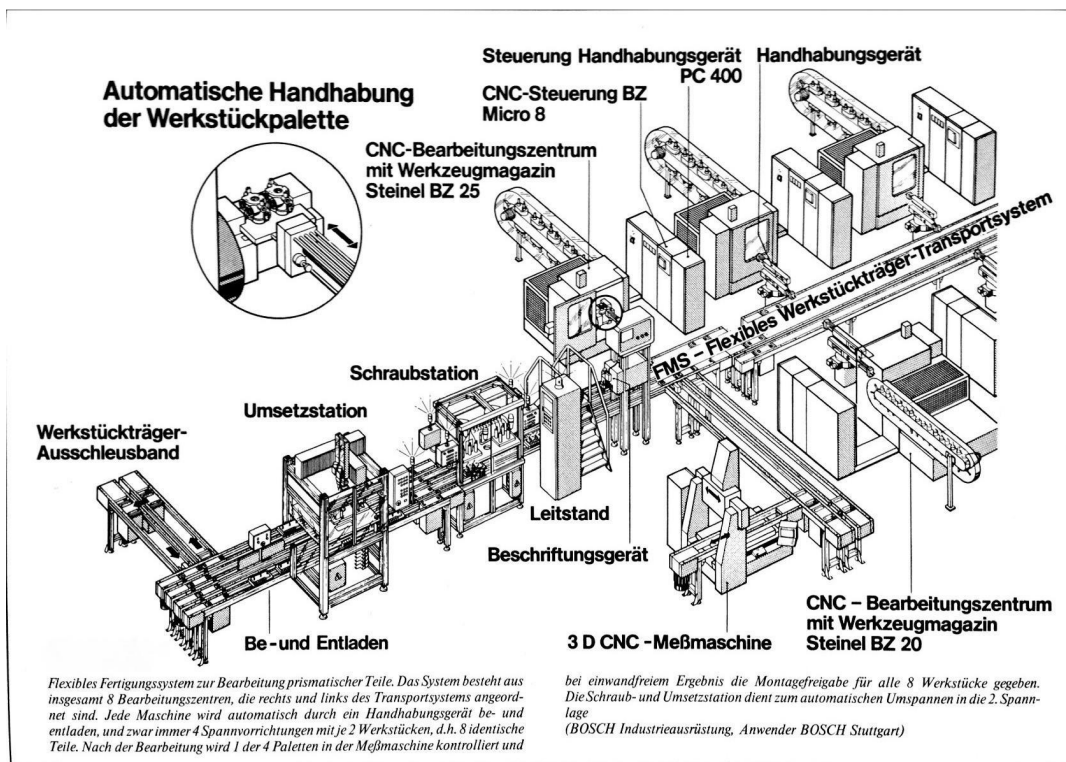


Abb. 13: Beispiel eines ausgeführten FFS; Quelle: Buch1

4.4 Materialplanung

Die Materialplanung als Teil der Fertigungsplanung läßt sich in verschiedene Teilaufgaben gliedern, die nicht unbedingt in der genannten Reihenfolge ablaufen müssen :

1. In Zusammenarbeit mit der Konstruktion wird eine technische Zeichnung angefertigt, die Auskunft über die Gestalt des Werkstücks gibt. Über die Anforderungsliste wird das Rohmaterial ausgewählt und eine Stückliste aufgestellt.
2. Die Form und die Abmessungen des Rohteils werden festgelegt. Die Stücklisten werden ggf. um diese Daten ergänzt, die darüber hinaus direkt in die Arbeitspläne eingehen.
3. Wenn mehrere gleiche oder verschiedene Teile aus einem Rohmaterial gefertigt werden, muß ein auf die jeweiligen Mengenverhältnisse abgestimmter Verschnittplan zusammengestellt werden, um den Abfall möglichst minimal zu

halten und so die Herstellkosten zu senken; der Verschnittplan regelt die optimale Anordnung der Teile im Rohmaterial.

4. In einer mittelfristigen Planung wird entschieden, welche Materialien, Halbzeuge etc. auf Lager gelegt werden. Dafür sind Informationen aus der Fertigungs-programm-, Einkaufs- und Lagerplanung abzurufen. Hier wird über Eigenfertigung oder Fremdbezug entschieden und ein mittelfristiger Materialbe-darfsplan aufgestellt.

4.5 Durchlaufzeit

Betrachtet man den Durchlauf eines Fertigungsauftrages, ist es allgemein üblich, die einzelnen Fertigungsaufträge mit ihren jeweiligen Arbeitenvorgängen auf der Zeitachse abzubilden. Die Zeitspanne von der Entnahme des Materials bis zur Ableiferung an ein Zwischenlager oder die Montage wird dabei allgemein als **Auftrags-Durchlaufzeit** bezeichnet. Begrifflich handelt es sich um einen unscharfen Ausdruck, es müßte Auftrags-Durchlaufdauer, -Durchlaufrist oder -Durchlaufspanne heißen. Die Zeit für einen Arbeitsvorgang ist hierbei die kleinste Einheit, sie ist die **Arbeitsvorgangs-Durchlaufzeit**. Die weitere Gliederung und die Abgrenzung der Durchlaufkomponenten ist sowohl im Schrifttum als auch in der Praxis sehr unterschiedlich.

Abb. 21 zeigt einen unwesentlich veränderten Vorschlag von Heinemeyer, der durch den weiteren Ausführungen zugrunde liegt. Demnach unterscheidet man drei Betrachtungsebenen. Auf der Auftragsebene existieren einzelne Arbeitsvorgänge AG_1 bis AG_K . Jeder Arbeitsvorgang wird auf der Arbeitsvorgangsebene in fünf weitere Bestandteile zerlegt, und zwar in:

- Liegen nach Bearbeiten,
- Transportieren,
- Liegen vor Bearbeiten,
- Rüsten
- Bearbeiten.

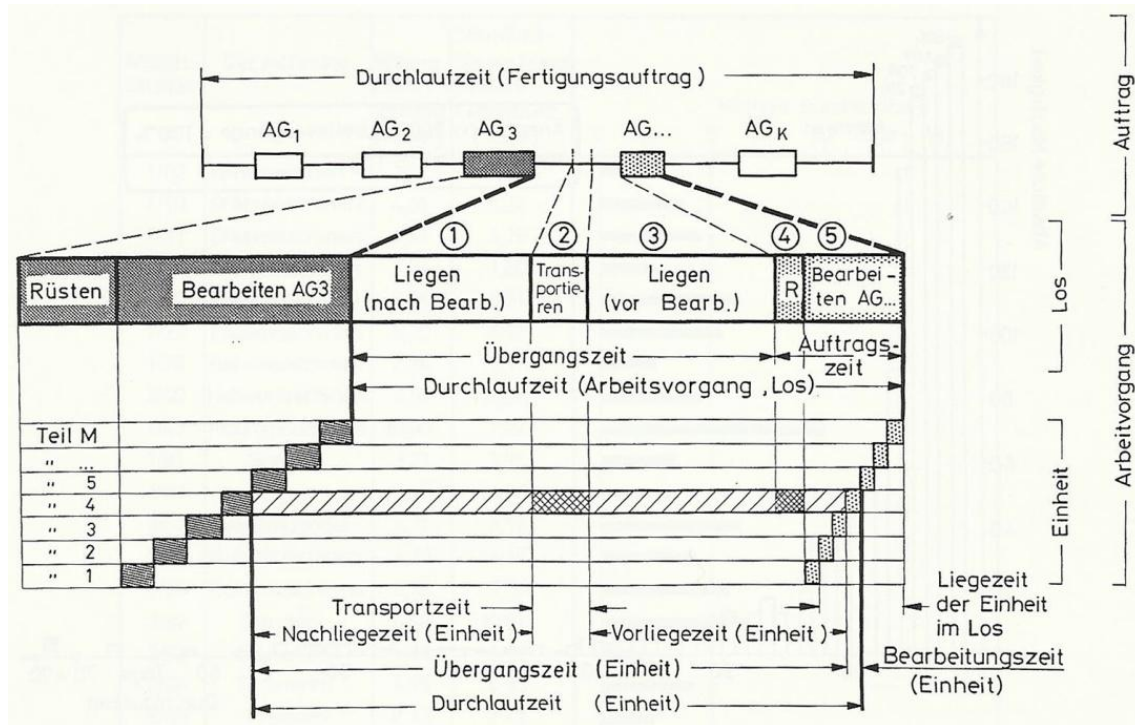


Abb. 14: Durchlaufzeitabteile von Losen und Fertigungsaufträgen; Quelle: Heinemyer, IFA

Das Vorgehen zur Berechnung des vereinfachten Durchlaufelementes soll zunächst allgemein anhand von Abb. 22 diskutiert werden. Die **Durchlaufzeit ZDL** errechnet sich aus der Differenz der Abmeldezeitpunkte TBEV (Bearbeitungsende Vorgänger) und TBE (Bearbeitungsende). 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.

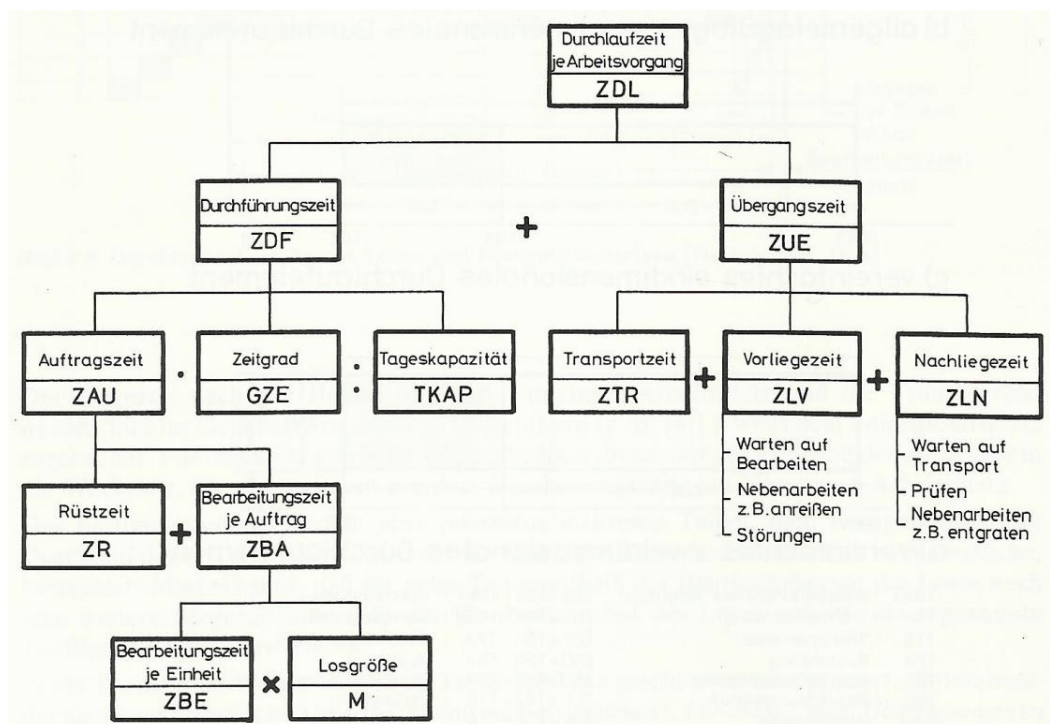


Abb. 15: Zusammensetzung der Durchlaufzeit an einem Arbeitsplatz; Quelle: Heinemyer, IFA

Die **Übergangszeit** besteht aus den Komponenten **Transportzeit ZTR** und den **Liegezeiten ZLN** und **ZLV**. Die Transportzeit spielt nur bei einer schlechten Transportorganisation eine Rolle. In den Liegezeiten sind häufig auch Arbeiten für die Qualitätsprüfung oder 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- oder gar Sekundenbereich arbeiten. Der weitaus überwiegende 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.

5. Prozessorganisation[9]

5.1 Transport-, Umschlag- und Lagerungshilfsmittel (kurz TUL)

Teileflußeinheiten können entsprechend Abb. 23 in den Varianten: ohne TUL, mit Standard-TUL und Spannpaletten zusammengestellt werden.

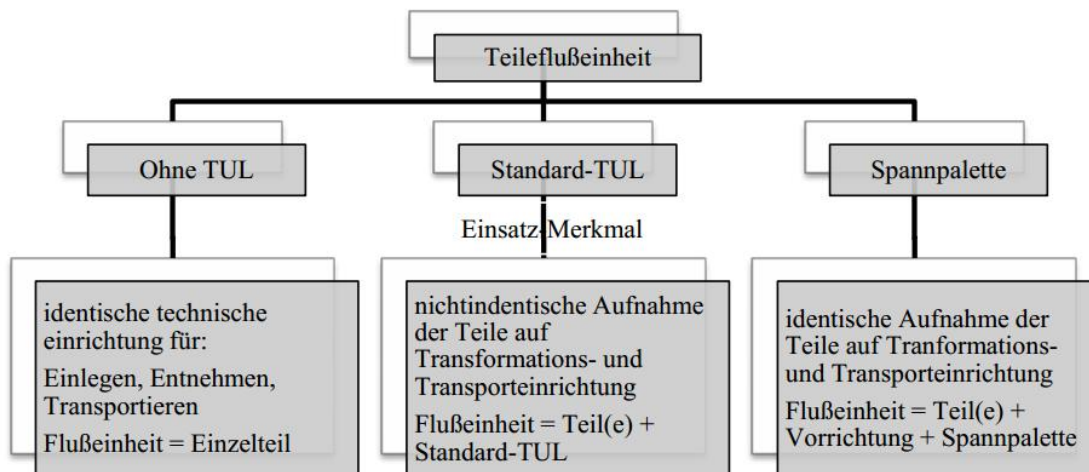


Abb. 16: Einsatzmerkmale zur Bildung von Teileflußeinheiten

TUL-Hilfsmittel müssen je nach ihrer Stellung im Teileflußsystem im Zusammenwirken mit allen Einrichtungen des TFS und entsprechend der aufzunehmenden Werkstücke oder Teile verschiedenartige Anforderungen erfüllen, die sich zu vier Hauptfunktionen verdichten lassen;

- Zusammenfassungsfunktion
Diese Funktion beinhaltet das Tragen und evtl. Umfassen der Werkstücke und fasst diese zu Einheiten zusammen.
- Schutzfunktion
Schutz der Werkstücke vor Beschädigung durch konstruktive Elemente für Aufnahme bzw. Lagesicherung, die z.B. das Berühren der Werkstücke untereinander ausschließen.
- Handhabungs- und Bereitstellungsfunktion

Gewährleistung einer unkomplizierten Beschickung und Entleerung – auch bei manueller Handhabung – sowie Lagesicherung und Positionierung unter Berücksichtigung der Fertigungsbedingungen und möglicher Beeinflussung durch TUL-Einrichtungen.

- Informationsfunktion

Vorhandensein von Informationsträgern zur Speicherung Handhabungs – und fertigungsbezogener Daten. (gemäß Abb. 24)

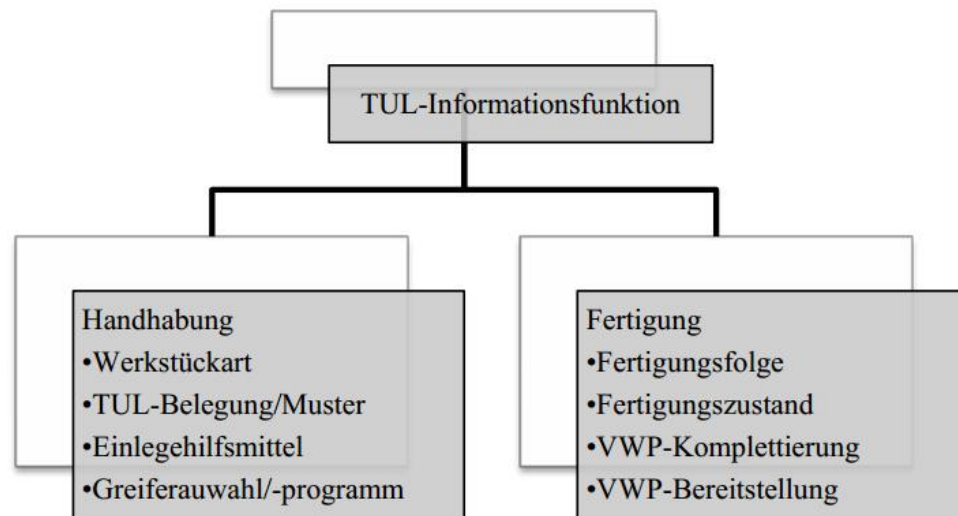


Abb. 17: Informationsfunktion von TUL-Hilfsmitteln

5.1.1 Auswahl der TUL-Hilfsmittel

Die TUL-Auswahl erfolgt einerseits nach den genau festzulegenden Grenzen des TUL-Kreislaufes und andererseits nach den technologisch sinnvollen Zusammenfassung-, Schutz- und Bereitstellfunktionen. Die geschieht nach der in Abb. 25 angegebenen Klassifizierung der TUL und den im Abb. 26 dafür aufgezeigten Ausführungen der jeweiligen TUL-Arten.

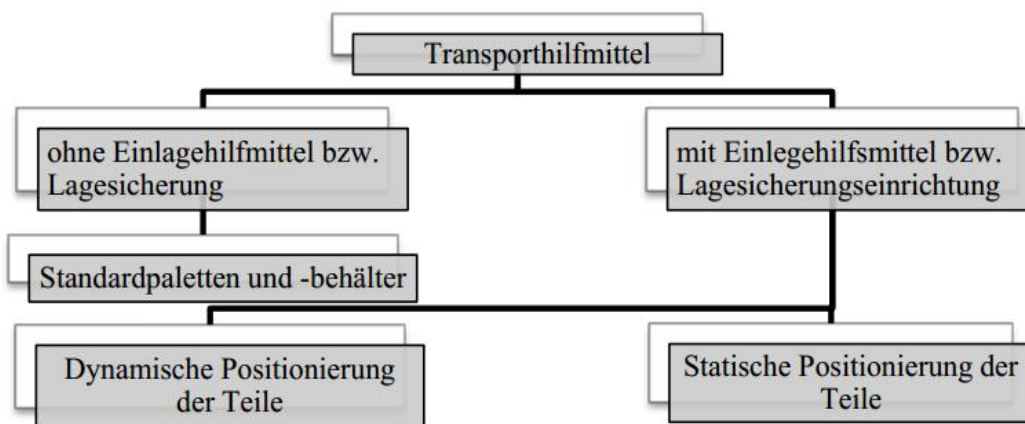


Abb. 18: Klassifizierung der Transporthilfsmittel für Teilefertigung

5.2 Transporteinrichtungen

Auf der Grundlage der Elementarisierung des TUL-Prozesses werden in Abhängigkeit von der gewählten Grundvariante des Werkstückflusses die Ausrüstungen zum Verbinden der Fertigungsplätze und Speicher bestimmt und ausgewählt.

Die Transporteinrichtungen dienen dieser Verknüpfung, indem sie die Teilfunktionen Fördern und Umschlagen (Übergeben und Handhaben) ausführen.

Dabei sind folgende prinzipielle Aufgaben zu lösen:

- Positionierung und Steuerung der Transporteinheiten bei vorrangigem Einsatz einer komplexen Systemsteuerung, die unmittelbar mit der Steuerung bzw. mit Steuerungsbaugruppen des TUL-Systems oder Fertigungssystems korrespondieren kann;
- direkte Kooperation mit dem Guteingangs- und -ausgangsplatz- und -gruppengebundenen Werkstückspeichern;
- Wahlfreie Verknüpfung aller Speicherplätze, Fertigungsplätze und Fertigungsgruppen zur Gewährleistung unterschiedlicher Fertigungsvorgangfolgen;
- Mögliche Übernahme der Gutein- und -auslagerung unter der Bedingung, dass das System nur einen internen Speicher besitzt.

5.3 Umschlagrichtungen

5.3.1 Übergabeeinrichtung

Übergabeeinrichtung (ÜE) sind verbindende Elemente in einem Fertigungssystem. Ihre Kopplungspartner sind

- Fördereinrichtung (FöE),
- Lagereinrichtung (LE),
- Fertigungsplatzgebundene Speicher (LEü) (Bereitstellplätze),
- Fertigungseinrichtungen (FE).

Durch Kombination der kopplungspartner ergeben sich drei Kopplungsfälle, z.B. :

- a) Lager-(LE)Übergabe-(ÜE)-Fördereinrichtung(FöE),
- b) Förder-(FöE)-Übergabe-(ÜE)-Bereitstellplatz(LEü),
- c) Förder-(FöE)-Übergabe-(ÜE)-Fertigungseinrichtung(FE).

Die Kopplung innerhalb einer systemlösung als auch zwischen den Systemlösungen unterschiedlicher Ordnung ist z.B. in Form der Variante

Förder-(FöE₍₃₎-Übergabe-(ÜE)-Fördereinrichtung(FöE₍₂₎)

Möglich, wobei

FöE₍₃₎ die Fördereinrichtung des Fertigungsabschnittes und

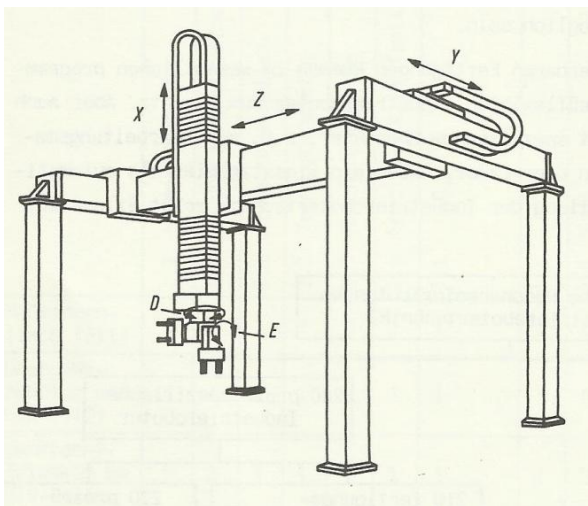
FöE₍₂₎ die der Fertigungsplatzgruppe bedeuten.

5.3.2 Handhabeinrichtungen

Handhabeinrichtungen sind technische Lösungen zur Bewegung eines Einzelteiles von einem fertigungsplatzgebundenen Speicher (Bereitstelleinrichtung) zur Fertigungseinrichtung, wobei diese Bewegung entweder auf einem Spannplatz oder mit hoher Präzision direkt im Spannraum der Maschine endet.

Während in konventionellen Fertigungen die Handabeeinrichtungen im wesentlichen zur Produktivitätssteigerung und dem Abbau körperlich schwerer und monotoner Arbeit dienen, sind ihre Aufgaben in automatisierten Fertigung

- die ständige, mit dem automatischen Bearbeitungsprozeß abgestimmte Beschickung der Fertigungseinrichtung, wobei durch entsprechende Steuerungstechnik
 - immer die gleicher Bearbeitungsaufgabe oder
 - wechselnde Bearbeitungsaufgaben gesichert werden;
- die erforderliche Positionierung des Teils für die nachfolgende Bearbeitung;
- sich an die vor- und nachgelagerten Einrichtungen, also die kopplungspartner, anzupassen, d.h.
 - je mehr eine Fertigungseinrichtung automatisiert ist, um so mehr ist sie für den Einsatz automatischer Handabbeeinrichtungen geeignet. Das gibt insbesondere für das Spannen, das Öffnen und Schließen des Einzelteiles die Handabbeeinrichtung selbst übernimmt, um so weniger Bewegungen hat die Bereitstellereinrichtung zu realisieren. Der Bereitstellplatz wird einfacher und das Zusammenspiel zuverlässiger;
 - dass das Steuerungsniveau von Bearbeitungsmaschine, Handhabe- und Bereitstellereinrichtung im wesentlichen übereinstimmen sollte. Eine Kopplung bzw. Integration zu einer übergeordneten Steuerung sollte möglich sein.



*Y, Z Portalwagen; X Hubeinheit;
D Dreheinheit; E Schwenkeinheit*

Abb. 19: Flächenportalroboter mit NC-gesteuerten Bewegungsbaugruppen; Quelle: Flexible Fertigungssysteme, VEB Verlag Technik Berlin

Als Handhabeinrichtungen in automatisierbaren Fertigungen kommen im wesentlichen programmierbare Manipulatoren in Form der Prozeßflexiblen Industrieroboter zum Einsatz. Aber auch festprogrammierbare Industrieroboter mit spezifischem Charakter, z.B. mit Bearbeitungsmaschinen integrierte Einlegeeinrichtungen oder Lader, haben ein Einsatzgebiet als automatisierte Handhabeinrichtung.

5.4 Lagerungseinrichtungen

5.4.1 Lager für Fertigungsabschnitte und -bereiche

Neben den bereits dargestellten allgemeingültigen Anforderungen an TUL-Einrichtung sind insbesondere bei Lagern für Fertigungsabschnitte und -bereiche (Teileflußsysteme 3. und 4. Ordnung) folgende Anforderung bei der Funktionsbestimmung, Dimensionierung und Gestaltung zu berücksichtigen:

- Umsetzung einer aus dem Strukturierungskonzept abzuleitenden horizontalen und vertikalen Intergration, d.h. Übernahme der Speicherfunktionen für vor- und nachgelagerte Strukturen (z.B. Roh- und Fertigteil Lagerung) für das betrachtete Teileflußsystem);
- Integration von Umschlagfunktionen (aktive Speicherelemente) und direkte Anbindung umschlagintensiver Strukturen wie Teileeingang und –ausgang, Kommissionier- bzw. Spannplätze sowie Kontrollplätze;
- Intergration weiterer Flußsysteme, wenn z.B. für Vorrichtungen, Werkzeuge oder Prüfmittel gleichartige TUL wie für den Werkstückfluß zum Einsatz kommen können.

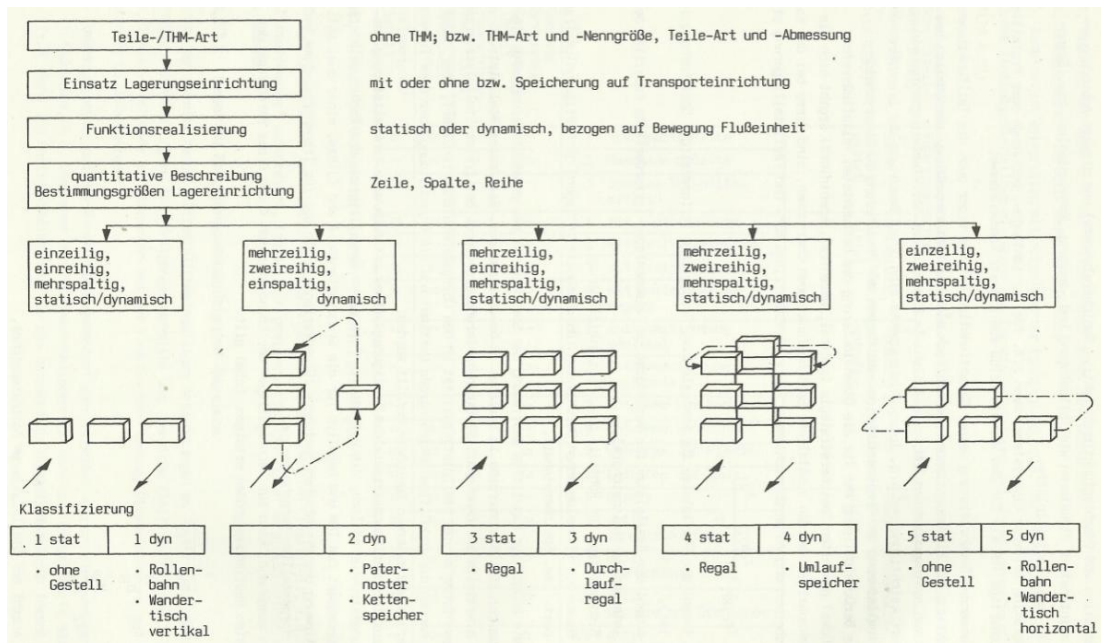


Abb. 20: Klassifizierung Speicher/Lagerungseinrichtung für Teilflußsysteme 2. Ordnung;
 Quelle: Flexible Fertigungssysteme, VEB Verlag Technik Berlin

6. Praktisches Beispiel [10]

6.1 Beispielbeschreibung

An den dargestellten Kurbelgehäusen aus EN AC-44200 (G-ALSi12, sandgestrahlt: $R_m=150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$) sollen auf einem zweispindeligen Fräswerk (mit jeweils einer nacheinander angeordneten waagerechten und senkrechten Werkzeugspindel) die Lagerstellen und Teilflächen in einem Schnitt vorgearbeitet werden.

Der Durchmesser für die waagerechte Fräsespindel beträgt $d_{Sp} = 100,00 \text{ mm}$. Drehzahlen sind nach R20/2 und Vorschubgeschwindigkeiten nach R10 gestuft; Aufmaße: 5,00mm; Standzeit $T=480\text{min}$; Schneidstoff K20; Wartezeit $t_{Warte} = 10 \text{ min}$ (inkl. Werkstückwechselzeit).

1. Prüfen Sie, ob bei einschichtiger Fertigung auf dem Fräs Werkzeug täglich 35 Kurbelgehäuse bearbeitet werden können!
2. Berechnung der erforderlichen Maschinenhauptzeit je Werkstück t_H
3. Bestimmen der Zeit pro Einheit/Werkstück t_e und Anzahl täglich herstellbarer Gehäuse “ m ”

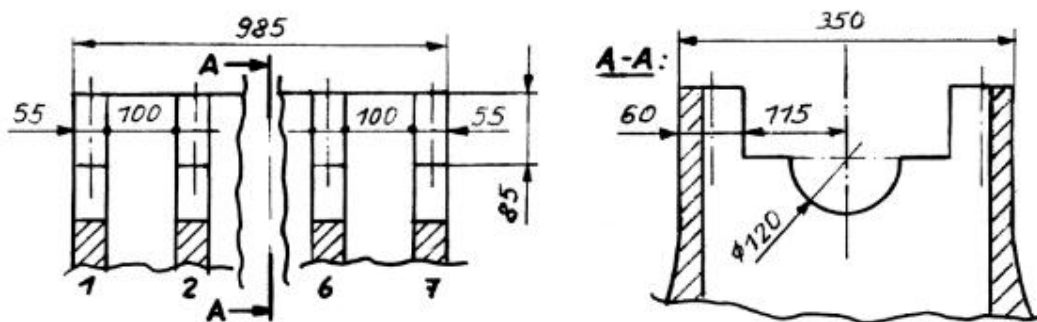


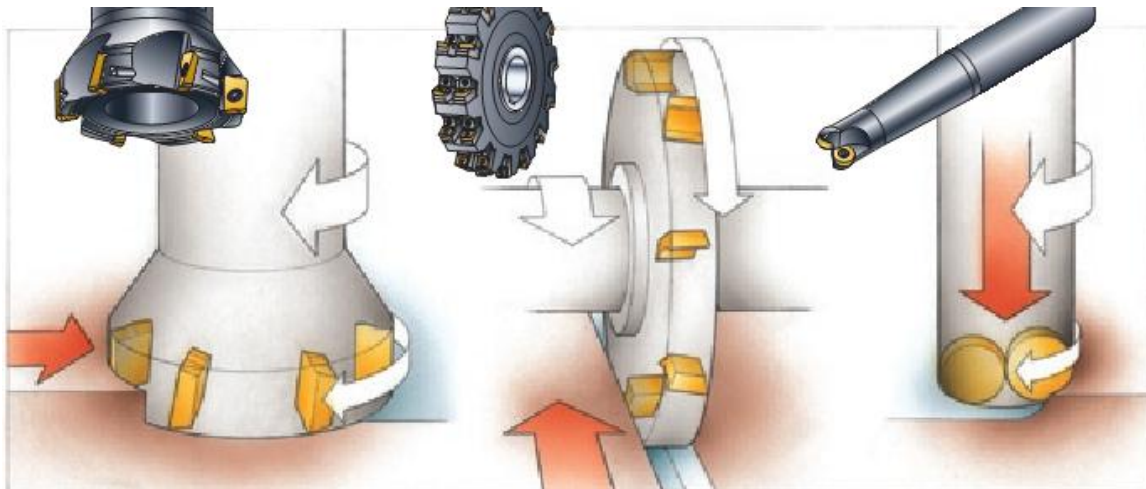
Abb.21 Aufgabensammlung Fertigungstechnik, Klaus Lochmann Fachbuchverlag Leipzig

6.2 Fräsenmaschine

6.2.1 Grundlage des FräSENS

Das Fräsen ist eine sehr universelle Bearbeitungsmethode. In den letzten Jahren hat sich das Fräsen parallel mit den Entwicklungen der Werkzeugmaschinen zu einer Methode entwickelt, die einen sehr breiten Anwendungsbereich abdeckt. Die Wahl der richtigen Fräserstrategie ist bei den heutigen mehrachsigen Maschinen nicht mehr so leicht – zusätzlich zu den vielen herkömmlichen Anwendungen ist das Fräsen eine interessante Alternative für die Fertigung von Bohrungen und Hohlräumen, der Bearbeitung von Gewinden und drehend herzustellenden Oberflächen. Die Werkzeugentwicklung hat dazu beigetragen, dass in der Wendeschneidplatten- und Vollhartmetalltechnologie neben neuen Möglichkeiten auch eine höhere Produktivität und Zuverlässigkeit sowie eine gleichbleibendere Qualität erreicht wurde.

Fräsen ist prinzipiell das Zerspanen von Metall mit einem rotierenden Vielschneidenwerkzeug, das Werkstück kann über programmierte Vorschubbewegungen in nahezu jeder Richtung bearbeitet werden. Genau diese Schneidwirkung macht das Fräsen zu solch einer effizienten und vielseitigen Bearbeitungsmethode. Jede Schneidkante entfernt mit einem begrenzten Eingriff eine bestimmte Menge Metall, wodurch Spanforen und Spanabfuhr zweitrangig werden. Noch immer wird das Fräsen überwiegend zur Erzeugung planer Stirnflächen verwendet – so wie beim Planfräsen - aber mit zunehmender Anzahl fünfschiger Bearbeitungszentren und Dreh-/Fräszentren nehmen andere Formen und Oberflächen ebenfalls zu.



Ein Fräser führt im Grunde einen oder eine Kombination der folgenden Grundschnitte aus: (A) radial, (B) Peripherie und (C) axial. Diese Vorschubrichtungen im Verhältnis zur Drehachse des Werkzeugs lassen sich bei allen Fräsmethoden und Varianten feststellen. Zum Beispiel:

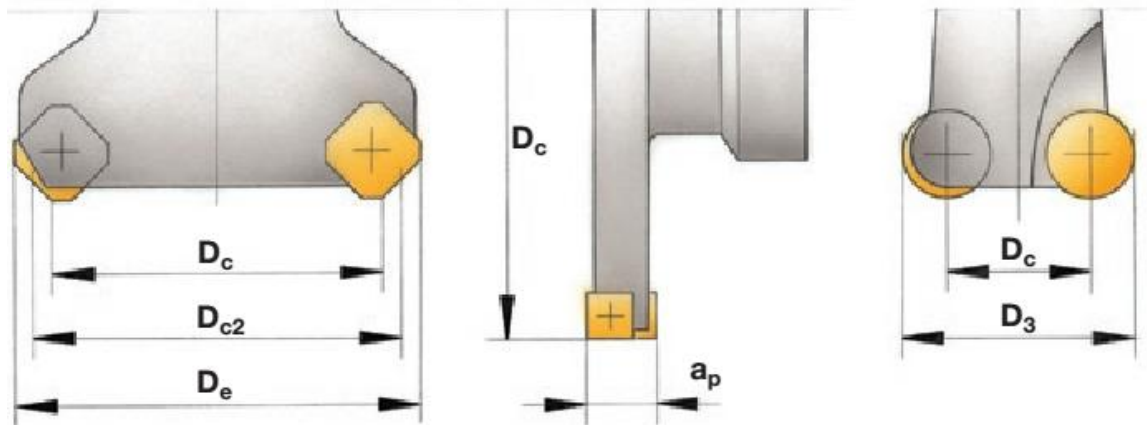
Planfräsen ist ein kombinierter Schnitt entlang der Schneidkanten, hauptsächlich derjenigen an der Peripherie und teilweise entlang der Schneidkanten an der Stirnseite des Werkzeugs. Der Fräser rotiert im rechten Winkel zur Vorschubrichtung. Beim Peripherie- und Planfräsen wird hauptsächlich die Schneidkante der Werkzeugperipherie genutzt.

Beim Tauchfräsen wird überwiegend die Schneidkante an der Stirnseite des Werkzeugs genutzt, da dieses axial verfährt und somit teilweise als Bohrer fungiert.

Zum Erörtern der Fräsbearbeitung sollten einige Definitionen festgelegt werden:

Der Fräserdurchmesser (D_c) der größte Durchmesser (D_{c2} oder D_3) der effektive Durchmesser (D_e), der die Basis für die Schnittgeschwindigkeit bildet. Die Schnittgeschwindigkeit (v_c) in m/min gibt die Geschwindigkeit an, mit der die Schneidkante das Werkstück bearbeitet. Dies ist ein werkzeugorientierter Wert und Teil der Schnittdaten, der gewährleistet, dass die Bearbeitung effizient innerhalb der Empfehlung für das Werkzeugmaterial ausgeführt wird.

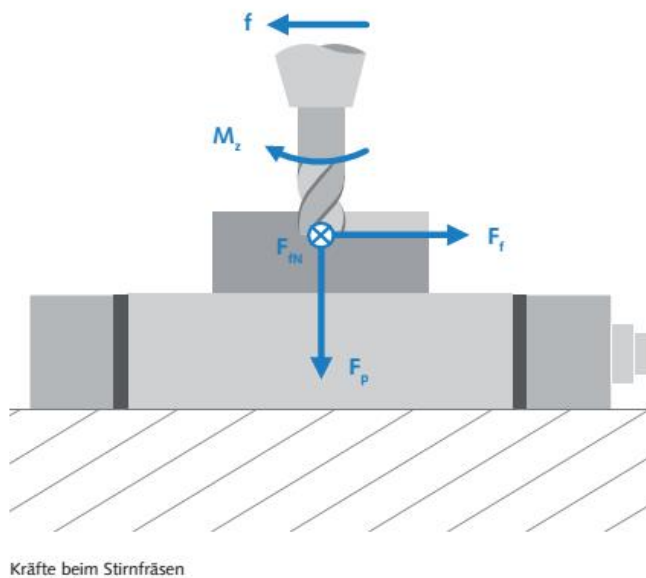
Die Spindeldrehzahl (n) in U/min ist die Anzahl der Umdrehungen des Fräsers pro Minute. Dies ist ein maschinenorientierter Wert, der aus der für eine bestimmte Bearbeitung empfohlenen Schnittgeschwindigkeit berechnet wird.



6.2.2 strinfräsen

Beim sogenannten Messerkopffräsen (Stirnfräsen oder Planfräsen) wird die Oberflächengüte wesentlich von der Nebenschneide bestimmt. Die Lagegenauigkeit der einzelnen Schneidkörper untereinander ist von großer Bedeutung. Eine sorgfältige Werkzeugvoreinstellung der zunehmend eingesetzten Messerköpfe mit Wendeschneidplatten aus Hartmetall bestimmt das Standzeitverhalten, da einzeln vorstehende Schneiden schneller verschleifen. Bei nicht einstellbaren Fräskörpern sind entsprechend hohe Genauigkeitsanforderungen an die Fräsergrundkörper (Wendeschneidplattensitze) zu stellen. Die Fräsergrundkörper sollten eingeschliffene Kontrollflächen (Kontrollringe) zur Überprüfung der axialen und radialen Rundlaufgenauigkeit an der Werkzeugmaschine aufweisen.

Kleinere Messerköpfe werden üblicherweise mit Fräserdornen an der Maschinenspindel befestigt. Der Dorn wird im Innenkegel der Maschinenspindel zentriert und über eine Zugstange festgehalten. Mitnehmerkeile an der Spindelnahe greifen in entsprechende Nuten am Dorn ein. Der Messerkopf wird mit seiner Zentrierbohrung vom Führungszapfen des Dorns aufgenommen und mit einer Schraube in der Mitte festgespannt. Hierzu verwendet man Sonderschrauben für Haken- oder Zapfenschlüssel, aber auch normale Innensechskantschrauben.



Kräfte beim Stirnfräsen

Messbare Kräfte beim Fräsen mit stationärem Dynamometer

- Vorschubkraft F_f
(Kraft in Vorschubrichtung des Werkzeugs)
- Vorschubnormalkraft F_{fN}
(Kraft senkrecht zu F_f)
- Passivkraft F_p

Messbare Kräfte beim Fräsen mit rotierendem Dynamometer

- Spindeldrehmoment M_z
- Passivkraft F_p
- Kräfte F_x und F_y in der Arbeitsebene

6.2.3 Umfangsfräsen

Beim Umfangsfräsen bestimmen die Hauptschneiden die Werkstückoberfläche. Es wird entweder im Gegen- oder im Gleichlaufräs-Verfahren gearbeitet. Dort wo es die maschinenseitigen Bedingungen erlauben, sollte insbesondere bei labilen Werkstücken im Gleichlaufverfahren gearbeitet werden. Beim Gegenlaufräsen entstehen zu Schnittbeginn Quetschungen wegen Unterschreitung der Mindestspannungsdicke mit der Folge von schlechten Oberflächengüten und der Gefahr von RatterSchwingungen.

Einen typischen Anwendungsfall des Umfangsfräsens stellt das Scheibenfräsen zur Herstellung von Nuten dar. Diese Werkzeuge werden für die Stahlbearbeitung mit lochgeklemmten Hartmetallwendeschneidplatten angeboten. Bei Wahl des Vorschubes pro Zahn ist darauf zu achten, daß die Spandicken 0,1 mm nicht unterschreiten.

6.3 Zeitbezogenen Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Gegenbenheit

- ◆ Vorbetrachtungen (Teilung des Fräsvorganges in das Fräsen der Teilflächen und Lagerstellen):

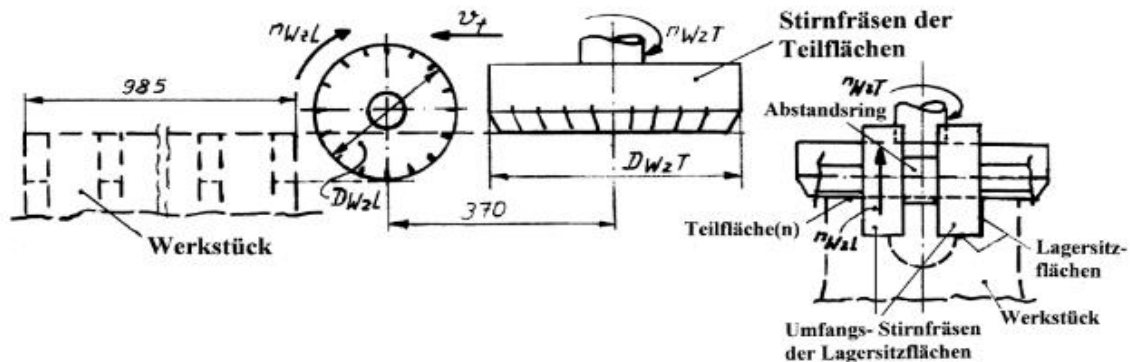


Abb.22 Aufgabensammlung Fertigungstechnik, Klaus Lochmann Fachbuchverlag Leipzig

Der Vorschub pro Minute (v_f) in mm/min, auch Tischvorschub, Maschinenvorschub oder Vorschubgeschwindigkeit genannt, ist der Vorschub des Werkzeugs in Bezug auf das Werkstück pro Zeiteinheit. Er berechnet sich aus dem Vorschub pro Zahn, der Anzahl der Zähne im Fräser, sowie der Spindeldrehzahl.

Der Vorschub pro Zahn (f_z) in mm/Zahn ist beim Fräsen ein Wert für die Berechnung des Tischvorschubs. Da der Fräser ein Vielschneiden-Werkzeug ist, wird ein Wert benötigt, um sicherzustellen, dass jede Schneidkante unter günstigen Bedingungen arbeitet. Dies ist die Entfernung, die das Werkzeug zurücklegt, während ein bestimmter Zahn in den Schnitt eingreift. Der Wert „Vorschub pro Zahn“ wird aus dem empfohlenen Wert der maximalen Spandicke errechnet.

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Fräszähne im Werkzeug (Z_n) variiert

beträchtlich und wird zur Bestimmung des Tischvorschubs benötigt, die „Anzahl effektive Zähne“ (Z_c) ist die Anzahl der effektiven Zähne. Werkstückstoff, Werkstückbreite, Stabilität, Leistung und Oberflächengüte nehmen Einfluss auf die Entscheidung, wieviele Zähne verwendet werden sollen.

„Vorschub pro Umdrehung“ (f_n) in mm/U ist ein Wert, der speziell für die Vorschubberechnungen und oft auch für die Bestimmung der mit einem Fräser erreichbaren Oberflächengüte verwendet wird. Dies ist ein Wert, der angibt, wie weit sich das Werkzeug während einer Umdrehung bewegt.

Aus der Skizze folgt:

Fräserdurchmesser für die Bearbeitung der Teilflächen:

$$D_{Wz-T} \approx 1,25 \cdot a_e \text{ in mm} \\ \approx 1,25 \cdot 350,00 \text{ mm} \approx 437,50 \text{ mm}$$

$$D_{Wz-T} = 400 \text{ mm} ;$$

Gewält nach Tabelle mit $Z_T = 52 \text{ mm}$ und Werkzeuganwendungsgruppe „N“.

Werkzeugdurchmesser für das Fräsen der Lagersitzflächen:

$$D_{Wz-T} \approx 2 \cdot (85,00 + 5,00) \text{ mm} + 100,00 \text{ mm} + 20,00 \text{ mm}$$

5,00 mm Bearbeitungsaufmaß

100,00 mm Durchmesser des Fräserdornes

20,00 mm Sicherheitswert

$$\approx 300,00 \text{ mm}$$

$$D_{Wz-T} = 315 \text{ mm} ;$$

Gewält nach Tabelle mit $Z_L = 40$ und Werkzeuganwendungsgruppe „N“.

◆ Berechnung der erforderlichen Maschinenhauptzeit je Werkstück „ t_H “

$$t_H = \frac{i \cdot L}{v_{R10}} \text{ in min} ; \quad v_f = f_{R10} \cdot n_{R20/2} \text{ in mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$i=1$, vgl. Aufgabenstellung

$$L: L = l_{a1} + l_{a2} + l + l_{\ddot{u}} \text{ in mm}$$

$$l_{a1} = 3,00\text{mm}; \text{ gewält nach Tabelle für das Walzenstirnfräsen}$$

$$\text{Mit } D_{Wz-L} = 315\text{mm}$$

$$l_{a2} = \sqrt{D_{Wz-L} \cdot a_e - a_e^2} \text{ in mm}$$

$$D_{Wz-L} = 315\text{mm}; \text{ s.oben}$$

$$a_e = 5,00\text{mm} \text{ vgl. Aufgabe}$$

$$l_{a2} = \sqrt{315\text{mm} \cdot 5,00\text{mm} - (5,00\text{mm})^2}$$

$$l_{a2} = 39,37\text{mm}$$

$$l = 985,00\text{mm}; \text{ vgl. Skizze}$$

$$l_{\ddot{u}} = \left(370 + \frac{1}{2} D_{Wz-L} + 3,00\right)\text{mm}; \text{ vgl. Skizze}$$

$$= 370\text{mm} + 157,5\text{mm} + 3,00\text{mm}$$

$$l_{\ddot{u}} = 530,50\text{mm}$$

$$L = (3,00 + 39,37 + 985,00 + 530,50) \text{ mm}$$

$$L = 1557,87 \text{ mm}$$

v_{fR10} : Als Folge des gleichzeitigen Ablaufens des Stirn-
(Teilflächen) und Umfangsfräsens (Lagerflächen) muss

ein einheitlich geltendes v_f festgelegt werden!

$$v_f = f_Z \cdot Z \cdot n_{WzR20/2} \text{ in } \text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

Nach Tabelle gelten:

$$f_{Z-T} = (0,05 \dots 0,3)\text{mm};$$

$$Z_T = 52 \text{ (bei Plan- u.Eckfräsköpfen)}$$

$$f_{Z-L} = (0,04 \dots 0,1)\text{mm};$$

$Z_L = 40$ (für Scheibenfräsen)

$n_{WzR20/2}$: Grafische

Bestätigung von v_{CTab} (Annahmewert

$f_Z = 0,08mm$):

$v_{Cmoegl} = v_{CTab} \cdot K_O \cdot K_U$ in $m \cdot \min^{-1}$;

die weiteren üblichen Anpassungen von

v_{Cmoegl}

wie K_{ap} ; K_k ; K_{Plan} ; K_i sind in den

Werten bereits berücksichtigt!

$$K_O = 0,75$$

$$K_U = 0,80$$

$$v_{Cmoegl} = 600m \cdot \min^{-1} \cdot 0,75 \cdot 0,80;$$

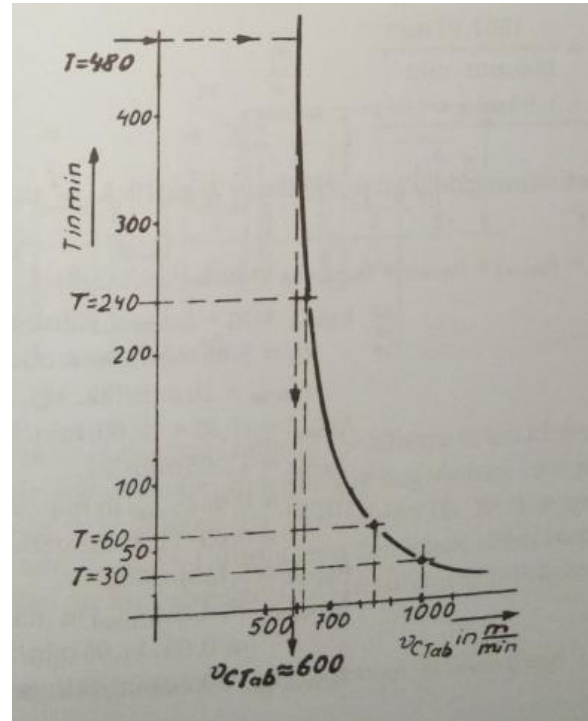
$$v_{Cmoegl} = 360m \cdot \min^{-1};$$

$$n_{Cmoegl} = \frac{1000 \cdot v_{Cmoegl}}{D_{WZmax} \cdot \pi} \text{ in } \min^{-1};$$

$$n_{Cmoegl-T} = \frac{1000 \cdot 360m \cdot \min^{-1}}{400mm \cdot \pi} = 286,48 \min^{-1};$$

$$n_{Cmoegl-T.R20/2} = 280 \min^{-1};$$

$$n_{Cmoegl-L} = \frac{1000 \cdot 360m \cdot \min^{-1}}{315mm \cdot \pi} = 363,78 \min^{-1};$$



$$n_{Cmoegl-L.R20/2} = 355 \text{ min}^{-1};$$

$$\begin{aligned} v_{fT} &= f_{ZT} \cdot Z_T \cdot n_{moegl-T.R20/2} \text{ in } mm \cdot \text{min}^{-1}; \\ &= (0,05 \dots 0,3) mm \cdot 52 \cdot 280 \text{ min}^{-1}; \end{aligned}$$

$$v_{fT} = (728 \dots 4368) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1};$$

$$\begin{aligned} v_{fL} &= f_{ZL} \cdot Z_L \cdot n_{moegl-L.R20/2} \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}; \\ &= (0,04 \dots 0,1) mm \cdot 40 \cdot 355 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

$$v_{fL} = (568 \dots 1420) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

v_f muss aus dem Bereich $v_f = (728 \dots 1420) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ gewählt werden, d.h:

$$v_{fgew} = v_{fR10} = 800 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$= \frac{1 \cdot 1557,87 \text{ mm}}{800 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$\underline{t_H = 1,95 \text{ min} = 117 \text{ s}}$$

- ◆ Bestimmung der Zeit pro Einheit/Werkstück " t_e " und Anzahl täglich herstellbar
Gehäuse "m" :

$$t_e = t_{Grund} + t_{Verteil} + t_{Erholung} \text{ in min}$$

$$t_{Grund} = t_H + t_{Warte} \text{ in min/Stk.}$$

$$t_H = 1,95 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Warte} = 10 \text{ min/ Stk. vlg. Aufgabe}$$

$$t_{Grund} = (1,95 + 10,00) \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Grund} = 11,95 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Verteil} \approx 0,05 t_{Grund} \text{ in min/Stk}$$

$$t_{Verteil} \approx 0,05 \cdot 11,95 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Verteil} = 0,6 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Erholung} \ll 0,05 t_{Grund} \text{ in min/Stk}$$

$$t_{Erholung} \ll 0,05 \cdot 11,95 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_{Erholung} \ll 0,60 \text{ min/ Stk} \text{ gewählt: } t_{Erholung} = 0,1 \text{ min/ Stk}$$

$$t_e = (11,95 + 0,60 + 0,1) \text{ min/Stk}$$

$$t_e = 12,65 \text{ min/ Stk.}$$

$$t_a = m \cdot t_e \text{ in min}$$

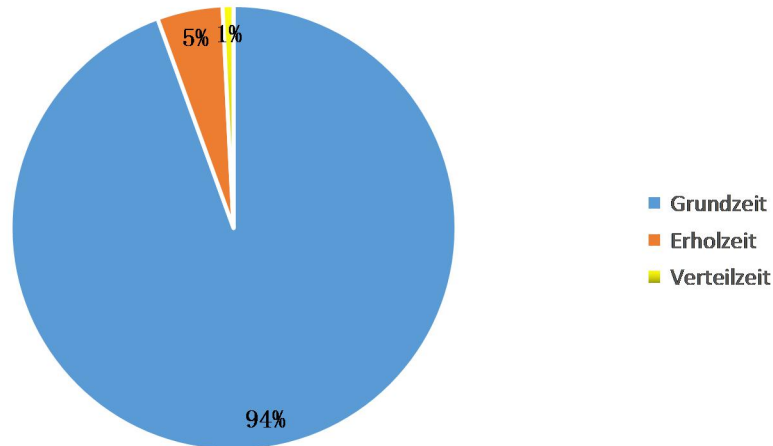
$$t_a = 480 \text{ min/ d} \text{ täglich verfügbare Arbeits bzw. Ausführungszeit}$$

$$m = \frac{t_a}{t_e} \text{ in Stk./d}$$

$$m = \frac{480 \text{ min/ d}}{12,65 \text{ min/ Stk}}$$

$$m = 37,9 \text{ Stk./ d} \approx 38 \text{ Stk./ d}$$

Kreisdiagramm des Ausführungszeit von Fräsen



6.4 Bewertung des Ergebnisses

Mit den vorliegenden Bearbeitungsbedingungen und -parametern lassen sich täglich 38 Kurbelgehäuse bearbeiten, Die geforderte Anzahl von täglich 35 Gehäusen ist so erreichbar.

Weitere noch denkbare Steigerungen bei “n” oder “ v_f ” für Verminderungen bei t_H müssen betriebspraktisch verifiziert werden, da die als Folge der Größe der stufensprünge bei R10 und R20/2 entstehenden Steigerungen von $n_{R20/2}$ oder v_{fR10} ggf. signifikante Verminderungen bei den Standzeiten der Fräswerkzeuge verursachen können.

Grundsätzlich sind jedoch bei nahezu allen derartigen Anwendungen ca.10% Steigerungen der Leistungsfähigkeit vorhanden!

6.5 Optimierung der Prozesses

6.5.1 Rüstzeiten genau untersuchen

Um eine effiziente Lösung der Aufgabe, das Reduzieren von Rüst- und Nebenzeiten, die Bestandteil der Auftragszeit sind, zu erreichen, bedarf es einer strategischen Betrachtung der Ist-Situation und der Unterteilung des Prozesses in interne und externe Rüstzeit:

- Externe Rüstzeit umfasst das zeitparallele Rüsten bei laufender Maschine.
- Interne Rüstzeit ist das Rüsten bei stehender Maschine.

Weiter ist eine Analyse der Maschinenstillstandszeit zwischen der Fertigstellung des letzten Werkstücks, des aktuellen Auftrags und der Fertigstellung des ersten Gutteils des Folgeauftrags notwendig. Dabei zeigt sich, dass die Werkstückspanntechnik sowohl im internen als auch im externen Bereich unterschätzt wird.

6.5.2 Richtiges Spannmittel kann Rüstzeit deutlich senken

Doch gerade dort verbirgt sich ein enormes Potenzial an Rationalisierungsmöglichkeiten, die direkt an der Maschine umsetzbar und somit am effektivsten sind. Einige typische Ursachen für unproduktive Rüst- und Nebenzeiten sind:

- häufige Werkzeugwechsel, weil nur ein Teil gespannt ist, womit hohe Span-zu-Span-Zeiten durch geringe Spanndichte unvermeidbar sind,
- umständliches Handling von Spannsystemen,
- Zusatzarbeiten wie Prägen oder das Fräsen von Spannflächen,
- zeitaufwändiges Reinigen der Spannmittel,
- ständiges Umrüsten, zum Beispiel vom Schraubstock zum Handspannfutter, sowie geringe Flexibilität der eingesetzten Spannmittel.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeit beschäftigt sich mit Dokumentation der Zusammenhänge zwischen Rüstezeit und Ausführungszeit in flexiblen Fertigungssystemen und Charakteristik ihrer jeweiligen Besonderheiten.

Im ersten Teil der Arbeit wurden die verschiedenen Werkzeugmaschinen zur Sspanabhebung vorgestellt. Außerdem wurde die entwickelte Situation der Fertigungssystemauslegung präsentiert.

In einem weiteren Teil der Arbeit wurden Zeitanteile dargestellt.

Prozesstechnische und Organisatorische Besonderheiten der Fertigungsabläufe wurden für das gewählte Beispiel analysiert. Besonderes über Transport-, Umschlag- und Lagerungshilfsmittel wurde in der Arbeit geschrieben. Bei diesem Teil kann man die praktische Erfahrung, die durch ein Betriebspraktikum gesammelt wurde, mit den theoretischen Kenntnissen verbinden.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die Fertigungsverfahren von Fräswerkzeug beschrieben, am Beispiel der Herstellung von einer Kurbelgehäuse ausgelegt sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Gegebenheiten aufgezeigt und deren Verkettung in den Prozesslauf zu analysiert.

Selbständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit eigenständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen, Darstellungen und Hilfsmittel benutzt habe. Dies trifft insbesondere auch auf Quellen aus dem Internet zu. Alle Textstellen, die wortwörtlich oder sinngemäß anderen Werken oder sonstigen Quellen entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter genauer Angabe der jeweiligen Quelle, auch der Sekundärliteratur, als Entlehnung gekennzeichnet.

Ich erkläre hiermit weiterhin, dass die vorgelegte Arbeit zuvor weder von mir noch – soweit mir bekannt ist von einer anderen Person an dieser oder einer anderen Hochschule eingereicht wurde.

Darüber hinaus ist mir bekannt, dass die Unrichtigkeit dieser Erklärung eine Benotung der Arbeit mit der Note "nicht ausreichend" zur Folge hat und dass Verletzungen des Urheberrechts strafrechtlich verfolgt werden können.

Unterschrift: _____

Datum: _____

Literaturverzeichnis

[1] Werkzeugmaschinen Grundlagen ,Wiegegs Fachbücher der Technik , Andreas Hirsch

[2] wikipedia-Flexible Fertigungssystem
https://de.wikipedia.org/wiki/Flexibles_Fertigungssystem

[3] wikipedia-Rüstzeit
<https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCstzeit>

[4] Fachhochschule Augsburg, Vorlesung Wergzeugmaschinen NC, Prof .Dr.Willi Rößner

[5] Fachhochschule Augsburg ,Vorlesung Betriebswirtschaft , Prof .Dr.Willi Rößner

[6] Fertigungssysteme; Prof. Dr.-Ing.R.Kademann

[7] Fertigungstechnik für Wirtschaftsingenieure ,Reinhard Koether/ Wolfgang Rau
Carl Hanser Verlag München Wien

[8] Flexible Fertigungssysteme; VEB Verlag Technik Berlin

[9] Werkzeugmaschinen - Aufbau Funktion und Anwendung von spanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen; Springer

[10] Aufgabensammlung Fertigungstechnik, Klaus Lochmann Fachbuchverlag
Leipzig

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Aufbau einer Ständerbohrmaschine; Quelle: Internet
- Abb. 2: Mit Bohrmaschinen durchführbare Bearbeitungsarten; Quelle: Werkzeugmaschinen - Maschinenarten und Anwendungsbereiche, Springer
- Abb. 3: Aufbau einer CNC- Drehmaschine; Quelle: Internet
- Abb. 4: CNC-Bearbeitungszentrum; Quelle: Internet
- Abb. 5: Flexible Fertigungszelle; Quelle: Internet
- Abb. 6: Flexible Fertigungszelle; Quelle: Internet
- Abb. 7: Fertigungsinseln im Automotive-Bereich; Quelle: Internet
- Abb. 8: Flexibles Fertigungssystem; Quelle: Internet
- Abb. 9: Flexible Transferstraße; Quelle: Internet
- Abb. 10: Einteilung von Fertigungssystemen nach dem Grad der Flexibilität; Quelle: Internet
- Abb. 11: Zeitgliederung nach REFA; Quelle: Internet
- Abb. 12: Auftragszeit für den Menschen
- Abb. 13: Spanbildung und Spanstruktur; Quelle: Zerspanung der Eisenwerkstoffe, Stahleisen-Bücher
- Abb. 14: Spanformen geordnet nach den Spanarten; Quelle: Werkzeugmaschinen Aufbau, Funktion und Anwendung von spanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen, Springer
- Abb. 15: Gleich- und Gegenlaufräsen; Quelle: Werkzeugmaschinen Aufbau, Funktion und Anwendung von spanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen, Springer
- Abb. 16: Beispiel eines ausgeführten FFS; Quelle: Buch 1
- Abb. 17: Durchlaufzeitabteile von Losen und Fertigungsaufträgen; Quelle: Heinemyer, IFA
- Abb. 18: Zusammensetzung der Durchlaufzeit an einem Arbeitsplatz; Quelle: Heinemyer, IFA
- Abb. 19: Einsatzmerkmale zur Bildung von Teileflußeinheiten
- Abb. 20: Informationsfunktion von TUL-Hilfsmitteln
- Abb. 21: Klassifizierung der Transporthilfsmittel für Teilefertigung

Abb. 22: Klassifizierung Speicher/Lagerungseinrichtung für Teilflußsysteme 2. Ordnung; Quelle:Flexible Fertigungssysteme, VEB Verlag Technik Berlin

Abb.23 Aufgabensammlung Fertigungstechnik, Klaus Lochmann Fachbuchverlag Leipzig

Abb.24 Aufgabensammlung Fertigungstechnik, Klaus Lochmann Fachbuchverlag Leipzig