

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                          | <u>Seite</u> |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                                | <b>I</b>     |
| <b>Verzeichnis der Bilder</b>                                            | <b>III</b>   |
| <b>Verzeichnis der Tafeln</b>                                            | <b>VI</b>    |
| <b>Verzeichnis der Formeln</b>                                           | <b>VII</b>   |
| <b>Verzeichnis der Formelzeichen</b>                                     | <b>VIII</b>  |
| <b>Verzeichnis verwendeter Abkürzungen</b>                               | <b>IX</b>    |
| <b>Verzeichnis der Anlagen</b>                                           | <b>X</b>     |
| <b>1 Einleitung</b>                                                      | <b>1</b>     |
| <b>2 Grundlagen</b>                                                      | <b>3</b>     |
| 2.1 Fertigungsformen                                                     | 3            |
| 2.2 Fertigungsarten                                                      | 8            |
| <b>3 Darstellung IST-Situation der NEOPLAN Bus GmbH</b>                  | <b>10</b>    |
| <b>4 Austaktung</b>                                                      | <b>14</b>    |
| 4.1 Grundbegriffe und Bedeutung                                          | 14           |
| 4.2 Standardisiertes Arbeiten                                            | 16           |
| 4.3 Anforderungen zur Durchführung einer Austaktung                      | 17           |
| 4.4 Methoden zur Erhebung und Visualisierung von<br>Prozessinformationen | 19           |
| 4.4.1 Prozessaufnahme                                                    | 19           |
| 4.4.2 Hinweise zur erfolgreichen Durchführung einer Zeitaufnahme         | 20           |
| 4.4.3 Standardarbeitsblatt                                               | 21           |
| 4.4.4 Standard-Kombinationstabelle                                       | 23           |
| 4.4.5 Yamazumi-Chart                                                     | 24           |
| 4.5 Methoden der Austaktung                                              | 25           |
| 4.5.1 Festlegung eines Standards                                         | 25           |
| 4.5.2 Driften                                                            | 27           |
| 4.5.3 Springereinsatz                                                    | 29           |
| 4.5.4 Vorarbeiten                                                        | 30           |

---

|           |                                                     |           |
|-----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.5     | Reihenfolgeplanung                                  | 31        |
| <b>5</b>  | <b>Softwarelösungen zur Austaktung</b>              | <b>33</b> |
| 5.1       | Allgemein                                           | 33        |
| 5.2       | Delmia Process Engineer                             | 35        |
| 5.2.1     | DELMIA Work Load Balancing                          | 35        |
| 5.2.2     | DELMIA Automotive Line Balancing                    | 36        |
| 5.3       | Process Designer von Siemens PLM Software           | 39        |
| 5.4       | Eigene Softwarelösung                               | 42        |
| 5.5       | Vergleich der Lösungen                              | 42        |
| <b>6</b>  | <b>Erstellung von Datenbanken</b>                   | <b>44</b> |
| 6.1       | Grundlagen                                          | 44        |
| 6.2       | Datenbankentwurf                                    | 45        |
| 6.3       | Datenbanksprache                                    | 48        |
| 6.4       | Entity Relationship Model                           | 48        |
| <b>7</b>  | <b>Die Prozessdatenbank</b>                         | <b>51</b> |
| 7.1       | Vorbemerkungen                                      | 51        |
| 7.2       | Umsetzung des Datenbankentwurfes                    | 51        |
| 7.2.1     | Anforderungsanalyse                                 | 51        |
| 7.2.2     | Der konzeptionelle Datenbankentwurf                 | 55        |
| 7.3       | Auswahl des Datenbanksystems                        | 58        |
| 7.4       | Erstellung der Benutzeroberfläche                   | 59        |
| <b>8</b>  | <b>Durchführung der Austaktung</b>                  | <b>68</b> |
| 8.1       | Aufnahme der Prozessdaten                           | 68        |
| 8.2       | Durchführung der Austaktung                         | 71        |
| 8.3       | Auswertung des Austaktungsversuches                 | 73        |
| 8.4       | Weiterführende Möglichkeiten für die Montageplanung | 76        |
| <b>9</b>  | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                 | <b>78</b> |
| <b>10</b> | <b>Quellenverzeichnis</b>                           | <b>80</b> |

## Verzeichnis der Bilder

| <u>Bild</u> | <u>Titel</u>                                                    | <u>Seite</u> |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| 1           | Fertigungsformen in der Produktion                              | 3            |
| 2           | Material- und Kapazitätsfluss einer Baustellenfertigung         | 4            |
| 3           | Materialfluss Werkstattfertigung                                | 5            |
| 4           | Materialfluss Linienfertigung                                   | 5            |
| 5           | Aufteilung der Arbeitsinhalte auf einzelne Arbeitsstationen     | 6            |
| 6           | Materialfluss Werkstattfertigung                                | 6            |
| 7           | Montagestruktur der NEOPLAN Bus GmbH                            | 10           |
| 8           | Zeitunterschiede zwischen unterschiedlichen Busmodellen         | 13           |
| 9           | Beispiel eines Vorranggraphen für Teilaufgaben                  | 15           |
| 10          | Unterschiede zwischen „groben“ und „feinen“ Arbeitsvorgängen    | 19           |
| 11          | Übersicht Standardarbeitsblatt                                  | 21           |
| 12          | Darstellung eines SAB für ein Planspiel zur Austaktung          | 22           |
| 13          | Beispiel für eine Standard-Kombinationstabelle                  | 23           |
| 14          | Darstellung eines Yamazumi Charts                               | 24           |
| 15          | Vergleiche der Fahrzeugtypen                                    | 25           |
| 16          | Beispiel eines Paretodiagramm für Sonderaufwände                | 26           |
| 17          | Darstellung von Montageplätzen bei geschlossenen Taktgrenzen    | 27           |
| 18          | Darstellung von Montageplätzen bei offenen Taktgrenzen          | 28           |
| 19          | Werkerposition im Zeitverlauf bei offenen Stationsgrenzen       | 28           |
| 20          | Beispiel eines ausgeglichenen Produktmixes                      | 32           |
| 21          | Tabellarische und grafische Darstellung einzelner Prozesspakete | 36           |
| 22          | Yamazumi-Darstellung von Delmia WLB                             | 37           |
| 23          | Ausschnitt einer Delmia Taktplatzplanung mit ALB                | 38           |
| 24          | Darstellung der Positionsbestimmung und Vorranggraphen des ALB  | 38           |

---

|    |                                                                     |    |
|----|---------------------------------------------------------------------|----|
| 25 | Grafische Benutzeroberfläche des Tecnomatix Process Engineer        | 40 |
| 26 | Vorranggraphensystem des Process Designers                          | 40 |
| 27 | Positionsbestimmung bei Tecnomatics Process Designer                | 41 |
| 28 | Schaubild zur Datensatzstruktur nach                                | 44 |
| 29 | Darstellung eines Datenbankentwurfs                                 | 46 |
| 30 | Darstellung von Entitäten mit dazugehörigen Attributen und Werten   | 48 |
| 31 | Darstellung einer 1:1 Beziehung                                     | 49 |
| 32 | Darstellung einer 1:n Beziehung                                     | 49 |
| 33 | Funktion des Datenbanksystems                                       | 52 |
| 34 | Entity- und Beziehungsarten                                         | 55 |
| 35 | Entität Tätigkeit                                                   | 55 |
| 36 | Entität Prozessbausteine                                            | 56 |
| 37 | Entität Prozessaufnahme                                             | 56 |
| 38 | Entität ANLO                                                        | 56 |
| 39 | Vollständiges Entity-Relationship-Modell der Prozessdatenbank       | 57 |
| 40 | Startmenü der NEOPLAN-Prozessdatenbank                              | 61 |
| 41 | Beispiel für die Auswertung eines BDE-Vorgangs vom Bustyp Starliner | 61 |
| 42 | Darstellung des Yamazumi-Formulars                                  | 62 |
| 43 | Darstellung einer Auswertungsabfrage                                | 62 |
| 44 | Aufbereitetes Yamzumi-Chart                                         | 63 |
| 45 | Darstellung eines Eingabeformulars für Prozessbausteine             | 64 |
| 46 | Auswertungsbericht einer Segmentanalyse                             | 64 |
| 47 | Ausschnitt einer Arbeitsplatzauswertung                             | 65 |
| 48 | Ausschnitt der Mitarbeiterübersicht                                 | 66 |
| 49 | Darstellung der Registerkarte Austaktungsformulare                  | 66 |
| 50 | Visualisierung der Prozesscodierung                                 | 68 |
| 51 | Ausschnitt eines Aufnahmebogens                                     | 70 |

|    |                                                      |    |
|----|------------------------------------------------------|----|
| 52 | Auswertung eines Aufnahmebogens der NEOPLAN-Bus GmbH | 70 |
| 53 | Mitarbeiterauslastung Segment 2 vor Austaktung       | 72 |
| 54 | Durchführung der Austaktung im Segment 2             | 73 |
| 55 | Segment 2 nach Austaktung                            | 74 |
| 56 | Ausschnitt eines SAB's                               | 75 |
| 57 | Gruppentafel Segment 2 mit SAB's                     | 75 |
| 58 | Ausschnitt einer Taktbezogenen Kapazitätsplanung     | 76 |

## Verzeichnis der Tafeln

| <u>Tafel</u> | <u>Titel</u>                                                   | <u>Seite</u> |
|--------------|----------------------------------------------------------------|--------------|
| 1            | Gegenüberstellung Werkstattfertigung nach Warnecke             | 4            |
| 2            | Gegenüberstellung Fließfertigung nach Warnecke                 | 7            |
| 3            | Vor- und Nachteile der Massenfertigung                         | 9            |
| 4            | Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile eines Springersystems | 31           |
| 5            | Anforderungen hinsichtlich der Datendurchgängigkeit            | 33           |
| 6            | Anforderungen des operativen Softwareeinsatzes                 | 34           |
| 7            | Vor- und Nachteile des Delmia Process Engineer                 | 39           |
| 8            | Vor- und Nachteile des Process Designers                       | 41           |
| 9            | Gegenüberstellung der Lösungen                                 | 43           |
| 10           | Attribute der Tabelle Tätigkeiten                              | 53           |
| 11           | Attribute der Tabelle Prozessbausteine                         | 53           |
| 12           | Attribute der Tabelle Prozessaufnahme                          | 54           |
| 13           | Attribute der Tabelle Anlieferorte                             | 54           |

## Verzeichnis der Formeln

| <u>Formel</u> | <u>Titel</u>        | <u>Seite</u> |
|---------------|---------------------|--------------|
| 1             | Kudentakt           | 14           |
| 2             | Variantenverhältnis | 31           |

## Verzeichnis der Formelzeichen

| <u>Formelzeichen</u> | <u>Einheit</u> | <u>Bedeutung</u> |
|----------------------|----------------|------------------|
| L                    | cm             | Länge            |
| t                    | min            | Zeit             |



## Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

|            |                                           |
|------------|-------------------------------------------|
| ALB        | Automotive Line Balancing                 |
| ANLO       | Anlieferort                               |
| BDE        | Betriebsdatenerfassung                    |
| bzw.       | beziehungsweise                           |
| DBMS       | Datenbankmanagementsystem                 |
| ER         | Entity Relationship                       |
| ERM        | Entity Relationship Modell                |
| GB         | Gigabyte                                  |
| GFK        | glasfaserverstärkter Kunststoff           |
| GmbH       | Gesellschaft mit beschränkter Haftung     |
| GUI        | graphical user interface                  |
| ID         | Identification                            |
| Ident.-Nr. | Identifikationsnummer                     |
| KST        | Kostenstelle                              |
| KSW        | Kunden-Sonderwunsch                       |
| KTL        | kathodische Tauchlackierung               |
| Ltd.       | Limited                                   |
| MA         | Mitarbeiter                               |
| MAN        | Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg         |
| MNPS       | MAN-Nutzfahrzeuge-Produktionssystem       |
| MS         | Microsoft                                 |
| PHP        | Hypertext Preprocessor                    |
| PLM        | Product Lifecycle Management Software Inc |
| REFA       | Verband für Arbeitsstudien                |
| SA         | Sonderaufwand                             |
| SAB        | Standardarbeitsblatt                      |
| Seg.       | Segment                                   |
| SQL        | Standard Query Language                   |
| SSL        | Storage Structure Language                |
| vgl.       | vergleiche                                |
| WLB        | Work Load Balancing                       |

## Verzeichnis der Anlagen

| <u>Anlage</u> | <u>Titel</u>                    |
|---------------|---------------------------------|
| 1             | Beispiele für Makrofunktionen   |
| 2             | Tätigkeitschlüssel-Auswertung   |
| 3             | Mitarbeiteranalyse              |
| 4             | Mitarbeiterübersicht je Segment |
| 5             | Beispiel Standardarbeitsblatt   |
| 6             | Tätigkeitschlüssel-Aufnahme     |
| 7             | Aufnahmebogen                   |
| 8             | Kapazitätsplanung Segment 2     |
| 9             | Inhaltsangaben CD               |

# 1 Einleitung

Der kontinuierlich wechselnde Wettbewerb sowie eine verstärkte Differenzierung von Kundenbedürfnissen stellen die Anforderung an die Unternehmen, ihr Angebot an Waren stetig zu erhöhen. Die Konsequenz, die sich daraus ergibt, ist ein kontinuierlicher Anstieg von Variationen, d. h. unterschiedliche Ausführungen eines Grundmodells mit zusätzlichen Spezifikationen, um den Anforderungen des Konsumenten gerecht zu werden.

Das Ziel einer umfangreichen Variantenproduktion ist es, sich möglichst weit von den konkurrierenden Unternehmen abzusetzen und Marktanteile zu gewinnen, um auch in stagnierenden Märkten neue Kunden erreichen zu können [LING-94, S. 82 f.]. Darüber hinaus führt die Internationalisierung des Absatzes dazu, ein Produkt unter Vorbehalt der technischen, rechtlichen und kulturellen Rahmenbedingungen im Ausland anzupassen. [GAN-08, S. 2 f.]

Trotz eines zielgerichteten Einsatzes von standardisierten Produktionssystemen gelingt es in der Praxis oft nicht, neben dem geforderten Variantenmix eine wirtschaftliche Auslastung der Montagelinien zu erreichen. In den meisten Fällen führen Produkte mit geringfügigen optionalen Merkmalen in einer Fließfertigung zu Leerläufen, während es bei Produkten mit hohen Sonderausstattungen zu Montageengpässen kommt, welche die Gefahr eines Bandstillstandes mit sich führen können.

Grundsätzlich liegt bei einer Variantenproduktion stetig die Losgröße „1“<sup>1</sup> vor, welche sich dadurch begründen lässt, dass aufgrund der Variantenvielfalt sowie der individuellen Kundenwünsche eine Produktion auf Lager nicht durchführbar bzw. durch die hohe Kapitalbindung unerwünscht ist. Obgleich im Zeitalter der modernen Rechen-technik eine Vielzahl von Softwarelösungen in Form von Planungs- und Steuerungssystemen zur Verfügung steht, stößt die Ausweitung des eigenen Angebotes oft an die Grenzen einer effizienten Prozessplanung. [LING-94, S. 84 f.]

Demzufolge geraten die produzierenden Unternehmen zunehmend unter den Druck, ihre Montageprozesse stetig zu verbessern, um ihre Wettbewerbsfähigkeit dauerhaft erhalten zu können. Dabei gilt es grundsätzlich Schritt zu halten mit der Dynamik von Technologien, Märkten sowie den Anforderungen der Kunden im Einzelnen.

---

<sup>1</sup> Die Losgröße „1“ bezeichnet einen üblichen Ausdruck der Variantenfließfertigung, das bedeutet, dass jeder Fertigungsauftrag als Einzelauftrag gewertet wird [BOY-05, S. 11].

Prinzipiell treten in einer Fließmontage, in der ein hoher Anteil von individuellen Kundensonderwünschen vorkommt, verschiedenartige Probleme auf. Dazu zählt insbesondere die Materialbereitstellung für die explizit geordneten Bauteile sowie Schwankungen der Kapazitätsauslastungen an den einzelnen Montageplätzen. [GAN-08, S. 3]

Dabei stellt aber die Mitarbeiterplanung das größere Problem dar. Aufgrund von unterschiedlichen Bearbeitungszeiten für die einzelnen Produkte kommt es an den Montageplätzen zu Über- und mangelnden Auslastungen. Im Falle einer Überlastung besteht die Gefahr einer schlechteren Ausführung der Montagetätigkeit, welche sich durchaus auf die Qualität der Produkte auswirkt. Um dieser Problemstellung entgegen zu wirken, wird oftmals ein Springersystem (zusätzliche Mitarbeiter) erforderlich. Dahingegen tritt bei mangelnder Auslastung oftmals eine Wartezeit auf. Die in ihrer Gesamtheit auftretenden Probleme werden oftmals als Modell-Mix-Verluste betitelt.

Um den oben genannten Belastungsschwankungen entgegen zu wirken, ist es wichtig, eine kostenoptimale Kapazitätsabstimmung zu finden, die eine Anpassung auf die zu produzierenden Varianten beinhaltet. Dabei gilt es, Flexibilisierungsmaßnahmen wie offene Stationsgrenzen sowie kurzfristige Kapazitätserweiterungen beispielsweise durch ein Springersystem zu betrachten. [ALTE-09, S. 24]

Das konkrete Ziel und zugleich der Auftrag der NEOPLAN-Bus GmbH für die Diplomarbeit ist, eine Datenbank unter Verwendung von Microsoft Access zu entwickeln. Mit deren Hilfe soll es möglich sein, die Prozessplaner und Segmentleiter dahingehend zu unterstützen, die aufgenommenen Prozessinformationen zu verwalten bzw. aufzubereiten für künftige Planungssysteme.

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, anhand eines Segmentes einer Busmontageline die dabei entstandenen Informationen in geeigneter Form darzulegen. Den Schwerpunkt dabei bilden die einzelnen Teilschritte, welche notwendig sind, um eine Austaktung oder eine in anderen Kreisen als „Line-Balancing“ bezeichnete Lösung zu erreichen. Die gewonnenen Ergebnisse sind dabei so zu gestalten, dass sich daraus die Möglichkeit ergibt, die Fabrikplanung in allen Umfängen zu unterstützen. Außerdem sollten die bestehenden Prozesse dahingehend optimiert werden können, dass zukünftig eine effizientere Variantenmontage ermöglicht werden kann.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Fertigungsformen

Die Fertigungsform beschreibt die räumliche Anordnung der Arbeitsstationen sowie den organisatorischen Aufbau und Ablauf der Fertigung. Der organisatorische Aufbau lässt sich durch die kapazitätsmäßige Aufteilung aller Fertigungsmittel beschreiben sowie durch die dazugehörigen Transportbeziehungen, die für den betrieblichen Prozess der Leistungserstellung notwendig sind [GIEN-08, S. 58]. Bild 1 gibt eine Übersicht über die einzelnen Fertigungsformen in Abhängigkeit des dazugehörigen Organisationsprinzips.

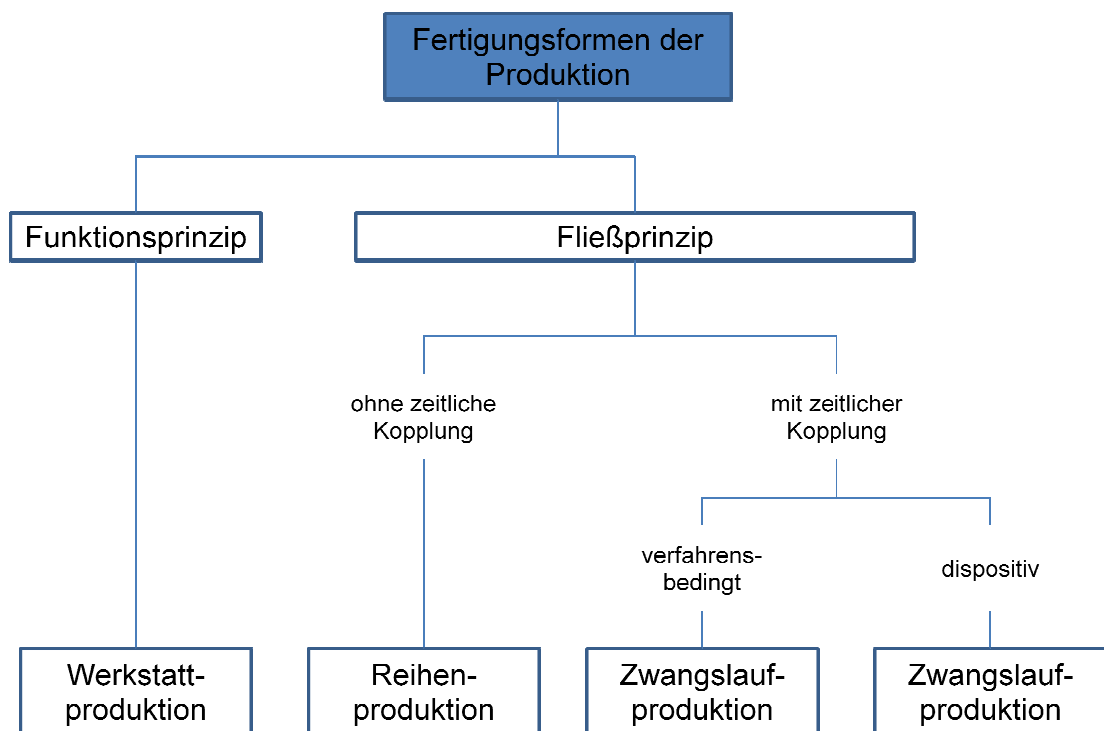


Bild 1: Fertigungsformen in der Produktion [nach BOY-05, S. 7]

Dabei lassen sich folgende Merkmalsausprägungen unterscheiden:

- *Punkt-, Baustellen- und Werkbankfertigung*

Eine Punktfertigung liegt vor, wenn die benötigten Arbeitsmittel an einem festen Ort zusammengefasst werden können. Bei Produkten, bei denen sich die Bewegung als schwierig erweist, beispielsweise beim Schiff- oder Anlagenbau, kommt die Baustellenfertigung zum Einsatz, d. h. die zur Leistungserstellung benötigten Fertigungsmittel müssen zum Fertigungsobjekt gebracht werden. Die dabei benötigten Betriebsmittel und Werker richten sich dabei am Arbeitsgegenstand aus und nicht umgekehrt.

Bild 2 zeigt den Weg von Material und Kapazitäten bei einer Baustellenfertigung.

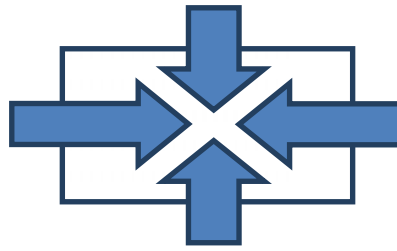


Bild 2: Material- und Kapazitätsfluss einer Baustellenfertigung [BOY-05, S. 32]

- *Werkstattfertigung*

Bei der Werkstattfertigung handelt es sich um die typischste Form der Leistungserstellung für die Klein- und Mittelserienfertigungen. Dabei erfolgt die Zuordnung der Arbeitsmittel sowie der kapazitive Einsatz der zur Verrichtung benötigten Mitarbeiter in spezifizierten Teilbereichen wie z. B. Dreherei oder Fräseerei, welche räumlich nach ihrer Bearbeitungsreihenfolge aufgestellt. Da es bei der Werkstattfertigung keinerlei festgelegten Materialfluss gibt, kann eine hohe Flexibilität für die ständig wechselnden Anforderungen an die Produktionsprozesse gewährleistet werden. Diesem Vorteil stehen wiederum lange Durchlaufzeiten (Wartezeiten wegen Belegzeiten der Maschinen und Rüstzeiten) sowie erhöhte Logistikaufwände und erhöhte Maschinenauslastungen gegenüber. Tafel 1 zeigt die Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der Werkstattfertigung auf.

Tafel 1: Gegenüberstellung Werkstattfertigung nach Warnecke [GIEN-08, S. 59]

| Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Nachteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Flexibilität gegenüber Änderung des Produktionsprogramms nach Art und Menge</li> <li>• Einzel- und Serienfertigung möglich</li> <li>• gute Anpassungsfähigkeit an neue Fertigungsverfahren und geänderte Arbeitsablauffolgen</li> <li>• hoher Nutzungsgrad der Betriebsmittel bei Universalität des Maschinenparks</li> <li>• Redundanz bei Störungen</li> <li>• leichte Abteilungsbildung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei nicht anforderungsgerechter Fertigungssteuerung lange Durchlaufzeiten, hohe Bestände, hohe Kapitalbindung, mangelnde Liefertreue</li> <li>• geringe Fertigungstransparenz</li> <li>• mittlerer bis hoher Flächenbedarf</li> <li>• lange Transportwege</li> <li>• personalintensiv</li> <li>• aufwendige Fertigung- und Trans-</li> </ul> |

|                                                                                                                     |                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringe Fixkosten bei geringen bis mittleren Investitionskosten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• portsteuerung</li> <li>• meist hoch qualifiziertes Personal notwendig</li> </ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Die Arbeitsaufwände lassen sich zwar in geeigneter Form optimieren, jedoch nur in Verbindung mit einem hohen Steuerungsaufwand. Aus diesen Grund wird diese Form der Fertigung heutzutage hauptsächlich nur noch in der Kleinserienfertigung eingesetzt. Bild 3 zeigt ein Materialflussbeispiel für eine Werkstattfertigung.

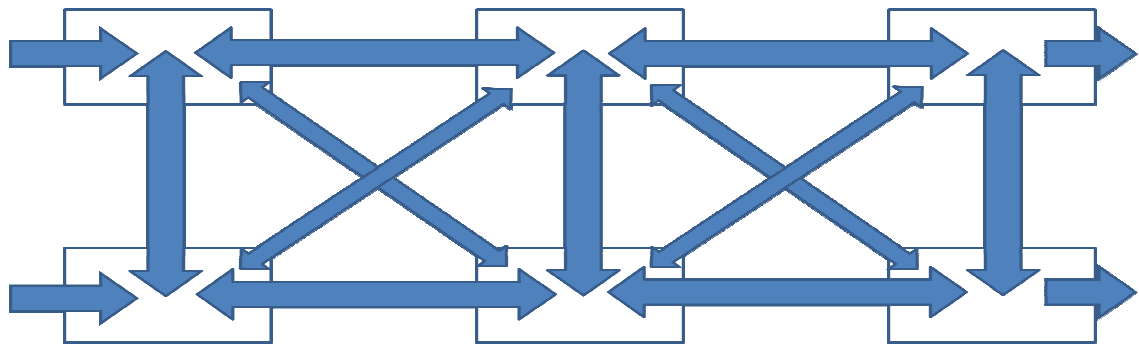


Bild 3: Materialfluss Werkstattfertigung [BOY-05, S. 56]

- *Gruppen-/Linienfertigung*

Bei der Gruppenfertigung werden die Produktionsfaktoren, welche zur Bearbeitung ähnlicher oder gleicher Fertigungsobjekte benötigt werden, räumlich zu Fertigungsgruppen zusammengefasst. Um dabei die Transportwege weitestgehend zu eliminieren, werden die notwendigen Betriebsmittel innerhalb einer Gruppe nach dem Fließprinzip angeordnet. [GIEN-08, S. 58]

Bei der Linienfertigung sind die einzelnen Arbeitsstationen hinsichtlich ihrer aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritte angeordnet und mit einfachen Transportsystemen miteinander verbunden. Bild 4 zeigt den Materialfluss einer Linienfertigung.

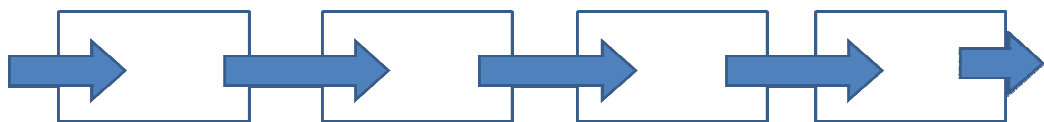


Bild 4: Materialfluss Linienfertigung [BOY-05, S. 31]

- *Fließ-/Reihenfertigung*

Die Grundlage für eine Produktion nach Fließprinzip bilden eine Anzahl von miteinander verknüpften Arbeitsstationen, welche zur Leistungserstellung notwendig sind.

Diese Art der Fertigung ist objekt- bzw. erzeugnisorientiert angelegt. [GIEN-08, S. 60]  
Das bedeutet, dass die einzelnen Aufgabenkomplexe in Teilaufgaben für jeweils unterschiedliche Aufgabenobjekte zerlegt und im Zusammenhang der Bereichsbildung Teilaufgaben für jeweils gleichartige Objekte auf organisatorische Einheiten übertragen werden (siehe Bild 5).

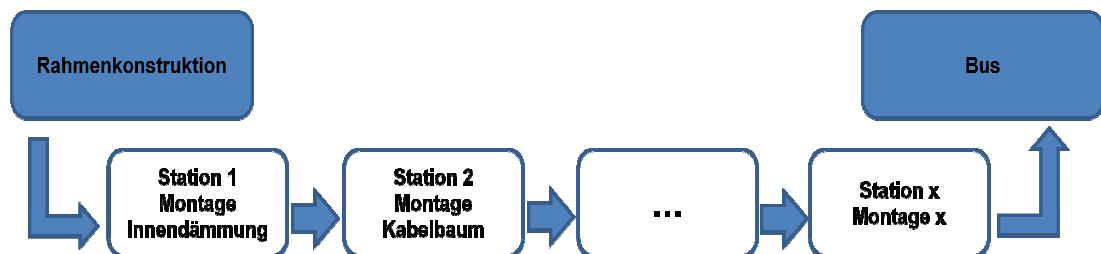


Bild 5: Aufteilung der Arbeitsinhalte auf einzelne Arbeitsstationen

Das Fließprinzip lässt sich anhand der zeitlichen Kopplung der Arbeitsgänge wiederum in die Reihen- und in die Fließfertigung einteilen. Eine Reihenfertigung liegt dann vor, wenn keine zeitliche Kopplung zwischen den einzelnen Arbeitsstationen besteht und die einzelnen Fertigungsobjekte erst nach Beendigung der notwendigen Arbeitsgänge weitergegeben werden. Um dabei Verzögerungen oder Wartezeiten zu minimieren, ist es bei der Reihenfertigung notwendig, zwischen den einzelnen Stationen Pufferplätze einzuführen. [GAN-08, S. 5]

In Bild 6 wird der Materialfluss einer Reihenfertigung dargestellt.

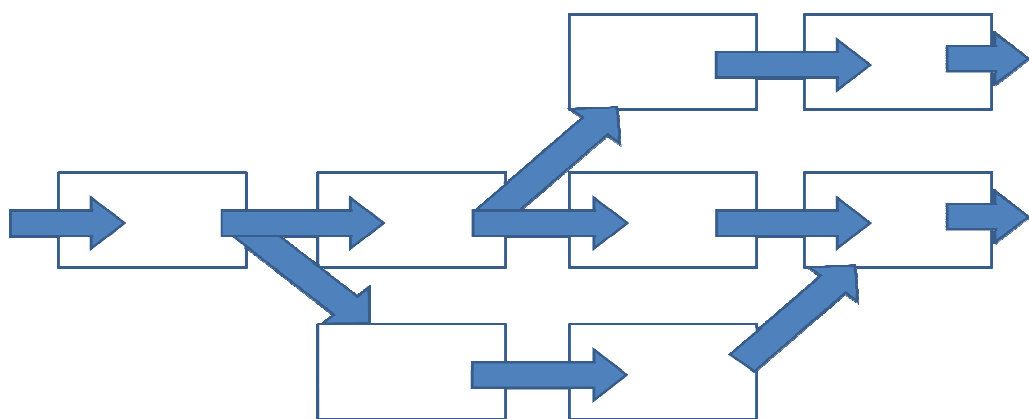


Bild 6: Materialfluss Werkstattfertigung

Bei der Fließfertigung sind die einzelnen Arbeitsvorgänge durch eine zeitliche Kopplung miteinander verbunden. Dies kann zum einen verfahrensbedingt oder dispositiv durch eine erzwungene Weitergabe des Fertigungsobjektes nach einem festen Zeitabschnitt erreicht werden. [BOY-05, S. 6 f.] Tafel 2 liefert eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile bei der Anwendung eines Fließfertigungssystems.



Tafel 2: Gegenüberstellung Fließfertigung nach Warnecke [GIEN-08, S. 60]

| Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nachteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• übersichtlicher Materialfluss</li> <li>• kurze Durchlaufzeiten</li> <li>• keine bzw. nur geringe Bestände</li> <li>• Massenfertigung</li> <li>• kurze Transportwege</li> <li>• Personalbedarf mittel bis gering</li> <li>• Personalqualifikation niedrig</li> <li>• einfache Fertigungssteuerung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur bedingt flexibel gegenüber Änderungen des Produktionsprogrammes</li> <li>• hohe Umstellkosten</li> <li>• Störanfälligkeit: bei Ausfall einer Station, Blockade der gesamten Fertigung</li> <li>• Infolgedessen hoher Instandhaltungs- und Wartungsaufwand</li> <li>• zum Teil aufwendige Fördertechnik</li> <li>• notwendig</li> </ul> |

Des Weiteren können die Fließproduktionssysteme in Einprodukt- und Mehrprodukt-Produktionslinien unterschieden werden. Tritt der Fall von mehreren möglichen Produkten ein, so kann weiter unterschieden werden nach

- losweiser Montage, bei der zwischen den einzelnen Produktvarianten umgerüstet wird (Multi-Model-Linie) [GANS-08, S. 6]
- gemischter Montage bzw. auch als Variantenfließfertigung bezeichnet, bei der die Umrüstvorgänge vernachlässigt und verschiedene Variationen in beliebiger Reihenfolge gebaut werden (Mixed-Model-Linie). [GANS-08, S. 9]

Aufgrund ihrer Vorteile wie kurze Transportwege, kurze Durchlaufzeiten und der einfachen Fertigungssteuerung findet die Fließproduktion ihren Einsatz in der Großserien- und Massenfertigung. Dennoch gilt es insbesondere für Montagetätigkeiten, eine Reihe von Bedingungen einzuhalten.

Darunter zählen z. B.:

- Aufteilbarkeit des Montageprozesses
- Räumliche Konzentration der Fertigungsvorgänge
- Hohe Stückzahl
- Transportierbarkeit der Werkstücke
- Konstante Ausführungszeiten der Montagevorgänge

- Ausgereifter Entwicklungsstand der Produkte

Als bestes Beispiel für ein Fließproduktionssystem gilt die Fahrzeugendmontage, in der eine hohe Stückzahl innerhalb einer festen Taktzeit auf Produktionslinien mit der Losgröße „1“ bearbeitet wird.

## 2.2 Fertigungsarten

Die Art der Fertigung beschreibt grundsätzlich die Menge der Fertigungswiederholungen in einem Produktionsprozess.

### **Einzelfertigung**

Die Einzel- und Kleinserienfertigung bezeichnet einen Fertigungstyp, bei dem grundsätzlich nur eine Einheit eines Produktes gleichzeitig fertiggestellt wird. Die Einzelfertigung ist in ihrer Eigenschaft eine Auftragsfertigung. Die Ware selbst wird nicht für einen anonymen Markt mit verschiedenen potenziellen Abnehmern, sondern für den speziellen Kundenauftrag an sich gefertigt. Bei der Einzelfertigung kann zwischen zwei Prozesstypen unterschieden werden:

- Make to order [MIEB-10, S. 27]
  - Die Fertigung oder Montage startet erst nach Eingang des Kundenauftrags.
  - Die Produkte werden exakt nach Kundenwunsch gefertigt und konfiguriert.
  - Das Unternehmen kann dabei flexibel agieren, die Lagerbestände werden gering gehalten.
- Assemble to order [MIEB-10, S. 27 f.]
  - Gilt als Mischform zwischen Lagerfertigung und Auftragsfertigung.
  - Das Grundprodukt wird auf Lager produziert und nach Eingang des Kundenauftrags individuell weiter montiert.

### **Serienfertigung**

Die Serienfertigung bezeichnet die Fertigung einer hohen Anzahl gleichartiger Produkte mit geringer bis großer Wiederholhäufigkeit. Diese werden wiederum in zeitlicher Aufeinanderfolge produziert. Der Anteil an Wiederholungen im Fertigungsprozess fordert hinsichtlich der degressiven Produktionskosten einen hohen Vorbereitungsaufwand. [GIEN-08, S. 56]

## Massenfertigung

Die Massenfertigung kann als eine Erweiterung der Serienfertigung angesehen werden. Besonders kennzeichnend sind die hohe Losgröße sowie die Wiederholhäufigkeit von gleichen bzw. vergleichbaren Fertigungsobjekten. Dabei lassen sich in Tafel 3 folgende Vor- und Nachteile klassifizieren:

Tafel 3: Vor- und Nachteile der Massenfertigung

| Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                | Nachteile                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung gleicher Produkte im großen Umfang</li><li>• hohes Rationalisierungspotenzial im Fertigungsprozess vorhanden</li><li>• geringe Qualifikation der Mitarbeiter erforderlich</li><li>• Produktionsprogramm leicht festlegbar</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• flexibles agieren auf Kundenwünsche unmöglich</li><li>• Umstellung auf neue Produkte schwierig</li><li>• Ausfälle einer Anlage hat einen hohen Einfluss auf die Gesamtdurchlaufzeit</li></ul> |

### 3 Darstellung IST-Situation der NEOPLAN Bus GmbH

Die Neoplan-Bus-GmbH mit Stammsitz in Plauen ist ein vollständiges Tochterunternehmen der MAN Truck & Bus AG. Ursprünglich war NEOPLAN der Markenname, unter dem die Gottlob Auwärter GmbH & Co. KG seit dem Jahr 1953 selbsttragende Omnibusse herstellte. Nach der Übernahme von Auwärter durch MAN existierte ab dem Jahr 2001 die Neoplan Bus GmbH als Teil der Neoman-Unternehmensgruppe, die im Jahr 2008 in der MAN Nutzfahrzeuge AG aufging. Zurzeit werden am Standort Plauen die Premiummodelle Cityliner und Starliner sowie der MAN Lion's City DD (Niederflur, Doppeldeckerbus) montiert.

Die Montage eines Premiumreisebusses wird bei der NEOPLAN Bus GmbH in zwei Module untergliedert. Diese unterteilen sich wiederum in mehrere Einzelsegmente. In Bild 7 ist die Grobstruktur des Standortes Plauen kurz vorgestellt.

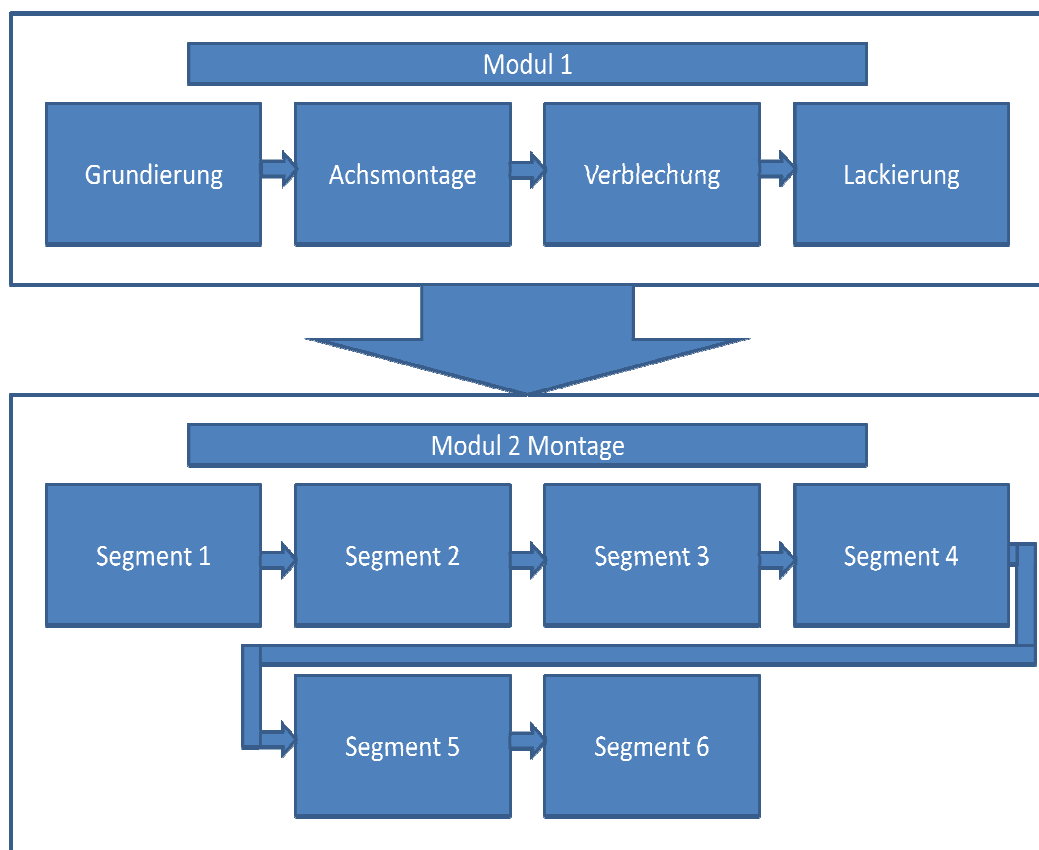


Bild 7: Montagestruktur der NEOPLAN Bus GmbH

Modul 1 umfasst nach der Rohbauverlagerung im Jahr 2011 in das polnische MAN-Werk Starachowice (ehemals Star Trucks) die Arbeitsbereiche, Grundierung, Achsenmontage, Verblechung und Lackierung.

Zunächst werden in der Grundierung die KTL-beschichteten Rohkarossen grundiert (die kathodische Tauchlackierung (KTL), auch „Kathaphorese“ genannt, ist ein elektrochemisches Verfahren, bei dem das Werkstück in einem Tauchbad beschichtet wird. Es ist gut für das Lackieren komplizierter Strukturen und großer Stückzahlen geeignet. [HOFF-10, S.19]). Anschließend erfolgt die Installation der bereits vormontierten Achsen sowie des Lenkgetriebes und der Bremskomponenten.

Im Nachgang werden die Seitenwände innen und außen verblecht. Zur selben Zeit werden die GFK-Komponenten, Dachbahn und Heckmaske verklebt. Im Nachgang begibt sich das Fahrzeug in die Lackiererei. Dort werden die Untergrundkomponenten in mehreren Schichten aufgetragen. Der Prozess des Decklackes kann entsprechend des Kundenwunsches im zeitlichen Rahmen variieren.

Unterschieden werden dabei:

- Metallic-Lackierungen
- Acryl-Mono-Color-Lackierungen
- Designlackierungen

Letztere sind aufgrund ihres Auftragsverfahrens sehr aufwendig und zeitintensiv und müssen prozesstechnisch separat betrachtet werden.

In Modul 2 erfolgt die eigentliche Montage des Fahrzeuges. Die darin enthaltenden Segmente bestehen aus durchschnittlich 3 Taktplätzen, denen spezifizierte Aufgabenbereiche zugeordnet sind. Diese werden zum besseren Verständnis kurz genannt.

### **Segment 1:**

- Verrohrung der Heizungs-, Klima- und Kraftstoffleitungen
- Verlegung der elektrischen Kabelstränge
- Dämmung des Motorraums und der Heckpartie
- Verkabelung der Kofferraumklappen
- Installation Zentralverriegelung

### **Segment 2:**

- Verkleidung der Böden mit Holz

- Verklebung des Fußboden- und Seitenwandbelages
- Verglasung der Seiten- und Frontscheiben
- Montage der Einstiegstreppen
- Einbau der Hebedächer

**Segment 3:**

- Montage der Steuerungskomponenten
- Verkabelung der elektrischen Komponenten
- Montage des Armaturenbretts
- Kühlereinbau
- Konvektorenmontage
- Montage der Klimaanlage

**Segment 4:**

- Montage der Gepäckablagen
- Motor und Getriebeeinbau
- Innenausbau (Decken- und Seitenverkleidung)
- Kofferraumverkleidung

**Segment 5:**

- Ausbau Fahrerarbeitsplatz
- Montage der Klimablenden
- Bestuhlung
- Achsvermessung
- Mechanische und elektrische Inbetriebnahme

**Segment 6:**

- Probefahrt
- Mängelabstellung
- Bremsentest

- Endreinigung
- Unterbodenschutz
- Technische und visuelle Fahrzeugabnahme

Der Hauptbetrachtungsgegenstand dieser Arbeit beruht auf den Tätigkeiten des Segments 2, in dem der Austaktungsversuch durchgeführt wird. Wie bereits oben angeführt, beziehen sich die Arbeitsinhalte auf die Gewerke Holz, Glas und Fußbodenbeläge. Dieses Segment verfügt über vier Taktplätze. Bei einer Tagesquote von zwei Fahrzeugen und einer Arbeitszeit von acht Stunden ergibt sich daraus eine Taktzeit von 240 Minuten. Abzüglich eines Gemeinzeiten-Zuschlages von 12 % für die Reinigung des Arbeitsplatzes und der persönlichen Verteilzeit der einzelnen Werker ergibt sich eine Nettoarbeitszeit von ca. 211 Minuten.

Aufgrund der Unterschiede bezogen auf die einzelnen Fahrzeugmodelle und deren Variationen ergeben sich für die gleichen Tätigkeiten unterschiedliche Bearbeitungszeiten. Bild 8 gibt ein Beispiel über diese Problematik:

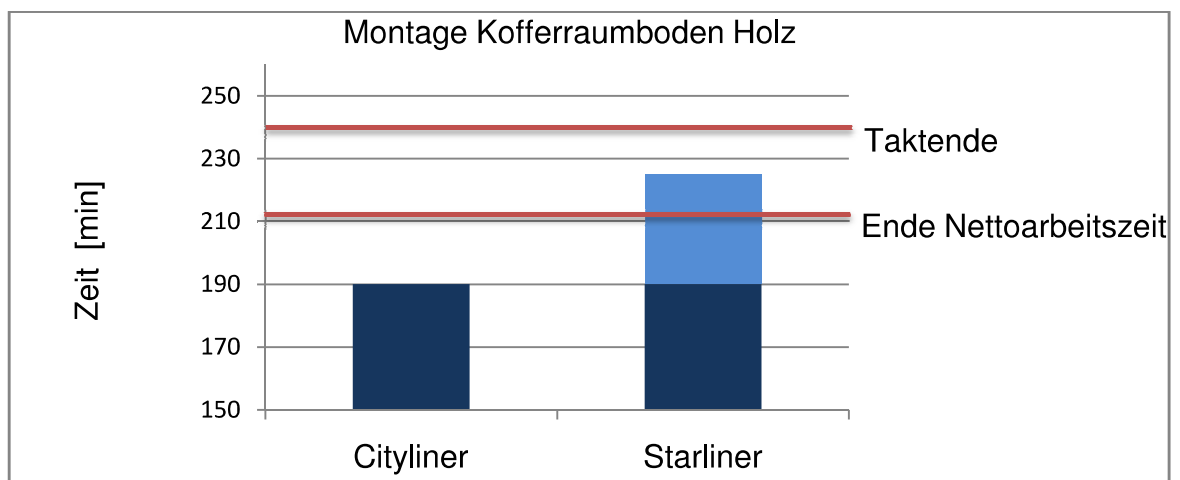


Bild 8: Darstellung der Zeitunterschiede zwischen unterschiedlichen Busmodellen

Wie in Bild 8 deutlich zu erkennen ist, überschreitet die Bearbeitungszeit des Holzfußbodens vom Model Starliner die Nettoarbeitszeit um 15 Minuten, währenddessen diese beim Model Cityliner um 21 Minuten unterschritten wird. Um diese Vorgänge für die mögliche Bearbeitungszeit in Einklang zu bringen, ist eine Austaktung und Standardisierung der einzelnen Vorgänge notwendig. Welche Möglichkeiten es gibt, diese Zielstellung zu erreichen, wird in den folgenden Kapiteln theoretisch erläutert.

## 4 Austaktung

### 4.1 Grundbegriffe und Bedeutung

Da sich das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf das Prinzip der Austaktung richtet, gilt es erstmals zu erläutern, was sich hinter diesem Begriff verbirgt. Unter dem Begriff der Austaktung versteht man die Verteilung der Arbeitsvorgänge auf die einzelnen Arbeitsstationen, sodass effiziente technische Prozesse und damit eine optimale Auslastung der Werker gewährleistet sind.

Ist die Produktion nach dem Fließprinzip gestaltet, befinden sich die einzelnen Arbeitselemente bereits in der Anordnung, die der Reihenfolge der abzuarbeitenden Produktionsschritte entspricht, welche für die Erzeugung des Produktes notwendig sind. [GAN-08, S. 5]

Eine besondere Charakteristik dieses Produktionsprinzips ist die exakte zeitliche Kopplung der einzelnen Arbeitsstationen untereinander. [GAN-08, S. 5]

Diese Art der Kopplung wird „dispositiv“ aufgebaut, das bedeutet, dass die Weitergabe des einzelnen Werkstücks zu der folgenden Arbeitsstation durch einen Takt erzwungen wird. Dabei spiegelt der Takt den Rhythmus der Kundennachfrage wider und bildet damit die Grundlage zur Gestaltung der einzelnen Arbeitsabläufe. [GAN-08, S. 5]

Um den erforderlichen Kundentakt zu ermitteln, wird die zur Verfügung stehende Arbeitszeit eines Zeitraumes durch die im selben Zeitraum vom Kunden nachgefragte Menge dividiert:

$$Kundentakt = \frac{\text{Arbeitszeit eines Zeitraumes}}{\text{Kundenbedarf innerhalb eines Zeitraumes}} \left[ \frac{\text{Zeit}}{\text{Stück}} \right] \quad (1)$$

#### Beispiel Berechnung des Kundentaktes für ein Fahrzeug:

Zeitraum: 1 Woche

Arbeitstage: 5

Arbeitszeit je Tag: 8 Stunden

Kundenbedarf je Woche: 12 Fahrzeuge

$$Kundentakt = \frac{5 \text{ Tage} \times 8h}{12 \text{ Fahrzeuge}} = 3,33 \frac{h}{\text{Fahrzeug}} = 200 \frac{\text{min}}{\text{Fahrzeug}}$$



Bezogen auf dieses Beispiel verlangt der Kunde alle 200 Min. innerhalb der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit des Produzenten nach einem Stück des Produktes. Das bedeutet, versucht der Produzent die Bedürfnisse des Kunden zu befriedigen, so muss er alle 200 Min. ein Fahrzeug fertigen.

Da der Kundentakt entsprechend Formel 1 direkt von der geordneten Menge abhängig ist, verdoppelt er sich, wenn sich die Nachfrage des Kunden halbiert. Der Produzent hätte somit 400 Min. Zeit, um ein Fahrzeug zu fertigen. [DREW-05,S.24]

Hauptsächlich liegt die Aufgabe der Austaktung oder des Line Balancings darin, die einzelnen Arbeitsvorgänge, aus denen sich die Montageaufgabe in ihrer Gesamtheit ergibt, sowie die zur Durchführung benötigten Taktplätze und Produktionsfaktoren der Montagelinie zuzuordnen. Um dabei eine zulässige Zuordnung zu ermitteln, müssen die Vorrangbeziehungen zwischen den Arbeitsgängen und eventuell weitere Nebenbedingungen beachtet werden. Wie der Vorranggraph<sup>2</sup> in Bild 9 anzeigt, können dabei mehrere Vorgänge parallel auftreten.

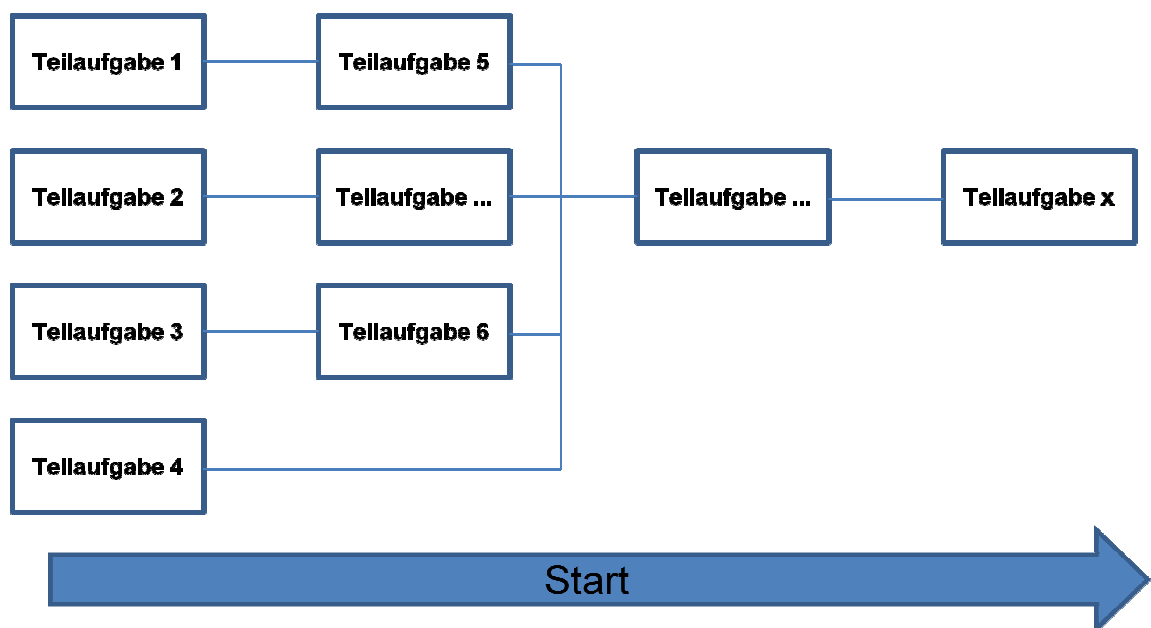


Bild 9: Beispiel eines Vorranggraphen für Teilaufgaben

Bei einer gegebenen Taktzeit muss etwa gewährleistet sein, dass die Summe der

<sup>2</sup> Ein Vorranggraph dient zur besseren Visualisierung von Abläufen und Abhängigkeiten in einem Produktionsprozess [vgl. ZEN-06, S.12].

einer Station zugeordneten Bearbeitungszeiten (Stationszeit) diese Taktzeit (im Mittel) nicht überschreitet. Das Ziel besteht in der Maximierung des Bandauslastungsgrades (durchschnittliche Fertigungszeit geteilt durch die zeitliche Gesamtkapazität des Bandes). Bei gegebener Taktzeit erreicht man dies durch Minimierung der Stationsanzahl bzw. der Anzahl der Arbeitsplätze an der Linie.

Im Rahmen der Variantenfließfertigung besteht eine zusätzliche Hauptschwierigkeit darin, dass in Abhängigkeit von den gewählten Optionen unterschiedliche Arbeitsgänge auszuführen sind und somit unterschiedliche Stationszeiten, d. h. von Takt zu Takt schwankende Auslastungen entstehen. Deren Variation führt je nach gewählter Fertigungssequenz unter Umständen zu Ineffizienzen und ist daher möglichst zu minimieren. Bestehende Variationen und damit potenzielle Ineffizienzen können im Rahmen der Sequenzierung zum Teil ausgeglichen werden. [FUSCH-04, S.22]

Bei der Austaktung sind vielfältige Restriktionen zur Abbildung der praktischen Gegebenheiten zu beachten, so z. B. parallele Arbeitsplätze, Anbauorte am Fahrzeug, Behälterpositionen, Laufwege, ergonomische Bedingungen usw..

## 4.2 Standardisiertes Arbeiten

Ausgehend vom Toyota-Produktionssystem liegt die Begründung für einen standardisierten Ablauf der Arbeitsvorgänge darin, eine Grundlage für „kaizen“<sup>3</sup> zu schaffen. Existieren keinerlei standardisierte Vorgänge im Unternehmen, so fehlt eine vernünftige Bewertungsgrundlage, durch die sich Änderungen oder Optimierungsmaßnahmen referenzieren lassen. [LIK-08, S.174]

*„Der Versuch, kaizen vor der Standardisierung der Arbeitsabläufe durchzuführen, gleicht dem Vorhaben ein Haus auf Treibsand zu bauen. Vielleicht gelingt es Ihnen, das Haus fertigzustellen, aber es wird schnell versinken.“* [LIK-08, S. 174]

Um überhaupt die einzelnen Arbeitsabläufe standardisieren zu können, muss als Erstes die Stabilität der einzelnen Prozesse gewährleistet werden. Dabei ist es wichtig, die folgenden Punkte zu überprüfen:

---

<sup>3</sup> Kaizen: jap = „Veränderung zum Besseren“, umgangssprachlich auch als Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bezeichnet, vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Kaizen>.

- Jeder Arbeitsschritt muss hinsichtlich des Arbeitsumfangs und der benötigten Zeit wiederholbar sein.
- Die technischen Anlagen sollten eine hohe Verfügbarkeit aufweisen, damit die einzelnen Prozesse ohne ständige Verzögerungen durchgeführt werden können.
- Es sollten keinerlei qualitative Mängel am Fertigungsobjekt auftreten, jeder Fehler, den der einzelne Mitarbeiter abstellen muss, bringt Verzögerungen im gesamten Arbeitsablauf.

Bedeutend bei der Standardisierung der einzelnen Arbeitsschritte ist es, den Werker nicht noch zusätzlich zu belasten oder gar allein zu lassen. Der Planer sollte dabei stets darauf achten, den Mitarbeiter als zentralen Punkt für die Durchführung des Prozesses zu betrachten und ihn damit nicht allein lassen.

### 4.3 Anforderungen zur Durchführung einer Austaktung

Um eine Fließproduktion erfolgreich austakten zu können, sind grundsätzlich einige Informationen über die Linie, welche ausbalanciert werden soll, im Vorfeld zu erheben. Eine wichtige Stellung nehmen dabei die zeitlichen und inhaltlichen Auskünfte über die einzelnen Arbeitsvorgänge<sup>4</sup> ein. Um die Vorgänge sinngemäß beschreiben zu können, müssen folgende Daten erhoben werden:

- die Identifikation der Prozesse
- eine textliche Beschreibung der durchzuführenden Arbeit
- der benötigte Arbeitsplatz oder die benötigte Gruppe gleichartiger Arbeitsplätze
- mögliche Ausweicharbeitsplätze
- zusätzlich benötigte Ressourcen wie Zeichnungen, Werkzeuge und Vorrichtungen
- die Zeiten für die Durchführung der Arbeit wie Rüstzeit, Bearbeitungszeit sowie Warte- und Transportzeiten.

Bei der Erhebung der notwendigen Daten für die Arbeitsvorgänge gilt es dabei, folgende Fragestellungen und Verantwortungen im Vorfeld abzuklären:

- Wer ist für die Arbeitsvorgänge zuständig?

---

<sup>4</sup> Als Arbeitsvorgang oder Arbeitsgang wird laut REFA der auf die Erfüllung einer Arbeitsaufgabe ausgerichtete Arbeitsablauf innerhalb eines Arbeitssystems bezeichnet, bei dem eine Mengeneinheit eines Auftrages erzeugt wird. [REFA-93, S.195]

- Sind die Informationen über die Arbeitsvorgänge verfügbar?
- Sind die verfügbaren Informationen aktuell?
- Sind die verfügbaren aktuellen Informationen verifizierbar?

### **Einflussfaktoren auf die Austaktung**

Bei der Austaktung von einzelnen Arbeitsstationen ist es wichtig, bestimmte Einflussfaktoren im Vorfeld zu untersuchen. Damit eine Übersicht über mögliche Störgrößen aufgestellt werden kann, sollte man die Leute mit dem größten praktischen Bezug zu den Arbeitsvorgängen, in diesen Fall den Vorarbeiter bzw. den Werker am Band, um Auskunft bitten. Eine mögliche Auswahl von Einflussgrößen, welche die Rekonfiguration von Arbeitsvorgängen beeinträchtigen, sind:

- der zu erreichende Auslastungsgrad von Mitarbeitern
  - Über- und mangelnde Auslastungen von einzelnen Werkern sollten grundsätzlich vermieden werden.
- die Arbeitskräftedichte pro Station oder Bereich
  - Die Mitarbeiter dürfen sich bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten nicht gegenseitig blockieren.
- die erforderliche Wertschöpfung
  - Die vom Unternehmen festgelegten Leistungen, welche Einfluss auf den Transformationsprozess haben, dürfen nicht gemindert werden.
- die vom Produkt vorgegebene Einbaureihenfolge der Fahrzeugkomponenten
  - Die Einbaureihenfolge darf nicht verändert werden, es sei denn, es wirkt sich positiv auf die einzelnen Arbeitsvorgänge aus.
- Räumliche Einschränkungen beachten
  - Es gilt darauf zu achten, dass Einschränkungen wie Treppen, Verstreben oder zu enge Räumlichkeiten den Werker nicht bei der Ausübung seiner Tätigkeit beeinträchtigen.

## Anpassen der Arbeitsinhalte

Bei der Austaktung der bestehenden Arbeitsvorgänge sollte unbedingt darauf geachtet werden, den zeitlichen Umfang der einzelnen Schritte so gering wie möglich zu halten. Je kleiner die Arbeitsvorgänge gestaltet sind, umso einfacher lassen sie sich miteinander kombinieren bzw. verschieben (siehe Bild 10). Die einzelnen Prozess- oder Zykluszeiten sollten die vorgegebene Taktzeit nicht überschreiten.

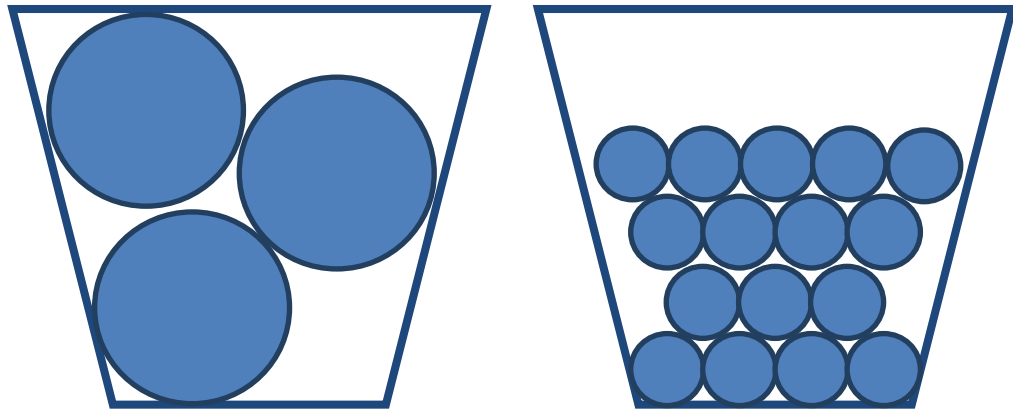


Bild 10: Bildhafte Darstellung der Unterschiede zwischen „groben“ und „feinen“ Arbeitsvorgängen

## 4.4 Methoden zur Erhebung und Visualisierung von Prozessinformationen

### 4.4.1 Prozessaufnahme

Grundsätzlich stellt sich bei einem Austaktungsversuch die Frage, wie man an die benötigten Informationen gelangt. Verschiedenste Verbände und Institutionen wie der REFA-Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung bieten eine Vielzahl von Hilfsmitteln zur Prozessaufnahme an. In diesem Teil der Arbeit wird dem Leser vermittelt, welche Möglichkeiten es gibt, die benötigten Information zu erhalten, und auf geeignete Art und Weise zu visualisieren.

Die Prozessaufnahme oder auch Zeitstudie gilt als eine Technik zur Erhebung von Zeit- und Prozessdaten. Sie wird mit Hilfe eines Zeiterfassungsgerätes wie z. B. einer Stoppuhr parallel zum Arbeitsvorgang durchgeführt. Die dabei erhaltenen Informationen werden in einen Zeiterfassungsbogen protokolliert. Da es sich dabei um eine Urkunde handelt, müssen die Eintragungen mit einem radiergerechten Schreibgerät erfolgen. [BDI-11]

Grundsätzlich werden die Zeitaufnahmen in zwei Kategorien unterschieden:

- Einzelzeitmessung: Der Aufnehmer misst die Prozesszeiten für ausgesuchte Arbeitsvorgänge.
- Fortschrittszeitmessung: Der Aufnehmer überprüft während des gesamten Arbeitsablaufes die Prozesszeiten zur Verifizierung der Einzelzeitmessung.

Zeitaufnahmen lassen sich nahezu in allen Bereichen eines Unternehmens durchführen, mit Ausnahme der Verwaltungsbereiche, da dort die einzelnen Arbeitsabläufe relativ lang bzw. zu verschachtelt sind, um sie sinngemäß nachvollziehen zu können. In der Produktion weichen auch viele Arbeitsschritte deutlich voneinander ab, sodass ein direkter Vergleich nicht möglich ist.

Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die aufzunehmenden Prozesse folgende Anforderungen erfüllen [BDI-11]:

- Die Aufgaben müssen körperlich oder optisch leicht identifizierbar sein,
- eine geringe Bearbeitungszeit haben,
- keine großen zeitlichen Schwankungen aufweisen und
- regelmäßig wiederkehrend sein.

#### 4.4.2 Hinweise zur erfolgreichen Durchführung einer Zeitaufnahme

Um den betroffenen Personen im Vorfeld die Ängste zu nehmen, für das, was bei der Prozessaufnahme auf sie zu zukommt, ist es wichtig im Vorfeld abzuklären, zu welchem Zweck die Zeitaufnahme durchgeführt wird. Oftmals reicht ein kurzes Gespräch mit dem Aufzunehmenden, um ihm den Grund der Erhebung im einzelnen nahe zu bringen. Zusätzlich kann der Beschäftigte für seine moralische Unterstützung einen Beisitzer für die Prozessaufnahme bestimmen. Dies kann z. B. der direkte Vorgesetzte oder auch ein Mitglied der Arbeitnehmervertretung sein. [BDI-11]

Des Weiteren ist es wichtig, dem betroffenen Personenkreis zu vermitteln, dass sie grundsätzlich keiner Leistungsprüfung unterliegen, und sie ihre Tätigkeiten in ihrer gewohnten Geschwindigkeit durchführen sollen. Dies ist wichtig, um Anspannungen während der Beobachtung zu vermeiden und um später quantifizierbare Ergebnisse zu erhalten [BDI-11].

Das wichtigste Element der Zeitaufnahme ist der Aufnahmebogen selbst. Dabei ist im Vorfeld in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Personen und Abteilungen zu klä-

ren, welche Informationen im Zusammenhang mit dem Prozess zusätzlich erhoben werden müssen, um eine optimale Basis für die Austaktung sowie zukünftige Planungsprozesse zu schaffen [BDI-11].

#### 4.4.3 Standardarbeitsblatt

Das Standardarbeitsblatt ist ein Arbeitsdokument, welches in seiner Ursprungsform eine schematische Darstellung eines Arbeitsbereiches sowie der Bewegungsabläufe des Werkers darstellte. Es war enthielt in seiner Urform keinerlei verbale Aussagen- oder Prozesszeiten zu einzelnen Arbeitsschritten.

Das Standardarbeitsblatt gilt als das Hauptinstrument zur Identifizierung von Verschwendung in sich wiederholenden Arbeitsabläufen. Nach weiteren Verbesserungen wird diese Methode als Grundlage für zukünftige Optimierungsmaßnahmen genutzt. Um das Standardarbeitsblatt in seinem vollen Umfang nutzen zu können, gilt es folgende Prozessschritte bei der Erstellung einzuhalten: [LIK-08, S. 175]

- Festlegen der Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte
- Skizzierung der Bewegungsabläufe
- Identifizierung von Verschwendungen
- gezielte Bestimmung von möglichem Verbesserungspotenzial
- Integration des Materialflusses
- Dokumentation der Optimierungsmaßnahmen

| Standard Arbeitsblatt    |                                              |                        |         |                                        |
|--------------------------|----------------------------------------------|------------------------|---------|----------------------------------------|
| Bezeichnung der Aufgabe: |                                              | Bezeichnung des Teils: |         | Teamleiter                             |
| Gruppe:                  |                                              | Teile Nr.:             |         | Gruppenleiter                          |
|                          |                                              |                        |         | Standardmenge an WIA: Taktzeit: 76 Sek |
| Nr.                      | Arbeitsbestandteile                          | Prozesszeit            | Gehzeit |                                        |
| 1                        | Entnahme der Konsole A                       | 1                      | 2       |                                        |
| 2                        | In Vorrichtung spannen                       | 6                      | 2       |                                        |
| 3                        | Entnahme der Konsole B                       | 1                      | 3       |                                        |
| 4                        | In Vorrichtung spannen                       | 5                      | 3       |                                        |
| 5                        | Entnahme der seitlichen Auflage              | 1                      | 1       |                                        |
| 6                        | In Vorrichtung spannen                       | 3                      | 1       |                                        |
| 7                        | Entnahme der Versteifung                     | 1                      | 2       |                                        |
| 8                        | In Vorrichtung spannen                       | 8                      | 2       |                                        |
| 9                        | Entnahme der Klammer                         | 1                      | 3       |                                        |
| 10                       | In Vorrichtung spannen                       | 5                      | 3       |                                        |
| 11                       | Den maschinellen Verarbeitungszyklus starten | 1                      | 1       |                                        |
|                          |                                              |                        | 23      |                                        |
| Gesamt                   |                                              | 33                     |         |                                        |

Standardmengen an WIA

Qualitätscheck

Sicherheit

Bild 11: Übersicht Standardarbeitsblatt [LIK-08, S. 176]

Die Erstellung von Standard-Arbeitsblättern erfordert zum großen Teil einen hohen Zeitaufwand. Besonders wichtig ist dabei eine kompetente Zusammenarbeit zwischen den Planern und Werkern, um alle für den Leistungserstellungsprozess erforderlichen Schritte aufzulisten.



Ohne Standard-Arbeitsblätter müssen sich Werker und Planer auf ihr kollektives Gedächtnis verlassen, um Prozesse auf optimale Weise fortzusetzen. SAB können zwar eine anfängliche Schulung nicht ersetzen, aber sie können ohne Frage Gelerntes festigen. Besonders dienlich ist dieses Dokument bei der Einarbeitung und Ausbildung neuer Mitarbeiter.

Es ist wichtig, das SAB regelmäßig zu überprüfen und auf den neusten Stand zu bringen, und das für jede Aufgabe. Dies gilt gerade für Organisationen, die dem Kaizen Ansatz fortlaufender Verbesserung folgen und so bessere Wege für die Erfüllung ihrer Aufgaben erreichen wollen.

Das Standardarbeitsblatt darf keinesfalls als starres Konstrukt angesehen werden, sondern als ein lebendiges Objekt, mit dessen Hilfe der Arbeitsvorgang an sich transparent und nachvollziehbar wird.

#### 4.4.4 Standard-Kombinationstabelle

Die Standard-Kombinationstabelle ist ein Tool zur Analyse der Beziehung zwischen den Mitarbeitern und der Maschine, die schematisch dargestellt werden. Das oberste Ziel dieses Tools ist, die Arbeitsabläufe effektiv zu synchronisieren und die Wartezeiten für den Maschinenarbeiter zu eliminieren. Dieses Dokument wird auch auf Situationen angewendet, in denen viele Mitarbeiter gleichzeitig an einer Sache arbeiten. Bild 13 zeigt ein Beispiel für eine Standard-Kombinationstabelle.

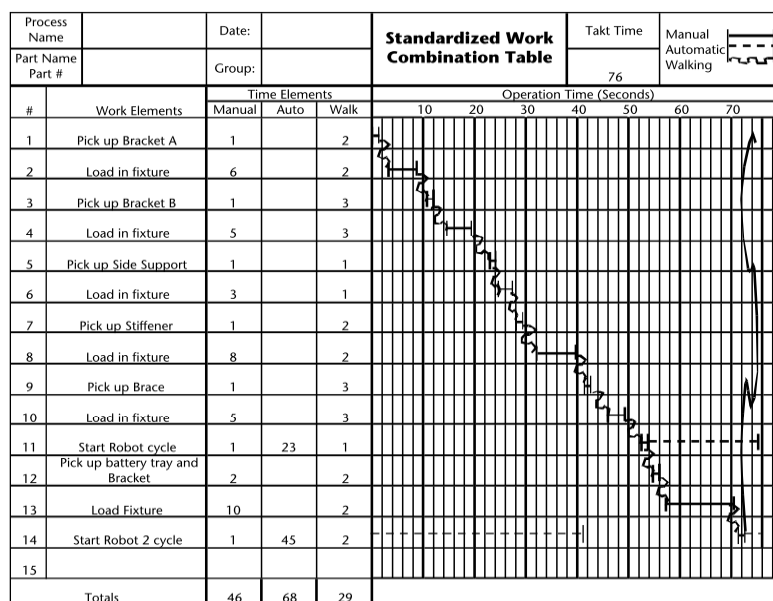


Bild 13: Beispiel für eine Standard-Kombinationstabelle [LIK-08, S. 179]

Die gezeigte Darstellung der Standard-Kombinationstabelle ist recht leicht nachzuvollziehen. Verfolgt man den vorgegebenen Arbeitsschritt entsprechend dem Diagramm, kann man erkennen, an welchen Punkt sich der Mitarbeiter zu welcher Zeit befindet. Es lässt sich auf diese Weise recht leicht jede Form von Verschwendung, seien es Warte- oder Wegezeiten, visuell nachvollziehen. [LIK-08, S. 177]

#### 4.4.5 Yamazumi-Chart

Das Yamazumi<sup>5</sup> oder Workbalance-Chart dient zur Visualisierung der Prozesszeiten in Verbindung mit der Taktzeit. Es wird in den meisten Fällen dazu genutzt, um die Chancen zur Kombination von Arbeitsschritten zu identifizieren, um die Arbeitsabläufe an die Taktzeit anzupassen und Unregelmäßigkeiten zu beseitigen. Es wird auch oft verwendet, um die Verschwendung im laufenden Prozess darzustellen und diese im Rahmen von Optimierungsmaßnahmen zu beseitigen [LIK-08, S. 449]. Bild 14 liefert eine Darstellung eines Yamazumi-Charts.

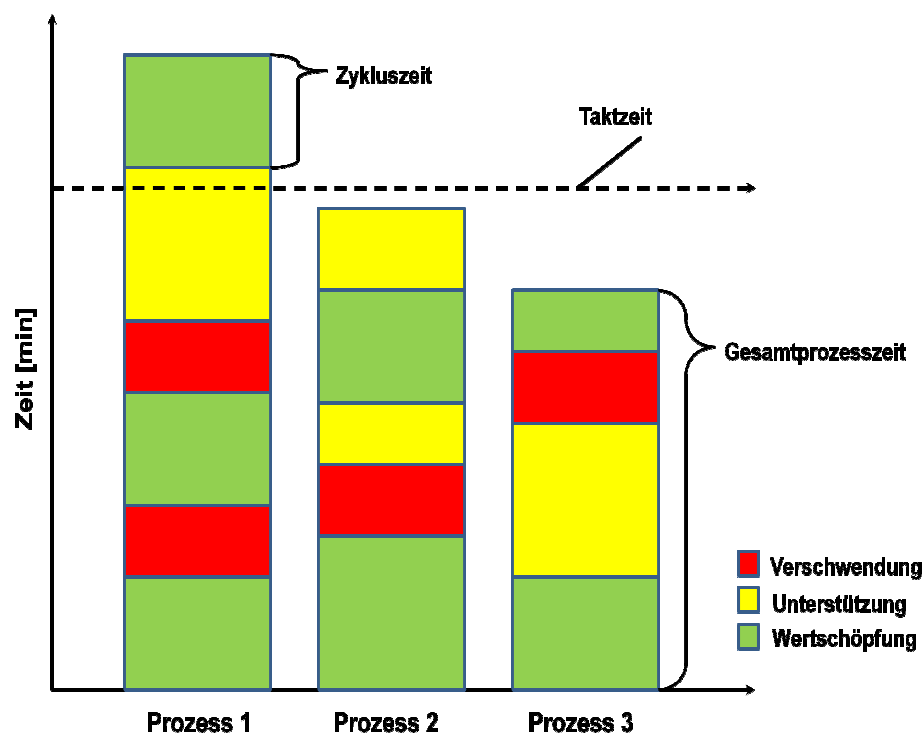


Bild 14: Darstellung eines Yamazumi Charts

Bei einer Austaktung eignet sich dieses Tool hervorragend, um die einzelnen Teilprozesse entsprechend der Taktzeit zu verschieben, um dabei den notwendigen Ausgleich zu erreichen.

<sup>5</sup> Yamazumi: japanisch für Stapel.