

Dipl. Wirtschaftsing. (FH) Harald Weichselbaumer



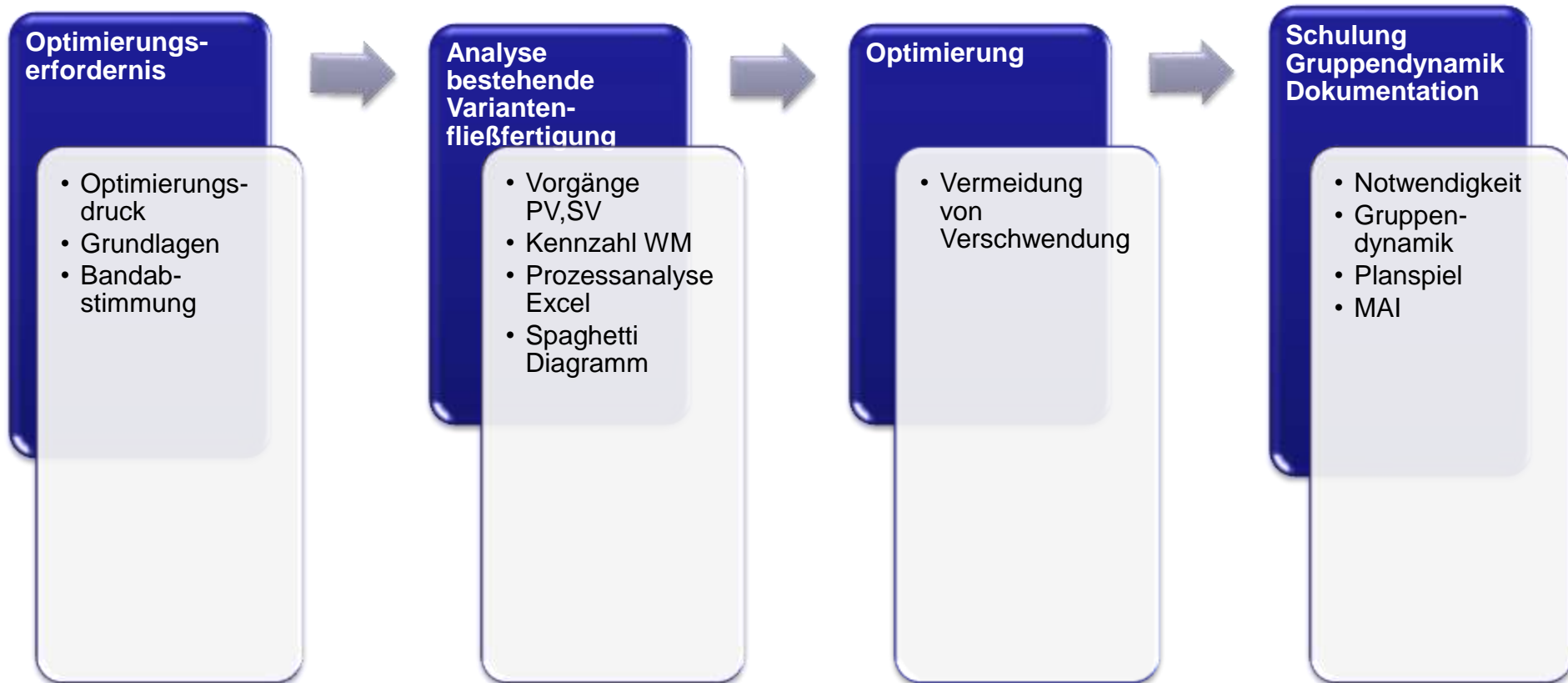
www.produktivitaet.at

ANALYSE UND OPTIMIERUNG EINER GROSSTEILE VARIANTENFLIESSFERTIGUNG

Erfahrungen aus der Praxis

HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)

ÜBERSICHT / Inhalt



Optimierungserfordernis

- Konkurrenzdruck
- Schlechte Produktivität
 - Taktzeiten werden nicht eingehalten
 - Zu viele MA im Band
- Stückzahlenänderung
 - Erhöhung Output
 - Reduktion Output
- Programmänderung
 - Mengenverhältnisse der Varianten
 - Neue Varianten



$$\text{Produktivität pro Bereich/Periode in \%} = \frac{\text{rückgemeldeten Stunden pro Bereich/Periode}}{\text{Anwesenheitszeit pro Bereich/Periode}} \times 100$$

Grundlagen Montageprinzipien von Großgeräten

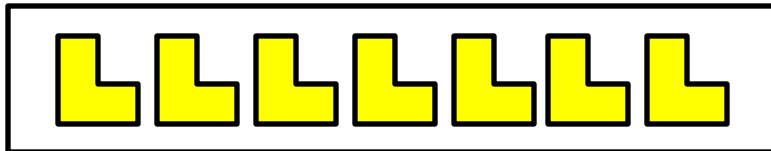
- Was sind Großgeräte / Großteile?
 - Produkte welche vom Werker nicht mehr ohne Hilfsmittel bewegt werden können.
 - Maschinen, Weißware (Haushaltsgeräte), Fahrzeugachsen, Traktoren ..
- Montageprinzipien

Lf.Nr.	Montageprinzipien Großgeräte	Montagepersonal	Montageobjekt	Vorteile	Nachteile
1	Baustellenmontage	stationär	stationär	Flexibilität, abwechslungsreiche Tätigkeit, geringer Planungs- und Steuerungsaufwand	Wege, Platzbedarf bei Duplikation und hohe Investitionskosten, Schulungsaufwand, geringe Auslastung der Montagebetriebsmittel
2	Gruppenmontage	wechselt zu Montageobjekt	stationär	Wie Baustellenmontage Ausnahmen Durchlaufzeit < Montagezeit, Arbeitsteilung	Koordination der Gruppe, Gruppendynamik
3	Fließmontage	stationär	bewegt	Fixe kurze Durchlaufzeit durch Taktung, geringere Investitionskosten, geringerer Platzbedarf, Lernkurve - Produktivität	Monotone Tätigkeiten, Gesamtsystem steht bei Störungen durch Verkettung, geringe Flexibilität
4	One-Piece-Flow Prinzip	bewegt	bewegt	kurze Wege Materialzuführung, Flexibilität	Platzbedarf, Weg Werkstück

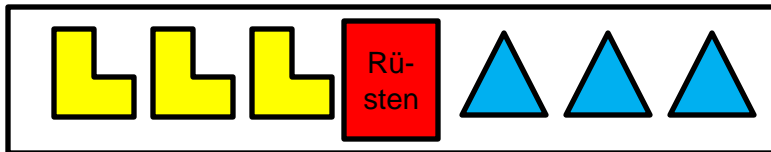
Quelle: B. Loter, HP .Wiendahl.: Montage in der industriellen , Produktion, (2006), 73, 173ff

Grundlagen Fließfertigung

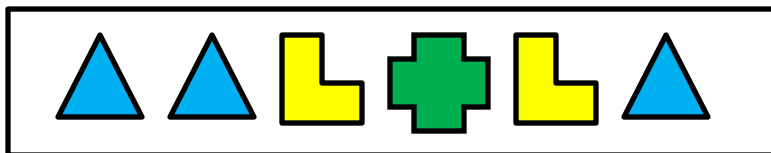
- Arten der Fließfertigung



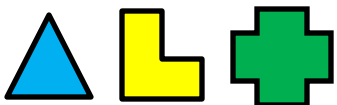
Einprodukt-Fließfertigung



Mehrprodukt-Fließfertigung
serienweise



Variantenfließfertigung



3 Produkte / Varianten

Quelle: Boysen, Nils.: Variantenfließfertigung, Dissertation (2005), 6,4

Grundlagen Zusammenfassung

- Eine Variantenfließfertigung ist
 - Ein Fließsystem, bei dem die Produkte „wahlfrei“ in ihrer Reihenfolge in Losgröße eins produziert werden können
 - Voraussetzung dafür ist eine „Ähnlichkeit“ des Montageprozesses
- Die Variantenfließfertigung nimmt eine Mittelstellung zwischen der Baustellenmontage und der Einprodukt-Fließfertigung ein
- Vorteile gegenüber der Baustellenmontage
 - Kürzere Durchlaufzeit
 - geringeren Platzbedarf und Investitionskosten
 - Höhere Produktivität
 - Optimierter Materialfluss
- Die Nachteile sind
 - Produktionsstillstand bei Ausfall einer Station (wegen Verkettung)
 - schwierige Planung und Dimensionierung des Montagesystems wegen der unterschiedlichen Bearbeitungszeiten der Varianten in den Stationen
 - Gruppendynamische Anforderungen

Quelle: B. Lotter, HP .Wiendahl.: Montage in der industriellen , Produktion, (2006), 103ff
Boysen, Nils.: Variantenfließfertigung, Dissertation (2005), 18-21

Bandabstimmung

- Wie lange muss das Band sein?
- Ist 1 Band oder sind 2 Bänder oder gar 3 Bänder optimaler?
- Bei der Einprodukt oder Mehrprodukt-Fließfertigung sind diese Fragen relativ einfach zu beantworten
 - Berechnung der Taktzeit und Anzahl erforderliche Stationen (Formel)
 - Gleichmäßige Verteilung der Arbeitsinhalte je Station

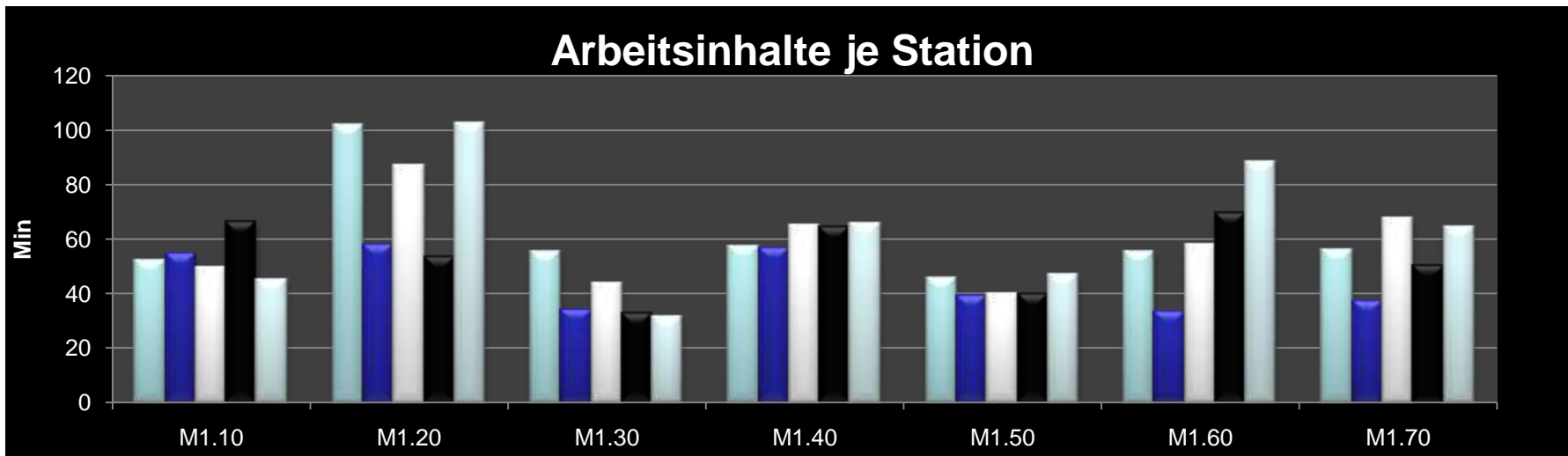
Ausbringungstaktzeit _[min/Stk] :	
$t_{AT} = ((T_{AZ} - \sum t_r) \times f_{Be}) / m \times f_v$	31,54
Ziel Taktzeit _[min/Stk] :	
$t_z = t_{AT} \times f_L$	31,54
Anzahl Arbeitsplätze bzw. Stationen:	
$AS = t_e / t_z$	5,71

Begriffserläuterung		Beispielwerte
T_{AZ} (min/Monat):	Normalarbeitszeit (38,5*4,33*60)	10.002
t_{AT} (min/Monat):	Ausbringungs-Taktzeit	
t_r (min/Monat):	Rüstzeit	120
m (Stk/Monat)	zu fertigende Stückzahl je Monat	250
f_{Be}	Montagesystem-Belegungsgrad (nicht in Verteilzeit enthaltene Störungen/Unterbrechungen)	70%
f_v	Verteilzeitfaktor	1,14
f_L	Leistungsfaktor (erwartete Arbeitsleistung der MitarbeiterInnen) (IST Leistung / SOLL Leistung)	1
t_e (min)	Zeit je Einheit (n. REFA) $\sum t_e$ ergibt den gesamten Arbeitsinhalt	180
t_z (min/Stk)	Ziel-Taktzeit	
AS	Anzahl Arbeitsplätze bzw. Stationen (theoretisch)	

Quelle: P. Konold, H. Reger.: Praxis der Montagetechnik, 2.A (2003), 111,112

Bandabstimmung Vorgabezeit und Arbeitsinhalte

- Die Ermittlung der Vorgabezeit t_e und t_r kann mit Hilfe von
 - Zeitaufnahmen laut REFA oder
 - Systeme vorbestimmter Zeiten wie dem UAS (Universales Analysiersystem) erfolgen
 - Eine Verdichtung des MTM (Methods-Time Measurement) Systems
- Problemstellung der Variantenfließfertigung sind die unterschiedlichen Montagezeiten je Variante und in den Stationen



Bandabstimmung Arbeitsinhalte

- Prinzipiell kann für jede Variante eine Einprodukt-Fließbandabstimmung durchgeführt werden
- Die Nachteile sind
 - Unnötig lange Bänder (Platzkosten)
 - Gleiche Arbeitsgänge in unterschiedlichen Stationen
 - Mehrfache Betriebsmittel
 - Hohe Investitionskosten und geringe Auslastung
- Bei einer einfache Praxislösung werden die gewichteten Arbeitsinhalte je Variante berechnet und kumuliert
 - Erstellung eines Mischgraphen
- Anschließend kann dann eine Einprodukt-Fließbandabstimmung erfolgen

Bandabstimmung gewichtete Arbeitsinhalte

- Beispiel Auszug Exceltabelle
 - Produktionsprogramm muss bekannt sein
 - Graue Zellen werden manuell gefüllt
 - Bandabstimmung empirisch
 - Bei Überlastung
 - Optimierung
 - Parallelarbeit
 - Reihenfolgeregeln
 - Auslagerung
 - Springer

Prognosemenge	
Stück/J	3.000,0
Arbeitstage/J	220,0
Schichten	1,0
Minuten/Tag	420,0
Stk/Tag	14,0
Takt in Min	30,0

Anzahl Stationen Band	18
Anzahl MA Band	36,0

Bandabstimmung Maschinen XY

Ma-schinen Typ	% Anteil Menge	Bandabschnitt Rahmen		Bandabschnitt Motor	
		ZE Beispiel	Gew. Zeit	ZE Beispiel	Gew. Zeit
		Takt	Takt gew.	Takt	Takt gew.
1	3,4%	160,0	5,4	90,0	3,0
2	9,0%	170,0	15,3	100,0	9,0
3	0,0%				
4	30,0%	180,0	54,0	90,0	27,0
5	11,8%	190,0	22,4	100,0	11,8
6	3,9%	196,0	7,7	130,0	5,1
7	3,9%	190,0	7,5	130,0	5,1
8	4,6%	207,0	9,5	180,0	8,2
9	8,3%	120,0	10,0	130,0	10,8
10	6,0%	158,0	9,5	150,0	9,0
11	4,7%	191,0	9,0	190,0	8,9
12	4,7%	191,0	9,0	150,0	7,1
13	0,0%				
14	1,7%	250,0	4,2	190,0	3,2
15	1,8%	250,0	4,4	120,0	2,1
16	1,7%	220,0	3,7	130,0	2,2
17	0,0%				
18	4,5%	240,0	10,9	160,0	7,3
	100,0%	sum	182,5		119,9
		Anz. Stationen theoretisch	6,1		4,0
		Anz Stationen geplant	3,0		2,0
		Arbeitsinhalt je Station Min	60,8		60,0
		Anz MA in jeder Station	2,0		2,0
		MA im Abschnitt	6,0		4,0
		Takt	30,4		30,0
		Takt Diff zu SOLL	0,4		0,0

Analyse bestehende Variantenfließfertigung

- Was ist eine wirtschaftliche Montage?
- Wirtschaftliche Montagekonzepte verringern hochgradig jede unnötige Bewegung
 - vom Menschen und
 - des Montageobjektesbei den Handhabungs- und Fügevorgängen
- Eine Identifikation wird durch Unterscheidung in
 - Primär Vorgänge (PV) und
 - Sekundär Vorgänge (SV)bei der Analyse von Montageprozessen erreicht
- Primäre Vorgänge dienen der Wertschöpfung
 - Greifen, Bringen, Einlegen, Einstecken, Einschrauben usw.
- Sekundär Vorgänge sind nach den Grundvorgängen nach MTM-UAS
 - Gehen, Beugen, Bücken, Knien inkl. Aufrichten, Setzen, Aufstehen



Analyse Kennzahl

- Der wirtschaftliche Wirkungsgrad W_M einer Montage
 - ist die Summe der Zeiten aller Primärvorgänge (PV) im Verhältnis zur Summe der Zeiten aller Primär- und Sekundärvorgänge (SV).

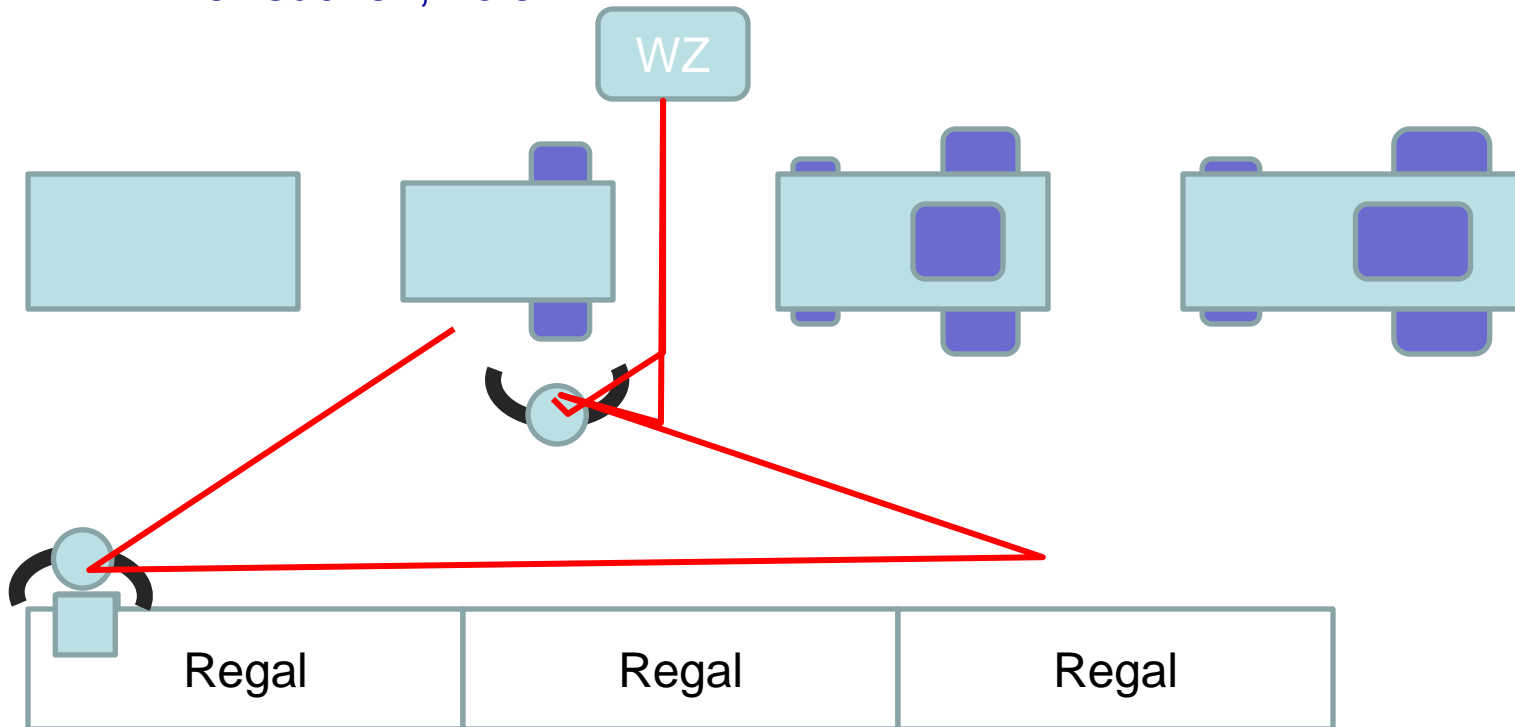
$$W_M = \left(\frac{\sum PV}{\sum PV + \sum SV} \right) \times 100[\%]$$

- Wertschöpfungsanteil an Gesamtzeit
- Die Sekundärvorgänge wie Hol- und Bringwege für Teile und Werkzeuge sind durch entsprechende Arbeitsplatzgestaltung beeinflussbar



Analyse bestehende Variantenfließfertigung

- Beispiel Sekundär Vorgänge
 - Werkzeug holen
 - Teil suchen, holen



Analysemethode Montageprozess mit MS-Excel®

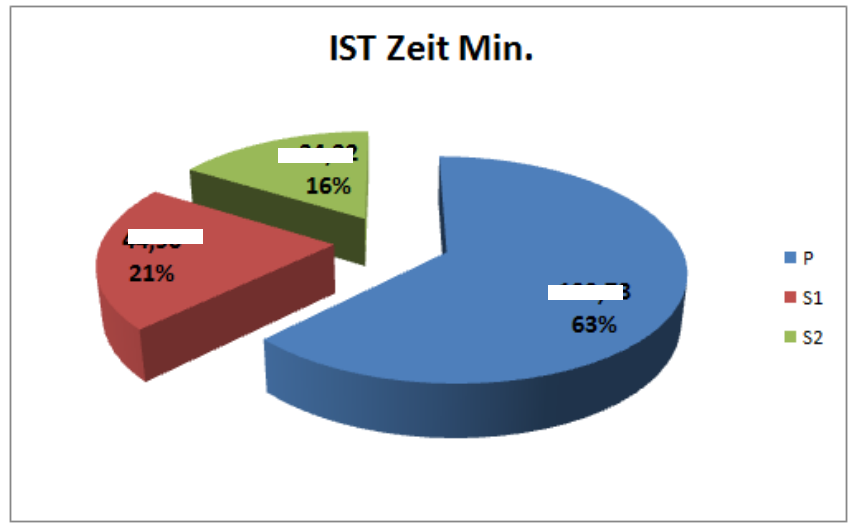
- Analysemethode = Beobachtung mit Laptop vor Ort
- Erfassung der Prozessschritte inkl. Dauer mit einer von Assist entwickelten Exceltabelle
- Keine Investitionskosten in Datenerfassungsgeräten und Software
- Jeder mit Excelkenntnissen kann sofort mit der Tabelle arbeiten
- Potentiale sind sofort mit dieser Methode identifiziert und quantifiziert
- Fotos je Montageschritt sofort durch Verlinkung darstellbar

Datum: 14.09.99		Ablaufanalyse										Firma: XY						
Abteilung: Koolerstraße												Blatt:						
Arbeitsaufgabe: Motor VM XY vormontieren												Mensch: Hr. XY						
Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel: Motor VM XY vormontieren												Name Datenermittler: Weichselbaumer						
Start: 12:21:38												Alter:						
P=Primär-Produkt																		
S1-Sekundär 1																		
S2-Sekundär 2																		
R-Rüsten																		
Ablaufabschnitt	Bezugs- menge	Anzahl Mitarbeiter	Erste Uhrzeit	Zeit je Stk.	Gesamt Zeit	% Anteil	Ablaufreihung 1	Ablaufreihung 2	Teil Unter/BG	BG	Anmerkung	IST Werkzeug/ Hilfsmaterial	Potential Anmerkung	Potential in %	SOLL Zeit je Abfertigung in Min	Einsparung in Min	Bild 1	Bild 2
Motor mit Kran holen inkl. ausspacken	1	1	12:26:06	4,47	4,47	2,2%	S1		Mampul	Motor	Motor in Schachtel	Hallenkran	LG, Anlieferung	10%	4,02	-0,45	Bild	Bild
Auspuff entfernen 4 Schrauben	1	1	12:28:24	2,29	2,29	1,1%	P		Produkt	Motor	Ratsche muss gesucht und geholt werden 1m		WZ positionieren, Anlieferung ohne Auspuff	20%	1,83	-0,46	Bild	Bild
Motornummer aufschreiben	1	1	12:29:05	0,70	0,70	0,3%	S2		Weg	Motor	Block holen		Warum Foto, Block vor Ort	50%	0,35	-0,35	Bild	Bild
Pumpe holen für aufschreiben	1	1	12:29:36	0,51	0,51	0,3%	S2		Weg	Motor	Weg sind am Tisch		Layout VM	30%	0,36	-0,15	Bild	Bild
Saugschlauch f Luftfilter einsetzen	1	1	15:41:10	0,69	0,69	0,3%	P		Produkt	Einhausungsblech				0%	0,69	0,00	Bild	Bild
Eckgummiprofile aufsetzen + anpassen	2	1	15:51:10	5,00	10,00	4,9%	P		Produkt	Einhausungsblech			Zuschneidplatz und vor Ort lagern	50%	5,00	-5,00	Bild	Bild
Zusammenräumen	1	1	15:55:24	4,23	4,23	2,1%	S1		Rüsten	Einhausungsblech				0%	4,23	0,00	Bild	Bild
Summe Min					213,17	100%									111,23	-102,14		
Summe Stunden					3,56							Diff. %			1,85	-1,70		

Analysemethode Montageprozess mit MS-Excel®

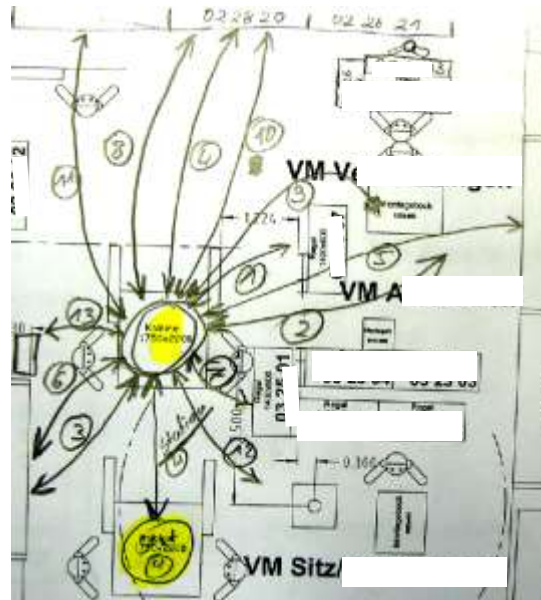
- Durch die Tabellenstruktur können sofort Auswertungen mit wenigen Mausklicks durchgeführt werden
 - PIVOT Funktion
- Automatische Generierung der Potentialtabellen
- Automatische Erstellung der Grafik des Montagewirkungsgrades

Potentialtabelle		
Baugruppe	Potential Anmerkung	Summe von Einsparung in Min
Einha	Zi r Ort lagern	-18,33
	Zusatzwerkzeuge	-6,38
	Schulung	-3,14
	Richtig einführen	-2,86
	Stückl aktualisieren, vor Ort	-2,43
	Ausklindung mit Werkzeug	-1,74
	vor Ort	-0,32
Motor Ergebnis	Vor Ort, Ratschenschlüssel Drehmoment	-0,30
	Layout VM, WZ positionieren	-0,28
	Generell WZ positionieren	-0,23
	Pos Schrauben	-0,10
	Gesamtergebnis	



Analysemethode der Wege mit Spaghetti - Diagramm

- Analysemethode = Beobachtung
 - Wege in Layout einzeichnen und nummerieren
 - Unnötige Wege und Bewegungen werden klar erkannt
 - Potentiale in Liste eintragen



Optimierung

- Zielformulierung
- Projektmanagement
- Vermeidung / Reduktion von Sekundärvorgängen
 - Wege minimieren (Teile und Werkzeug)
 - Kleinteile (Schrauben) in Greifnähe
 - Häufigkeitsprinzip (ABC)
 - Je häufiger desto näher am Platz (Teile und Werkzeug)
 - Teile und Werkzeug positionieren
 - SOLL Layout zeichnen
- Investitionsrechnung
- Entscheidung
- Umsetzung
 - MitarbeiterInnen schulen
 - Zielkontrolle
- Als Werkzeug werden spezielle Tabellen in MS-Excel® von Assist zur Verfügung gestellt













Schulung Gruppendynamik

- Trotz guter Organisation haben viele Montagen nicht die erhoffte Produktivität
 - Die MitarbeiterInnen müssen den Unterschied zwischen primäre und sekundäre Vorgänge verstehen
 - Verbesserungen selber initiieren und im Team umsetzen
- Unterschiedliche Arbeitsinhalte je Station und Variante fordern eine gute Zusammenarbeit im Team
- Die Werker müssen daher bei Optimierungsprojekten eingebunden und geschult werden
- Speziell abgestimmte Schulungen und Planspiele helfen, die Situation vor Ort zu verbessern.

Schulung Gruppendynamik

- Speziell abgestimmte Schulungen sind notwendig!
- Logistikspiel Variantenfließfertigung hilft, die Zusammenhänge zu verstehen
- Speziell von Assist für die Werker entwickelt

Fahrzeugtyp	Aufgabe			
<p data-bbox="705 389 803 418">Bagger</p> 	<p data-bbox="898 322 1137 379">3 Achsen auf Fahrwerk montieren</p> 	<p data-bbox="1159 337 1363 365">6 Räder montieren</p> 	<p data-bbox="1425 322 1547 379">1 Chassis montieren</p> 	<p data-bbox="1663 322 1875 379">Armsystem montieren (3 Teile)</p> 
<p data-bbox="639 729 871 786">Notwendige Augenzahl Würfel</p>				
<p data-bbox="672 882 838 911">Gabelstapler</p> 	<p data-bbox="898 832 1137 925">1 Hubmast und 2 Achsen auf Rahmen montieren (3 Teile)</p> 	<p data-bbox="1159 853 1383 911">Kabine montieren (4 Teile)</p> 	<p data-bbox="1425 853 1547 911">Gabel montieren (2 Teile)</p> 	<p data-bbox="1663 818 1875 939">4 Räder montieren, 1 Palette mit 2 Räder aufsetzen (7 Teile)</p> 
<p data-bbox="639 1290 871 1348">Notwendige Augenzahl Würfel</p>				

Schulung Gruppendynamik Logistikspiel

- Spielkonzept
 - Kapazitätsangebot wird mit einem Würfel simuliert (Fehlteile Störungen usw.)
 - Die Durchlaufzeit (Anzahl benötigter Takte) simuliert die Anzahl der benötigte Würfe
 - Die überschüssige Augenzahl stellt die Leerzeiten (Wartezeiten dar)
- 2 Spielvarianten je Gruppe
 - a. Ohne „Zusammenhelfen“
 - b. Mit „Zusammenhelfen“ (Leerzeiten werden nach Möglichkeit vermieden)
- Ergebnis nach 12 Gruppen
 - 38% geringere Durchlaufzeit
 - 63% weniger Wartezeiten
- Nach dem Spiel Aufarbeitung der Ergebnisse in der Gruppe
 - Warum diese Einsparungen?
 - Was bedeutet das auf meinem Arbeitsplatz umgelegt und in der Gruppe?
 - Maßnahmen

Schulung Gruppendynamik Logistikspiel

- Ergebnisse
 - Die negativen Reaktionen der Werker
 - Am Anfang kein Verständnis und kein Erkennen der Sinnhaftigkeit des Spiels
 - Positiven Aspekte der Werker
 - Ernsthaftes Nachdenken über Zusammenarbeit
 - Erkennen der Abhängigkeit von Produktivität und Zusammenarbeit
 - Erkennen, dass Flexibilität immer Arbeitszeitflexibilität und auch Einsatzflexibilität (Fähigkeiten) bedeutet
 - Erkenntnis, dass Kommunikation und Koordination für eine hohe Produktivität wichtig sind usw.
- Die positive Wirkung überwiegt bei weitem!

Dokumentation MAI

Multimediales Arbeitsplatzbezogenes Informationssystem

- Komplexe und seltene Montagevorgänge müssen besonders gut dokumentiert werden
- Multimediale Informationssysteme sind besonders gut geeignet
 - Fotos und Videos der Montagschritte
 - Einbindung von Dokumenten
- Lizenzfreie Version von Assist
 - MySQL Datenbank
 - JAVA Programmcode
 - Browser als Oberfläche

MAI ■■■

MULTIMEDIALES ARBEITSBEZOGENES INFORMATIONSSYSTEM

Kunde: Admin
Kunde: Admin

Benutzername ändern: Passwort ändern: Logout

- Funktionen Sachbearbeiter
 - Abteilungsverwaltung
 - Arbeitsplatzverwaltung und Arbeitsmittel
 - Artikelverwaltung
 - CSV Import Artikel
 - Arbeitsstoffe und PSA
 - Arbeitsplanverwaltung
 - Schulungsverwaltung

Dokumentation

Multimediales Arbeitsplatzbezogenes Informationssystem



Assist **MAI**
MULTIMEDIALES ARBEITSBEZOGENES INFORMATIONSSYSTEM

Wechselbauer Harald MM-Download Benutzername ändern Passwort ändern Logout

- Werkverwaltung
 - hinzufügen
 - bearbeiten
 - anzeigen
- Abteilungsverwaltung
 - hinzufügen
 - bearbeiten
 - anzeigen
- Benutzerverwaltung
 - hinzufügen
 - bearbeiten
 - Interne Mitarbeiter
 - Externe Mitarbeiter
 - importieren aus CSV
 - als PDF anzeigen
- Fachkenntnis
 - anlegen
 - zuweisen
 - Fachkenntnis bearbeiten
 - Zuweisung bearbeiten
 - Schulungen suchen
 - anzeigen
- Schulungen
 - hinzufügen
 - bearbeiten
 - je MitarbeiterIn
 - Unterschriftenliste

- Funktionen Administrator
 - Werkverwaltung
 - Abteilungen
 - Benutzerverwaltung
 - CSV Import Mitarbeiter
 - Fachkenntnisse
 - Schulungen

Dokumentation MAI

Multimediales Arbeitsplatzbezogenes Informationssystem

- Ansehen relevanter Arbeitsprozesse für Mitarbeiter
 - sehr einfach über Auswahl
 - Abteilung
 - Arbeitsplatz
 - Artikel oder
 - Arbeitsplan

Pos.	Arbeitsgang	Bild	Artikel	Anmerkung	verw. Artikel	Multimedia	Detail
10	Teile auflegen		47859	Test	524B1 Schalter (1) 14785 Grundplatte (1)	Testlog	nicht vorhanden
20	Einstecken Synthole in Kontrollleuchte		47859		524B3 Schalter (1)	Funkchen	nicht vorhanden
30	Armaturen einstecken und anschauen		14785 Grundplatte	Auf Ausrichtung achten!	524B1 Schalter (10) 1544 Tacho (1)	Video Position Video Distanz haken	nicht vorhanden
40	Tacho einstecken und montieren		47859	Mit Zange		Detail Zange	nicht vorhanden

Fazit

- MS-Excel® ist ausreichend für die einfache Optimierung von Großteile - Montagen
- Einfache Bandauslegung mit Hilfe von Mischgraphen ist möglich
 - Summe (Mengenanteil_{in %} mal Zeit_{te})
- Die Effizienz einer Montage kann mit der Kennzahl Wirkungsgrad W_M ausgedrückt werden ($WM = PV / (PV + SV)$)
 - Wertschöpfende Vorgänge PV werden im Verhältnis zur Gesamtzeit betrachtet
- Prozessanalysen können mit MS-Excel® inkl. Zeitmessung vor Ort durchgeführt werden
 - Einfache Auswertung und Potentialtabellen mit der PIVOT Funktion möglich
- Bei der Optimierung sind die sekundär Vorgänge zu eliminieren oder reduzieren. Das Häufigkeitsprinzip hilft bei der Planung
- Mit Spaghetti Diagrammen können die Sekundärvorgänge (Wege) deutlich dargestellt werden
- Technisch optimierte Montagen bringen den größten Nutzen, wenn die Mitarbeiter entsprechend eingebunden und individuell je nach Situation geschult werden
- Komplexe Prozesse können multimedial dokumentiert und verwaltet werden

Danke!



Harald Weichselbaumer
www.produktivitaet.at