

Industrielle Montage

**Eine Informationsschrift der Arbeitsgemeinschaft:
Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme Prof. Dr. Deuse, TU Dortmund
Industrieberatung Montage Prof. B. Lotter, Oberderdingen
LP-Montagetechnik GmbH, Erlangen
K + S Anlagenbau GmbH, Lenggenwang / Allgäu
Hans Pausch GmbH & Co KG Erlangen**

Ausgabe Nr. 1

September 2011

Liebe Leser, der Anbietermarkt hat sich zum Käufermarkt entwickelt; das früher schmale Produktspektrum wird durch eine immer breitere Angebotspalette mit zahlreichen Varianten abgelöst und führt zur Verkürzung der Produktlebensdauer, zu kleiner werdenden Losgrößen und zu einem enormen Preisdruck. Zum Erhalt oder zur Wiedergewinnung der Wettbewerbsfähigkeit muss die industrielle Montage auf flexible, wandlungsfähige und wirtschaftliche Betriebsmittel mit hohem Wiederverwendungswert zurück greifen können. Um die Anwender über neue, den Anforderungen gerecht werdende Montageeinrichtungen zu informieren reichen Inserate mit Kurzbeschreibungen in der allgemeinen Fachpresse nicht mehr aus. Die Arbeitsgemeinschaft „Industrielle Montage“ hat sich mit der Herausgabe dieser Informationsschrift zur Aufgabe gemacht, „Anwender-orientierte Betriebe“ umfassend über neue Technologien der Montage zu informieren. Die Informationsschrift wird zwei- bis dreimal pro Jahr erscheinen.

Viele Anregungen beim Lesen wünscht im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft: Prof. B. Lotter

Weltmarktglobalisierung u. demografischer Wandel der Belegschaft. LP Montagetechnik GmbH B. Lotter

Globalisierung bei gleichzeitigem demografischem Wandel stellen, zum Erhalt der Wirtschaftlichkeit, die produzierende Betriebe vor große Veränderungen. Mit dem Anwachsen der Produktvarianten und dem Zwang der „just in time“ Lieferung reduzieren sich die zu produzierenden Losgrößen auf Einzelstück- bis Kleinserien-Produktion. Die Möglichkeit automatisierter Produktion sinkt und die manuellen bzw. hybriden Arbeitssysteme bekommen mehr Bedeutung. Gleichzeitig erhöht sich mit dem demografischen Wandel das Durchschnittsalter der Belegschaft und der Anteil an leistungsgewandelter Mitarbeiter steigt. Leistungsdruck in Verbindung mit ungenügender ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung sind im hohen Maße – insbesondere im Bereich der Montage, Ursache der Leistungswandlung.

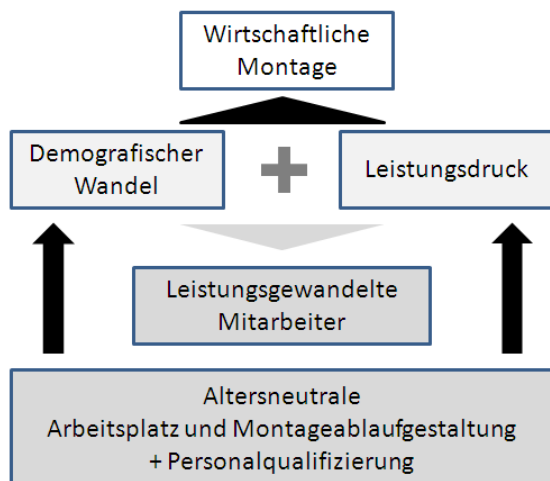


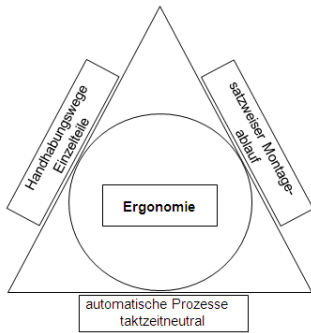
Abb. 1

Eine Strategie zur Vermeidung leistungsgewandelter Mitarbeiter geht aus Abb.1 hervor und zeigt zur Überbrückung des demografischen Wandels und des bestehenden Leistungsdruckes einen Lösungsansatz. **Altersneutrale** Arbeitsplatz- und Montageablauf-Gestaltung bei gleichzeitiger Personalqualifizierung, auch für Mitarbeiter im Alter über 45 Jahre garantieren eine wirtschaftliche Montage. Der ergonomischen Gestaltung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Ergonomisch konsequent gestaltete, altersneutrale Montagearbeitsplätze und Montageablaufgestaltung garantieren eine optimale Nutzung für junge und im gleichen Maße für ältere Mitarbeiter/innen. Zusätzlich sind folgende Merkmale zu erfüllen:

- Erhöhung des Arbeitsinhaltes bei Takt gebundener Fließmontage zur Vermeidung kurzer Taktzeiten.
- Umstellung taktgebundener Fließmontage auf das One-Piece-Flow - System
- Zum möglichen individuellen Leistungsverhalten die Vorgabezeit pro Stunde in eine Vorgabe pro Schicht ändern.

Ergonomisch richtig gestaltete Arbeitsplätze sind kein Widerspruch zur Wirtschaftlichkeit, sie sind vielmehr Basis hoher Wirtschaftlichkeit und Grundlage zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter/innen bis ins höhere Alter. Auf der Basis ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung lassen sich die wichtigsten Kostensenkungsmerkmale manueller und hybrider Montage, wie in Abb. 2 dargestellt, zusammen fassen.

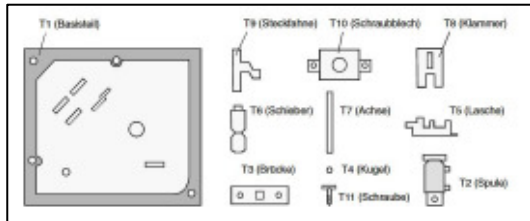


Handhabungswege für Einzelteile und Werkzeuge: MTM- Analysen zeigen deutlich, dass die Montagevorgangszeit der fünf Grundbewegungen Hinlängen, Bringen, Greifen, Fügen und Loslassen im hohen Maße durch den Zeitbedarf der Handhabungswege Hinlängen und Bringen bestimmt werden. So errechnet sich bei einem einheitlich angenommenen Fügevorgang nach MTM P2S und einem Greifweg von 20 cm ein Zeitaufwand der fünf Grundbewegungen von 1,75 Sekunden. Erhöht sich der Greifweg auf 40 cm erhöht sich der Zeitaufwand auf 2,19 Sekunden, bei 60 cm Greifweg werden 2,65 Sekunden und bei 80 cm Greifweg 3,06 Sekunden notwendig. Große Greifwege erfordern grundsätzlich höheren Kraftaufwand und führen zur schnelleren Ermüdung und letztlich zur Leistungswandlung. Montageablauf: Bei stückweiser Montage wird jeweils ein Produkt fertig montiert.

Abb.: 2

Bei satzweiser Montage wird zunächst der erste Montagevorgang an allen aufgelegten Produkten ausgeführt und der nächste Montagevorgang erst dann in Angriff genommen, wenn die vorhergehenden an allen Produkten ausgeführt worden sind. Die Durchführung von automatischen Prozessen muss taktzeitneutral, d.h. parallel zur manuellen Tätigkeit ausgeführt werden.

Praxisbeispiel: Für die Montage eines Elektroschalters nach Abb. 3 werden beim Einsatz von drei unterschiedlichen Arbeitsplatzgestaltungen die Montagezeiten, die Investitionshöhe aufgezeigt und die ergonomische Gestaltung, sowie die Mitarbeiterbelastung bewertet.



Der Elektroschrauber besteht auf 11 Einzelteilen, das Teil 11, eine Schraube wird zweimal benötigt. Ein Pressvorgang zum Umformen durch Kerben der gefügten Teile und zwei Schraubvorgänge mit handgeführten Pneumatik Schrauber sind durchzuführen. Zum Vergleich stehen die Werkbankmontage, die Montage mit dem System „One-Piece-Flow“ und ein System mit satzweisem Montageablauf.

Abb.: 3

Aus Abb. 4 gehen die Ausführungsformen und ihre Kennzahlen der drei im Vergleich stehenden Montagesysteme hervor. Die Werkbankmontage ist der am meisten eingesetzte Montagearbeitsplatz und bedingt nur stückweisen Montageablauf. Der Montagearbeitsplatz nach dem One-Piece-Flow – System ist mit halbkreisförmiger Kugelrollenbahn und Teilebereitstellung aufgebaut. Die Montage erfolgt auf einem verschiebbaren Montageschlitten mit aufgesetzter Montagevorrichtung. Montageobjekt und Werker bewegen sich entlang der Materialbereitstellung. Das System für satzweisen Montageablauf ist in Rundtaktausführung mit 12 bis 24 Stationen und zentral angeordneter dynamischer Teilebereitstellung aufgebaut.

MONTAGESYSTEM			
	WERKBANK	ONE-PIECE-FLOW Montagetechnik GmbH LP-	SATZWEISE MONTAGE LP-Montagetechnik GmbH
Montagezeit pro Stück	41,65 s	30,8 s	22,0 s
Stückleistung pro Stunde	86,4	117,6	163,6
Greifwege pro Stück	12,20 m	7,7 m	5,04 m
Greifwege pro Stunde	1.054 m	905,5 m	825 m
Greifwege Tag/Schicht	7.378 m	6.685 m	5.775 m
Greifwege Jahr/Schicht	1.697 km	1.458 km	1.328 km
Körper-Belastung	hoch	gering	gering
Ergonomie	gering	sehr gut	sehr gut

Abb. 4

Tabelle Nr. 1

Investition	Werkbank	One-Piece-Flow	satzweise
Investition [€]	8.000,-	30.000,-	48.000,-
Abschreibung 5 Jahre [€]	1.600,-	6.000,-	9.600,-
Kalk. Zinsen 10 % v. 50 % Invest. [€]	400,-	1.500,-	2.400,-
Instandhaltung 5 % v. Invest. [€]	400,-	1.500,-	2.400,-
Betriebskosten/Jahr [€]	2.400,-	9.000,-	14.400,-
Nutzung 3220 Std./Jahr [€]	0,75	2,80	4,47
Personalkosten/Stunde [€]	30,-	30,-	30,-
Stundensatz [€]	30,75	32,80	34,47
Leistung [Stück/Stunde]	86,4	117,6	163,6
Montagestückkosten [€]	0,36	0,28	0,21

Aus nebenstehender Tabelle geht hervor, dass die ergonomisch besser gestalteten Montagesysteme nicht nur höhere Stückleistung sondern auch reduzierte Montagestückkosten garantieren. So steigt die Stückleistung pro Stunde von 86,4 auf 117,6 und auf 163,5. Die Montagestückkosten dagegen reduzieren sich von € 0,36 auf € 0,28 und auf € 0,21. Ergonomie und Wirtschaftlichkeit sind kein Gegensatz. Ergonomie verhindert Leistungswandlung.

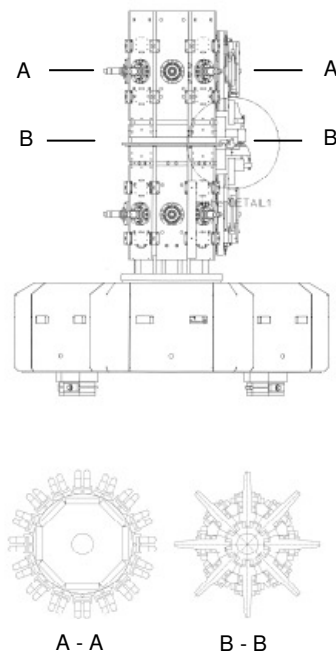
Literatur : B. Lotter u. H.P. Wiendahl 2006 Montage in der industriellen Produktion – Springerverlag Berlin

Für Rückfragen stehen Prof. B. Lotter e-mail: brunolotter@t-online.de und Edwin Lotter e-mail: e.lotter@lp-montagetechnik.com zur Verfügung.

Stanzen – Formen – Montieren. K + S Anlagenbau GmbH

B. Lotter, A. Kelz

Die Industrie elektronischer Geräte benötigt in extrem großen Stückzahlen mechanische – elektrische Verbindungselemente, wie z.B. schraubenloser Steckverbindungen im Stückzahlbereich ≥ 100 Mio. pro Jahr. Um eine wirtschaftliche Produktion sicher zu stellen ist es zwingend notwendig, dass in der Kombination von Teilefertigung und Montage in einer Anlage, produziert werden kann. Schüttgutfertigung der Einzelteile, und Ordnung der Teile zur Montage wird vermieden.



K + S Anlagenbau GmbH hat zur wirtschaftlichen Lösung derartiger Produktionsaufgaben ein mechanisch gesteuertes Grundsystem in Form einer Rundtaktanlage nach Abb. 1 entwickelt.

Der Grundaufbau besteht aus drei Etagen als feststehenden Turm mit einer senkrecht, zentral angeordneten Hauptsteuerwelle. Mit dieser Hauptsteuerwelle werden auf Bewegungen synchron auf die Einzelstationen übertragen. Mit dem achteckigen Turm entstehen am Unter- und Oberteil des Turmes Plattformen zur Aufnahme von Prozesseinheiten. Der Antrieb dieser Einheiten erfolgt mit kurzen Steuerwellen, - synchron angetrieben von der Hauptsteuerwelle. Schnitt A-A Abb.1 zeigt die Aufbausituation für 8 Prozessstationen. Zwischen der unteren und oberen Etage der Turmanordnung ist ein Drehring, angetrieben mit einer NC-Achse und elektronisch gekoppelt mit der Hauptsteuerwelle und lässt eine frei wählbare Anzahl von Werkstückträgern zu. In Abb.1 Schnitt B-B sind als Beispiel 16 Werkstückträger dargestellt. Die Werkstückträger können in Abhängigkeit der auszuführenden Prozesse starr oder schwenkbar angeordnet werden. Schwenkbar dann, wenn Prozesse des Fügens eine entsprechenden Werkstücklage benötigen oder der Schwenkvorgang der Fügevorgang direkt ausführen kann.

Die notwendigen Prozessstationen können für Operationen wie Stanzen, Formen, Bearbeiten, Fügen und Prüfen konzipiert werden. Integrierte Prüfstationen werfen nach Erkennen eines Fehlers die schlechten Teile aus der Anlage aus und sichern 100 % Qualität

Abb.1

Anhand der Produktion eines Produktbeispiels wird der Funktionsablauf in Detail erklärt:

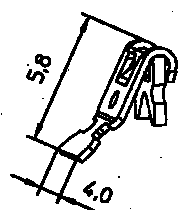


Abb. 2

Eine Steckklemme nach Abb. 2 ist mit einer Leistung von ca. 100 Mio. pro Jahr zu produzieren. Bei einer Nutzung im Dreischichtbetrieb (22 Std./Tag) bedeutet die eine Stundenleistung von ca. 21 600 Stück. Zur Sicherstellung der Stundenleistung werden pro Takt zwei Steckklemmen, bestehend aus zwei Einzelteilen mit den Arbeitsgängen Stanzen, Biegen, Prüfen, Fügen, Funktionsprüfung und getrennt nach IO und NIO Auswerfen, produziert. Bei einer organisatorischen Verfügbarkeit von 90 % errechnet sich eine Taktzeit von $3\ 600 \times 0,9 / 10\ 800$ Paar = 0,3 Sekunden und entspricht 200 Maschinentakte pro Minute. Die paarweise Produktion entspricht damit 400 Steckklemmen pro Minute.

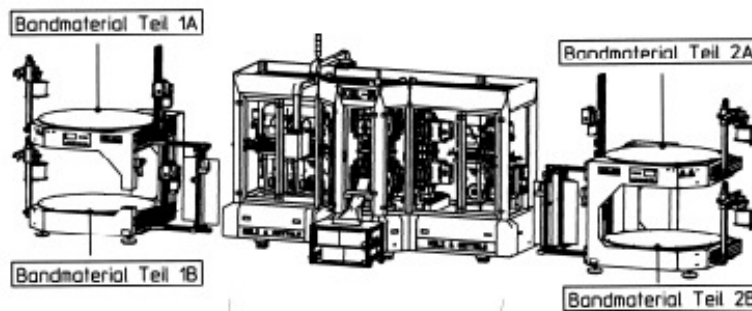
1a	Herstellung Teil 1 (paarweise)	
1b	Herstellung Teil 2 (paarweise)	
2	WT Teil 1 und Teil 2 in Fügeposition schwenken (paarweise)	
3	Teil 2 in Teil 1 durch Einklipsen gefügt (paarweise)	

Abb.3 zeigt den notwendigen Produktionsablauf bestehend aus:
 Teil 1 paarweise herstellen.
 Teil 2 paarweise herstellen.
 Paarweise Teil 1 und Teil 2 in Fügeposition bringen.
 Paarweise Fügen durch einklipsen.
 Paarweise Prüfen.
 Ausladen, getrennt nach IO und NIO

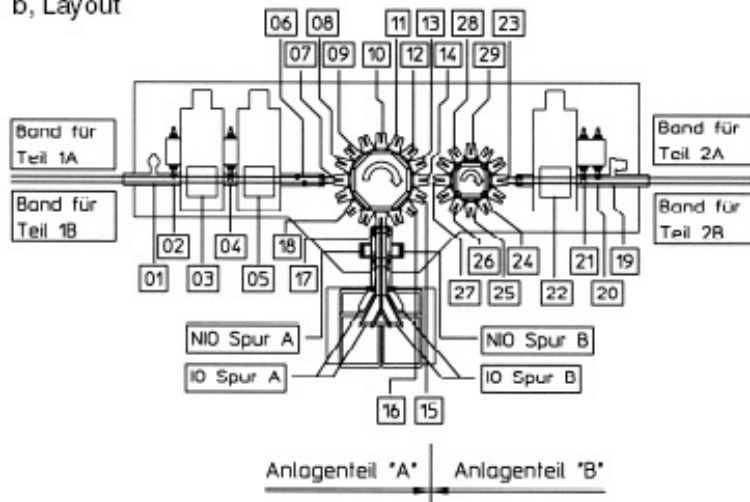
Abb.3

Abb. 4a zeigt die Gesamtanlage und Abb. 4b die Layoutdarstellung und Ihre Anlagenteilung Teil "A" und Anlagenteil „B“. Beide Anlagenteile sind mit einer Rundtakteinheit nach Abb.1 ausgerüstet. Der Arbeitsablauf ist wie folgt: Das Rohmaterial für die beiden Stanzteile 1 und 2 wird über Doppelcoilabwickler in Bandform bereitgestellt. Bandbreite und Bandvorschub entsprechen der Platinengröße. Damit wird Abfall los gestanzt. Die einzelnen Produktionsschritte werden anhand der Layoutdarstellung nach Abb. 4b beschrieben und das Teilepaar mit A/B gekennzeichnet.

a, Gesamtansicht



b, Layout



Anlagenteil A – Teil 1 A/B

- Material Teil A/B ölen
 01) Bandeinzug Teil A
 02) Teil 1/A stanzen
 03) Bandeinzug Teil B
 04) Teil 1/B stanzen
 05) Kontur prüfen A+B
 06) Teil A/B vom Band trennen in Wt. Rundtakteinheit einsetzen
 07) Prüfen Teile in Wt. platziert
 08) Teil A/B erste Formung
 09) Teil A/B zweite Formung
 10) Kraft-Weg Messung
 11) Teil A/B dritte Formung
 12) Wt.- schwenken

Anlagenteil B – Teil 2 A/B

- 19) Material Teil A/B ölen
 20) Bandeinzug Teil A
 21) Bandeinzug Teil B
 22) Teil A/B stanzen
 23) Teil A/B vom Band Trennen und in Wt Rundtakteinheit einsetzen
 24) 24 Prüfen Teile in Wt. vorhanden
 25) Wt. schwenken
 26) Prüfteilentnahme
 27) Teil A/B in Fügeposition bringen

Anlagenteil A

- 13) Teil 1 und 2 miteinander Fügen
 14) Prüfung der Fügung
 15) Wt. zurück Schwenken
 16) Steckklemmen nach IO–NIO auswerfen
 17) Kontrolle Wt leer

Anlagenteil B

- 28) Kontrolle Wt-leer
 29) Wt zurück Schwenken

Abb. 4

Wirtschaftlichkeit: Die Herstellkosten (ohne Material) errechnen sich für eine kompl. Steckklemme auf € 0,0076 .
 Berechnungsbasis : Investitionssumme € 2 Mio. Abschreibung in 5 Jahren. Nutzung an 22 Std./Tag und 230 Tagen pro Jahr. Kalkulatorische Zinsen mit 8 % von 50 % der Investitionssumme. 5 % der Investitionssumme pro Jahr für Instandhaltung und Personalkosten für einen Mitarbeiter pro Stunde.

Für Rückfragen steht Herr Anton Kelz e.mail: anton.kelz@ks-anlagen.de – zur Verfügung.

Herausforderungen der variantenreichen Fließmontage – TU Dortmund

F. Busch . J. Deuse

Die Herausforderungen an Fertigung und Montage in produzierenden Unternehmen sind in den letzten Jahren stark gewachsen. Die Kunden sind wesentlich anspruchsvoller geworden und erwarten innovative, den individuellen Wünschen angepasste Produkte zu Preisen, die in der Regel nur mit hohen Stückzahlen, also in Serien- oder Massenfertigung, wirtschaftlich realisierbar sind. Hierzu kommt eine starke schwankende Kundennachfrage gepaart mit der Forderung nach immer kürzeren Lieferzeiten. Dieses Marktumfeld führt in den Unternehmen zu einer stark ansteigenden Typen- und Variantenvielfalt mit niedrigen, aber gleichzeitig stärker schwankenden Stückzahlen. [1]

Die getaktete Fließmontage war seit Einführung durch Henry Ford das Mittel zum Zweck, standardisierte Produkte in großer Stückzahl zu niedrigen Kosten herstellen zu können. Doch die klassische Fließmontage nach dem Prinzip Henry Fords war ausgerichtet auf die kostengünstige Herstellung gleichartiger Produkte in hohen Stückzahlen. Die Fließsysteme waren dementsprechend unflexibel und meist starr auf eine geforderte Ausbringungsmenge ausgelegt, entsprechend aufwendig war es Veränderungen, zum Beispiel hervorgerufen durch Stückzahlenschwankungen oder Typenwechsel, umzusetzen. Doch genau diese Änderungsflexibilität wird nunmehr seit etlichen Jahren immer stärker gefordert. Den Ausweg aus dieser Situation sehen viele Unternehmen in der Implementierung neuer, schlanker Produktionsprinzipien, deren Ursprünge im Toyota Produktionssystem begründet liegen [2]. Aber auch mit schlanken, flexiblen Produktionstechnologien und -strukturen sowie leistungsfähigen Planungs- und Steuerungssysteme, führt die zunehmende Variantenzahl zu einer Komplexitätserhöhung an vielen Stellen des Wertstromes, die eine effiziente Produktion deutlich erschweren. [3],[4],[5]

So muss bei einem breiten Variantenspektrum, insbesondere in der Montage im Einzelstückfluss, produziert werden, da auf Grund der hohen Variantenzahl und Kundenindividualität eine Produktion auf Lager nicht zielführend ist und wegen der hohen Kapitalbindung in Fertigprodukten zudem nicht wirtschaftlich wäre. In Folge sehen sich Unternehmen in Planung und Betrieb solcher variantenreichen Fließmontagen neuen, bisher unbekanntenen, Problemstellungen konfrontiert, die zu deutlicher Erhöhung der Planungskomplexität beitragen.

Insbesondere der Leistungsabstimmung und der Nivellierung, welche das Ziel verfolgt, die vorhandene Produktionskapazität bestmöglich auszunutzen und eine Über- oder Unterlastung des Mitarbeiters zu vermeiden, kommen durch variantenbedingt hohen Schwankungen in den Arbeitsinhalten, eine wesentliche Bedeutung zu. Überlastung in Fließsystemen führt zu schlechterer Arbeitsausführung und damit zu Qualitätsproblemen. Unterlastung führt hingegen zu nicht -wertschöpfenden Wartezeiten. Doch auch Materialbereitstellung und Rüstoperationen müssen auf die häufigen Variantenwechsel abgestimmt sein.

Nivellierung und Ziehprinzip in der variantenreichen Fließmontage

Als Grundelemente schlanker Produktionssysteme dienen die Nivellierung und das Ziehprinzip dazu, die Produktion hinsichtlich Menge und Mix zu harmonisieren und bedarfsgerecht zu produzieren.

Die Nivellierung entkoppelt Fertigungsaufträge und Kundenabrufe so von einander, dass das Produktionsvolumen aufgeteilt in kleine Lose und einem geordneten Variantenmix produziert werden kann. Das Intervall dieses wiederkehrenden Produktionsmuster wird durch die Kennzahl ETEI (Every Part Every Intervall) beschrieben. Die Nivellierung sorgt für einen stabilen Produktionsrhythmus, der durch bewusste Entkopplung von Kundenabrufen die Variabilität im Wertstrom reduziert und planbar macht. [6],[7],[8]. Doch in der variantenreichen Fließmontage mit häufig wechselnden Kleinserien unterschiedlicher Produkte stoßen konventionelle Nivellierungsansätze auf Grund der großen Variantenvielfalt häufig an ihre Grenzen. Aus diesem Grund werden neue Nivellierungsansätze erprobt, die das Erzeugnisspektrum in Produktfamilien einteilen (Clusteranalyse) und auf Basis dieser ein geeignetes Nivellierungsmuster festlegen [6]. Auf diese Weise können Skaleneffekte der Massenproduktion durch Anwendung der Gruppentechnologie auch in variantenreiche Fließfertigung genutzt werden. Die Gruppierung in eine handhabbare Anzahl von Produktfamilien erfolgt dabei nach Kriterien, die unter anderem sicherstellen, dass innerhalb einer Familie keine oder nur minimale Rüstzeiten auftreten (Rüstkombibildung). Hierbei kann das Verfahren durch Maßnahmen zum Schnellrüsten unterstützt werden.

Beim Zieh- oder Pullprinzip wird die Produktion nur dann angestoßen, wenn ein tatsächlicher Bedarf, ausgelöst durch Kunden, vorliegt. Der Kundenauftrag wird an einer Stelle im Wertstrom eingesteuert und durch selbst steuernde Regelkreise, meist realisiert mit Hilfe von Kanbankarten, an die vorgelagerten Prozesse weitergeleitet. Vorteil dieser Steuerungsart ist, im Vergleich zum klassischen Pushprinzip einer zentralen Produktionsplanung und Steuerung. Dass jederzeit nur das produziert wird, was tatsächlich vom Kunden nachgefragt wird. Dadurch wird Überproduktion vermieden und Bestand in der Produktion reduziert. Doch in der klassischen Kanbansteuerung entspricht jede Kanbankarte genauer einer Produktvariante in einer bestimmten Menge. Dies führt in der variantenreichen Fließmontage dazu, dass für jede Variante ein gewisser Bestand an Material in den Supermärkten vorgehalten werden muss. Mit steigender Variantenzahl steigen somit der Flächenbedarf und die Bestandsmengen stark an. Eine Möglichkeit dies zu vermeiden, ist die Einführung einer Conwip (Constant work in process) Steuerung [1]. Statt variantenspezifischer Kanbankarten, werden bei Conwip variantenunspezifische Kapazitätskarten zur Steuerung der Produktion eingesetzt. Auf diese Weise können die Bestände in den Supermärkten unter Beibehaltung des Ziehprinzips deutlich reduziert werden. Welche Varianten in welcher Reihenfolge produziert werden sollen, wird beim Conwip-Ansatz durch das gewählte Nivellierungsmuster festgelegt.

Leistungsabstimmung und Wandlungsfähigkeit in der variantenreichen Fließmontage

Die variantenreiche Fließmontage erfordert nicht nur geeignete Werkzeuge zur Harmonisierung und Steuerung der Produktion bezogen auf schwankende Stückzahlen und häufig wechselnde Varianten. Sie erfordert zusätzlich wandlungsfähige Montagesysteme, die für Ausbringungsleistung und Variantenzahl dynamisch angepasst werden können. Ein typisches Beispiel sind Montagelinien in welchen, dem Prinzip der Mehrstellenarbeit folgend, je nach Bedarf unterschiedlich viele Mitarbeiter eingesetzt werden können. Charakteristisch für diese Art von Montagelinien sind die vergleichsweise niedrige Automatisierungsgrad und der einfache aber flexible Aufbau der Montagestationen. Im Mittelpunkt steht ein kontinuierlicher Materialfluss und nicht eine maximale Auslastung der eingesetzten Betriebsmittel. Durch diese Konfiguration wird es möglich, durch den Einsatz unterschiedlich vieler Mitarbeiter die Stückzahlausbringung variabel dem aktuellen Kundenbedarf anzupassen. Die im Vergleich zur Auslastung des Mitarbeiters geringe Betriebsmittelauslastung wird durch den Einsatz einfacher Automatikstationen mit geringen Maschinenstundensätzen kompensiert. Entscheidend für den Erfolg einer solchen Lösung ist die richtige Leistungsabstimmung (Verteilung der Arbeitsinhalte auf die Montagestationen ausgerichtet am Kundentakt) für jede Kapazitätsstufe, um die unterschiedlichen Arbeitsinhalte, Laufwege und Mitarbeiterzahlen aufeinander abzustimmen.

Ein breites Variantenspektrum führt zu variierenden Arbeitsinhalten an den einzelnen Montagestationen und erfordert eine dementsprechend aufwendige Leistungsabstimmung, um die einzelnen Arbeitsstationen innerhalb der Montagelinie abzugleichen. Auch hier kann in der variantenreichen Fließmontage die Gruppentechnologie genutzt werden, um Varianten mit ähnlichen Arbeitsinhalten und Vorrangbeziehungen zu Taktfamilien zusammenzufassen [4]. Durch die Identifizierung von s.g. Mastervarianten mit ähnlichem Takt kann die Komplexität in der Leistungsabstimmung variantenreicher Fließmontagen reduziert werden. Gleichzeitig ermöglicht das Verfahren niedrige Taktausgleichzeiten innerhalb der Mastervariante. Erst wenn in eine weitere Taktfamilie gewechselt werden soll, müssen die Montagelinie und die Produktionsreihenfolge der neuen Mastervariante angepasst werden

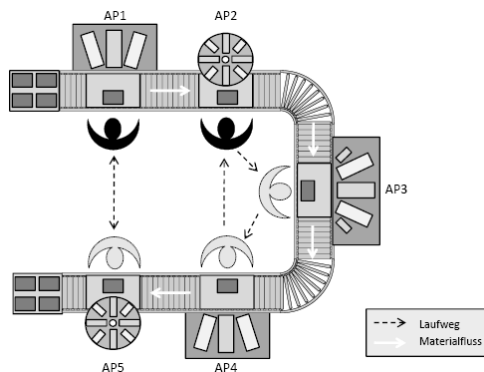


Abb. 1 Beispiel einer Montagelinie mit Mehrstellenarbeit

Letztlich ist es erforderlich neben dem Personal auch die verwendeten Betriebsmittel den sich dynamisch ändernden Stückzahl- und Variantenszenarien anzupassen. Dies setzt einfache und bezüglich der Materialbereitstellung schnell adaptierbare Montagesysteme voraus, die häufige Anpassungen des Bandausgleichs, wie sie beim Wechsel in eine andere Taktfamilie notwendig werden, umsetzen können [3]. Ein Beispiel ist der Einsatz von dynamischen Materialbereitstellungen, welche variantenabhängig und bedarfsgerecht die benötigten Teile ohne zusätzlichen Rüstaufwand und bei minimalem Platzbedarf bereitstellen können.

Zusammenfassung

Die zunehmende Variantenzahl hat zur Folge, dass in Fließmontagesystemen die Flexibilität deutlich erhöht werden muss, um eine wirtschaftliche Montage mit den Vorteilen des Einzelstückflusses auch bei einem variantenreichen Produktspektrum zu realisieren. So müssen zum einen Mechanismen gefunden werden, um trotz der gestiegenen Komplexität und Variabilität die Produktion zu harmonisieren und adaptiv zu gestalten. Ansätze hierfür sind die Nivellierung auf Basis von Produktfamilien oder die Leistungsabstimmung mit Hilfe der Taktfamilienbildung. Weiter müssen wandlungsfähige Montagestrukturen geschaffen werden, die sich durch eine schnell (Um-)Konfigurierbarkeit auszeichnen. Hier spielen eine hohe Wiederverwendbarkeit von Betriebsmitteln, eine dynamische Materialbereitstellung sowie ein flexibler Mitarbeiterinsatz für die Skalierbarkeit eine wesentliche Rolle.

Literatur

- [1] Wuthnow, A.; Deuse, J. (2008) Produktionssteuerung bei hoher Variantenvielfalt in der Elektronikfertigung. I In: PPS Management 14-2. S 43-46
- [2] Deuse, J.; Strausberg, J. Waschniewski, S. (2007): Leitsätze zur Gestaltung einer verschwundungsarmen Produktion In: ZWF 102-5, S. 291 -294
- [3] Deuse, J.; Bohnen, F.; Konrad, B. (2011) Renaissance der Gruppentechnologie. In: ZWF (106) Nr.5 s. 337-341.
- [4] Lenzian, H.; Schneider, R.; Deuse, J. (2009) Standardisierte Arbeit in der Kleinserienfertigung erfolgreich einführen. In: Productivity Management 14-4, S.13-16
- [5] Große-Heitmeyer, V.; Wiendahl, H-P. (2004) Grundsatz des Produktionsstufenkonzept. In: Wiendahl, H-P Gerst, C.; Keubecke, L. (Hrsg.) Variantenbeherrschung in der Montage. Springer-Verlag, Berlin, S. 21-40.
- [6] Bohnen, F.; Sauser, J.; Deuse, J. (2011) Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie. In: Wt. Werkstatttechnik online Jahrgang 101/4, Springer-Verlag-VDI-Verlag. S.237-241
- [7] Buhl, M.; Bohnen, F.; Deuse, J.; Schneider, R. (2009) Effiziente Kleinserienfertigung durch Produktionsnivellierung. In: Productivity Management 114-4 S. 19-22.
- [8] Buhl, M.; Deuse, J. (2009) Stufenmodell zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserienfertigung. In: PPS Management

Für Rückfragen stehen Herr Dipl.-Ing. F. Busch e.mail: felix.busch@tu-dortmund.de und Herr Prof. Dr. J. Deuse e-mai: jochen.deuse@tu-dortmund.de zur Verfügung

Ergonomische Teilebereitstellung in der manuellen Großgerätemontage

Hans Pausch GmbH & Co .KG. Erlangen

B. Lotter, H.P. Pausch

Für die Montage großer Baugruppen oder Produkten in den Abmessungen bis zu ca. 800 x 800 x 2 000 mm, einem Gewicht bis zu ca. 200 kg und einer Komplexität bis zu ca. 200 unterschiedlicher Konstruktionsteilen kommt in Abhängigkeit der notwendigen Leistung Einzelplatzmontage, Gruppenmontage oder Fließmontage zum Einsatz-

Bei Einzelplatz- oder Gruppenmontage sind die Montagearbeitsplätze nach dem Prinzip der Baustellenmontage gestaltet. Stationäre Montageobjekte kennzeichnen die Baustellenmontage. Das Prinzip der Gruppenmontage besteht darin, dass mehrere Montageobjekte in benachbarten Montageplätzen gleichzeitig montiert werden. Die Montageobjekte bleiben stationär, das Personal wechselt an den aufgestellten Montageobjekten.. Bei einer Fließmontage wird das Montageobjekt von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz bewegt und das Personal bleibt stationär.

Durch die notwendige Bereitstellung einer hohen Anzahl von Einzelteilen und/oder vormontierten Baugruppen sowie der notwendigen Zugänglichkeit von allen Seiten zum Montageobjekt hat die Baustellenmontage einen großen Platzbedarf. Gegenüber der Kleingerätemontage sind bei der Baustellenmontage und der Fließmontage Materialbereitstellung und Montageobjekt räumlich voneinander getrennt. Bei der Kleingerätemontage beschränkt sich der Aufwand der Teilehandhabung auf Greifwege durch Hand und Arm. Dagegen werden bei der Baustelle- und Fließmontage großer Objekte für die Handhabung der Einzelteile oder Werkzeuge Körperbewegungen wie Drehen, Gehen, Bücken und Aufrichten notwendig.

Großteile mit Einzelgewichten von ca. 15 bis 30 und mehr kg werden in der Regel auf Paletten, platziert auf dem Hallenboden bereitgestellt. Kleine Konstruktionsteile und DIN- Teile werden in Teilebehältern, gelagert in Regalen bereitgestellt. Die Bereitstellungsebene der Teilebehälter reicht vom Hallenboden bis zu einer Höhe von ca. 1,6 Meter.

Vieles Bücken und Aufrichten unter Last innerhalb kurzer Zeit ist eine extreme Belastung von Muskulatur und Rückgrad und führt zur frühzeitigen Ermüdung. Bei der manuellen Handhabung schwerer Teile besteht die Gefahr der Überbeanspruchung von Gelenken, Muskeln, Bandscheiben und Wirbelsäule. Als Anhaltspunkte, im Sinne der Berufskrankheitsverordnung werden in Tabelle 1 genannten Werte von Lastengewichten angeführt.

Tabelle 1 Lastengewichte

Alter	Last in kg (Frauen)	Last in kg (Männer)
15 – 17 Jahre	10	15
18 – 39 Jahre	15	25
ab 40 Jahre	10	20

Die Werte gelten für Lastengewichte, die eng am Körper getragen werden. Mit länger werdender Tragdauer (Wegstrecke zwischen Aufnehmen und Ablegen) wird die Greifkraft der Fingen immer stärker beansprucht. (H. Dupius, K. Landau 2009)

Abb. 1 zeigt drei unterschiedliche Körperhaltungen zum Aufnahmen von Teile. Abb. 1 A zeigt eine optimale Voraussetzung, ein Teil ohne zusätzliche Körperbewegungen aufnehmen zu können. Die Aufnahme von Teilen nach Abb. 1 B in gebückter Haltung sollte vermieden werden. Das in Abb. 1 C gezeigte Aufnehmen eines schweren Teiles in gebückter Haltung in Kombination einer Schrittbewegung ist unmöglich und darf nicht notwendig werden.

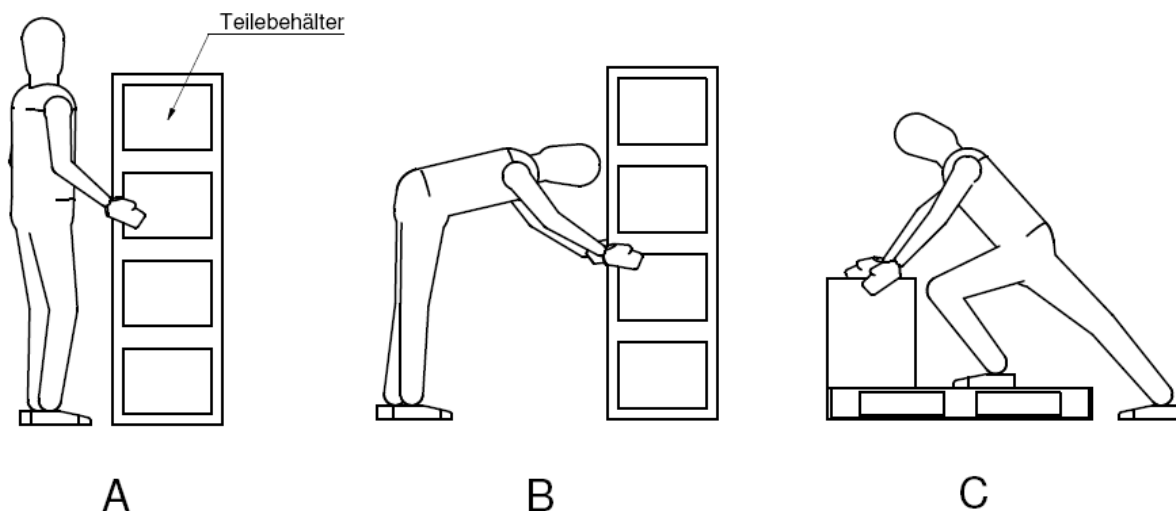


Abb. 1 A bis C Unterschiedliche Körperhaltungen zur Aufnahme von Lasten (Lotter u. Dworcky)

Zur Vermeidung von Leistungswandel durch altersbedingter Gesundheitsschäden der Mitarbeiter und zum Erhalt der Wirtschaftlichkeit ist es zwingend notwendig die Arbeitsplatzgestaltung so zu gestalten, dass permanentes Bücken und Aufrichten, zum Teil unter hoher Gewichtsbelastung, vermieden wird. Große und schwere Teile, transportiert auf Paletten, dürfen zur Montage nicht mehr auf dem Hallenboden platziert werden – sondern müssen auf Lagerböcken zum optimalen Aufnehmen ohne Bücken und Aufrichten unter Last bereitgestellt werden.

Die Bereitstellung von s. g. Kleinteilen bis zu einem Gewicht von max. 2 kg erfolgt in Regalen mit entsprechenden Behältern. Teilebehälter in den unteren Etagen des Regals bedingen zur Aufnahme der dort liegenden Teile Körperbewegungen des Bückens und Aufrichten. Zur Vermeidung dieser Körperbewegungen muss bereits die unterste Bereitstellungsebene einer Greifhöhe entsprechen, die das Aufnehmen eines Teiles ohne Bücken ermöglicht.

Abb. 2 zeigt hierfür ein Beispiel: Zur Entnahme in ergonomisch bester Position können dynamische Bereitstellungsregale nach Abb. 2 zum Einsatz kommen. Die Bereitstellungsebenen sind dabei nicht mehr statisch sondern können in Abpassung der optimalen Greifposition automatisch verstellbar werden. Eine Grundvoraussetzung ist, dass die Anordnung der Greifbehälter der Montagerangfolge entspricht.

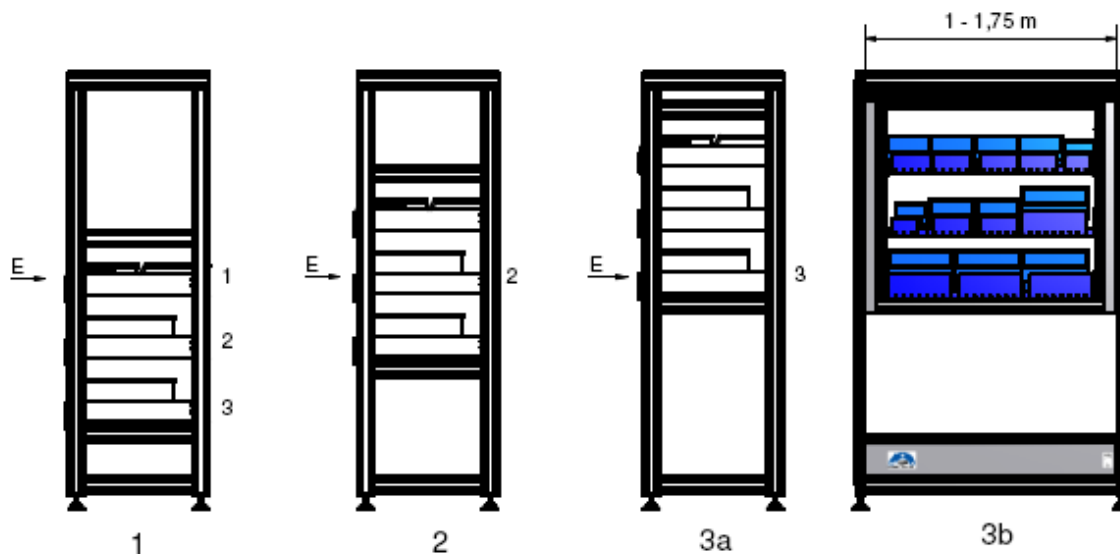


Abb. 2 Dynamisches Bereitstellungsregal (Hans Pausch GmbH & Co.KG)

1 = Bereitstellungsebene 1, 2 = Bereitstellungsebene 2, 3a = Seitenansicht Bereitstellungsebene 3
3b = Vorderansicht der Bereitstellungsebene 3

Die Entnahmehöhe der Teile ist bei diesem Beispiel nach Abb. 2-1 auf einen Meter eingestellt. Abb 2-2 zeigt die Stellung der Ebene 2 und Abb. 2-3a die Stellung der Ebene 3 zur Entnahme der Teile. Damit sind alle Teile in gleicher Entnahmehöhe aufnehmbar und die Körperbewegungen Bücken und Aufrichten werden vermieden. Die dynamischen Bereitstellungsebenen werden in der Verstellung der Regalebenen über ein s. g. pick-to-light-System gesteuert. Ist die Bereitstellungsebene 1 in Entnahmeposition leuchten automatisch die Lampen an den Greifbehältern der Ebene auf. Wird ein Teil entnommen, löscht die Lampe des Greifbehälters. Sind alle Teile der Bereitstellungsebene entnommen, sind alle Lampen gelöscht und die automatische Verstellung von Ebene 1 zu Ebene 2 wird automatisch durchgeführt. Ist Ebene 3 abgearbeitet, werden die Ebenen im Block auf Ausgangsbasis zurück gefahren und die Ebene 1 steht wieder im optimalen Greifbereich.

Die Körperbelastung wird durch vermeiden von Bücken und Aufrichten wesentlich verringert und die Gefahr der Leistungswandlung reduziert.

Die Vermeidung von Bücken und Aufrichten reduziert ebenfalls die Montagezeiten. Nach MTM beträgt der Zeitaufwand für Bücken 29 TMU und für Aufrichten 31,9 TMU = 60,9 TMU oder 2,19 Sekunden. Bei visueller Annahme von 75 Vorgängen von Bücken und Aufrichten innerhalb einer Stunde errechnet sich folgende Jahreseinsparung: $2,19 \text{ s} \times 75 \text{ Vorg.} \times 14 \text{ Std/Tag} = 2.299,5 \text{ s}$ oder 38 Min/Tag. $38 \text{ Min/Tag} \times 230 \text{ Tage} = 8.740 \text{ Minuten} = \text{rund } 145,7 \text{ Stunden/Jahr}$. Bei einem Stundensatz von € 40,- errechnet sich eine Jahreseinsparung von $145,7 \text{ Std.} \times € 40 = € 5.828,-$. Je nach Ausrüstung und Größe der dynamischen Bereitstellungsregale liegt die notwendige Investition bei ca. € 10.000,- und amortisiert sich in ca. 2 Jahren.

Für Rückfragen stehen Hans Peter Pausch e-mail: hp.pausch@pausch.de und Edwin Lotter e-mail e.lotter@lp-montagetchnik.com