

# 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, Lengenwang / Allgäu**  
**InSystems Automation GmbH, Fürth**

**Ausgabe Nr. 2**

**Mai 2012**

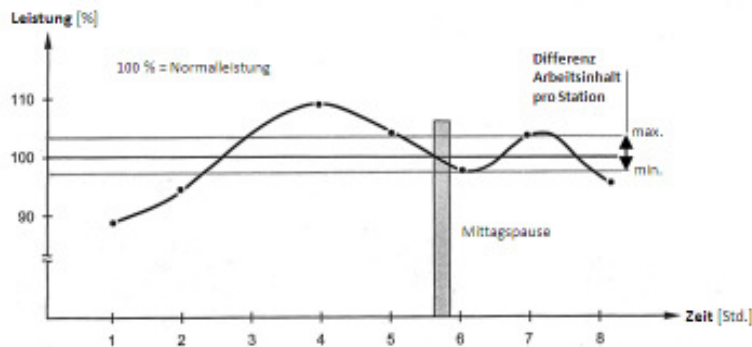
## Neue Konzepte der Fließmontage in Anpassung an den demografischen Wandel.

### LP Montagetechnik GmbH

B. Lotter

Die Leistung einer getakteten Fließmontage wird von der oder den Stationen bestimmt, die den längsten Zeitanteil haben. Mit dem demografischen Wandel wird der Anteil Leistungsgewandelter Mitarbeiter/innen größer. Um die Gesamtleistung des Systems zu erhalten müssten Leistungsgewandelte durch nicht Leistungsgewandelten ersetzt werden. Leistungsgewandelte arbeiten nicht schlechter, dafür in der Regel genauer, haben jedoch nicht mehr die physische Kraft, die kurzen Taktzeiten zu bewältigen. Ursache der Leistungswandlung ist in vielen Fällen auf ergonomische schlechte Arbeitsplatzgestaltung in Verbindung mit hohem Leistungsdruck zurückzuführen.

Abb. 1 zeigt den typischen Verlauf der individuellen Leistungskurve eines Menschen während einer Normalschicht von 8 Stunden. Da der Arbeitsinhalt pro Einzelstation der Fließmontage niemals einheitlich gestaltet werden kann, entstehen zwangsweise unterschiedliche Arbeitsinhalte. Die unterschiedliche Bandbreite der Arbeitsinhalte pro Einzelstation von ca. 5 % ist Abb.1 ebenfalls dargestellt.



Aus Abb. 1 geht hervor, dass bei Arbeitsplätzen mit hohem Arbeitsinhalt ca. 4 Std. pro Schicht eine Leistung weit über der Normalleistung erbracht werden muss. Bei den Arbeitsplätzen mit geringerem Arbeitsinhalt reduziert sich die Zeit über Normalleistung auf ca. 2–3 Stunden.

Der erhöhte Leistungsbedarf ist mit Sicherheit eine wesentliche Ursache beginnender Leistungswandlung.

Abb. 1 Typischer Verlauf der menschlichen Leistung (Karminsky)

Um Leistungswandlung durch Fließmontage zu vermeiden, werden im Folgenden zwei Möglichkeiten wie das „One-Piece-Flow“-System und das der Fließmontage mit satzweisem Montageablauf beschrieben.

**ONE-PIECE-FLOW:** Das One-Piece-Flow – System lässt sich als „Einzelstück-Fließmontage“ übersetzen und bedeutet, dass das Montageobjekt zum Material kommt und von einem Mitarbeiter, der dem Objekt folgt, fertig montiert und ggf. auch geprüft wird. Damit wird taktfreier Montageablauf erreicht und der Mitarbeiter kann individuell seine Arbeit ausführen.

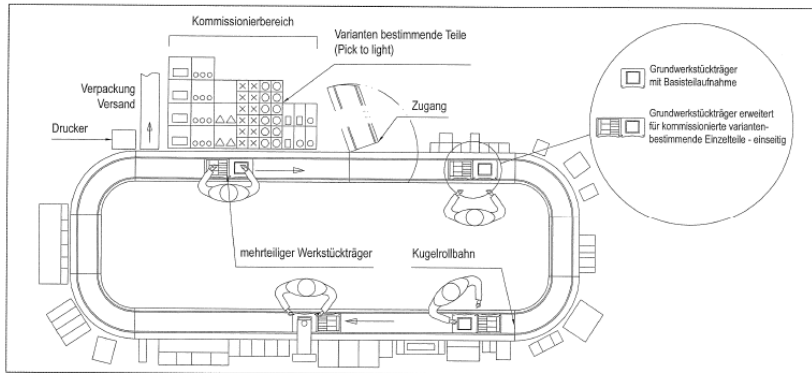
**Produktbeispiel:** Ein Gas-, Regel- und Steuerventil, bestehend aus 48 Konstruktionsteilen, 28 Normteilen, 26 Schraubverbindungen, einem Pressprozess, sowie vier Justier- und Prüfvorgängen, ist in 12 Varianten mit einem Gewicht von ca. 2,5 kg in den Abmessungen 90 x 180 x 200 mm zu montieren. Die Panvorgabe ist eine Jahresleistung von ca. 45.000 Stück in Losgrößen von 5 bis 25 Stück pro Produktvariante. Die Leistung ist in einer Nutzungszeit von 14 Stunden pro Tag an 230 Tagen im Jahr zu montieren.

Eine MTM- Analyse hat unter der Voraussetzung, dass alle Handhabungswege (Hinlangen u. Bringen) für Einzelteile und Werkzeuge nicht größer als 30 cm sind, eine Montagezeit von 16,7 Minuten pro Produkt ergeben. Für die geforderte Jahresleistung von 45.000 Stück wird der Einsatz von vier Mitarbeitern pro Schicht notwendig. Abb. 2 zeigt die geplante Montageanlage.

Der Montageablauf wird an der Innenseite der Anlage durchgeführt. Die Materialversorgung erfolgt an der Außenseite. Auf einer Kugelrollenbahn wird vom Werker der Werkstückträger von Arbeitsstation zu Arbeitsstation verschoben und alle Vorgänge durchgeführt. Der Werkstückträger wird innerhalb der Stationen mit Materialbereitstellung, taktweise vorbeigeführt um kurze Handhabungswege zu sichern. Bei einer Montagezeit von 16,7 Minuten pro Produkt montiert ein Mitarbeiter 3,6 Stück pro Stunde. Die vier Mitarbeiter arbeiten selbstständig und unabhängig von einander.

Die Mitarbeiter arbeiten in einem zeitlichen Abstand von einander von ca. 4 Minuten und dabei wird ein taktfreier Montageablauf erreicht. Da es gelegentlich vorkommen kann, dass ein Mitarbeiter den vor ihm Arbeitenden überholen will, steht in der Fließstrecke für einen Werkstückträger eine Parkbucht zur Verfügung, die ein Überholen an dieser Stelle ermöglicht.

Zur Sicherung der Variantenausführungen müssen die Varianten bestimmende Einzelteil oder Baugruppen stückzahlgenau, also bedarfsgerecht in die Montage eingeschleust werden.



Die variantenneutralen Teile können dagegen entlang der Montagelinie verbrauchsgerecht bereitgestellt werden.

Der Werkstückträger ist in Tandemform aufgebaut und besteht aus dem eigentlichen Werkstückträger mit Montage-Vorrichtung und einer Träger-Platte zur Aufnahme der variantenabhängigen Einzelteile.

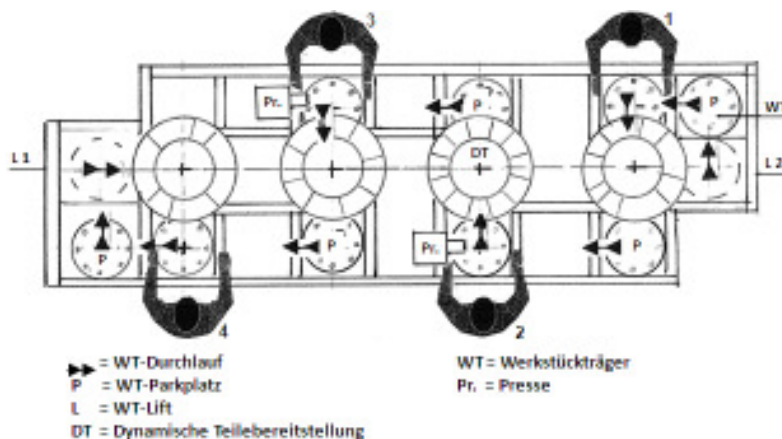
Abb. 2 One-Piece-Flow - Fließmontage

**Arbeitsablauf:** Das Kommissionierlager ist nach dem Supermarkt – Prinzip aufgebaut und mit PC und Drucker ausgerüstet. Das fertig montierte und geprüfte Produkt wird vom Werker aus dem Tandemwerkstückträger entnommen und auf das Transportband zur Verpackung abgelegt. Am PC wird der nächste Auftrag aufgerufen, zusammen mit dem Typenschild ausgedruckt und auf dem Werkstückträger platziert. Mit dem Abruf des Auftrages wird das „Pick-to-Light“ - System des Kommissionierlagers aktiviert und damit die Teilebehälter mit den Varianten bestimmenden Einzelteilen durch Lichtsignale gekennzeichnet. Diese Teile werden vom Werker aus der Bereitstellung entnommen und auf die Trägerplatte des Werkstückträgers platziert, sowie das Basisteil in den Werkstückträger eingelegt. Die Varianten neutralen Teile sind in der Montagerangfolge entlang der Linie bereit gestellt. Mit dem Herausnehmen des letzten Teiles aus dem Kommissionierlager werden die Lichtsignale gelöscht und der Werkstückträger zum Durchlauf in der Montage frei gegeben. Entlang der Fließstrecke werden die einzelnen Montage-, Justier und Prüfvorgänge durchgeführt. Bei einer Stundenleistung von 3,6 Produkten legt der Werker einen Weg von ca. 57 Meter zurück.

**Zusammenfassung:** Die Fließmontage nach dem Prinzip „One-Piece-Flow“ ist gekennzeichnet durch hohen Arbeitsinhalt und taktfreie Montage. Alle Tätigkeiten werden im optimalen ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung durchgeführt.

**Fließmontage mit satzweisem Montageablauf:** Für die Montage kleiner, jedoch komplexer Produkte, bestehend aus ca. 30 bis 100 Einzelteilen, mit einer Jahresleistung von ca. 300.000 bis zu etwa 500.000 Stück, ist eine automatisierte Montage wegen des hohen Investitionsbedarfs nicht möglich und eine hybride Montage-Anlage wird notwendig. Zur Sicherung hoher Wirtschaftlichkeit ist satzweiser Montageablauf in Kombination mit dynamischer Teilebereitstellung sinnvoll. Die damit einhergehende Taktzeitentkopplung wird dem individuellen Leistungsverhalten der Mitarbeiter gerecht.

**Produktbeispiel:** Ein elektrotechnischen Produkte, bestehend aus 32 unterschiedlichen Einzelteilen, sowie sechs Schraub- und zwei Pressvorgängen, ist bei einer Jahresstückzahl von ca. 200.000 bis zu 500.000 Stück zu montieren. Unter der Annahme, dass die Greifwege bei 20 bis max. 24 cm liegen und die Schraubvorgänge teilautomatisch – und die Pressvorgänge vollautomatisch durchgeführt werden, errechnet sich mit MTM eine Montagezeit von rund 80 Sekunden. Um eine Stundenleistung von 150 Stück zu sichern, muss der Arbeitsinhalt auf vier Arbeitsplätze verteilt werden.



Die nebenstehende Handskizze nach Abb. 3 veranschaulicht schematisch den Aufbau und den prinzipiellen Ablauf der notwendigen Montage-Anlage.

Abb. 3 Fließmontageanlage mit satzweisem Montageablauf

Unter satzweiser Montage ist zu verstehen: dass die Einzelvorgänge mehrfach hintereinander durchgeführt werden und der jeweils nächste Vorgang erst dann in Angriff genommen wird, wenn die vorhergehenden Einzelvorgänge an allen aufgelegten Produkten durchgeführt worden sind. Zur Sicherung des satzweisen Montageablaufes kommen in der Anlage nach Abb. 3 kreisrunde Werkstückträger (WT) mit 400 mm Durchmesser, bestückt mit jeweils 12 Montageaufnahmen, zum Einsatz. Bei 12 Montageaufnahmen errechnet sich eine Werkstückträgertaktzeit zu  $(80s \times 12 \text{ Aufn.}) + 12 \text{ Sek. für die WT- Handhabung} = 252 \text{ Sek.}$ , bzw. = 4,2 Minuten. Die Parkmöglichkeit der WTs zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen bewirkt eine Entkopplung vom Takt im Rahmen des Arbeitsinhaltes pro WT mit max. 4,2 Minuten.

Bei einer maximalen organisatorischen Verfügbarkeit von 90 % durchlaufen in einer Stunde  $(60 \text{ min.} \times 0,9) / 4,2 \text{ min} = 12,8$  Werkstückträger die Montageanlage und erbringen eine Stundenleistung von  $12,8 \times 12 = 154$  montierte Produkte. Die Jahresleistung errechnet sich zu:  $154 \text{ St./Std.} \times 14 \text{ Std./Tag} \times 230 \text{ Tage} = 495.880 \text{ Stück}$ .

**Anlagen- u. Ablaufbeschreibung:** Die Montageanlage nach Abb. 3 besteht aus vier manuellen Arbeitsplätzen. Die kreisrunden Werkstückträger werden manuell auf Kugelrollenbahnen verschoben. Jeder Arbeitsplatz ist an der Arbeitsstation mit einer Indexeinheit zum Takten der Werkstückträger und einer Drehscheibe zur dynamischen Teilebereitstellung (DT) ausgerüstet. Jeder Einzelvorgang wird 12-mal hintereinander durchgeführt, dann die Drehscheibe mit den Teilebehältern soweit gedreht, dass das nächste zu fügende Teil in optimaler Greifposition bereit gestellt ist. Nach Durchführung aller Funktionen am jeweiligen Arbeitsplatz verschiebt der Werker/in den Werkstückträger unter der Teilebereitstellung zum WT-Parkplatz wo er vom nachgelagerten Arbeitsplatz übernommen wird. Die Arbeitsplätze 2 und 4 nach Abb. 3 sind zusätzlich mit je einer pneumatischen Presse zur Durchführung der Pressvorgänge ausgerüstet. Nach Fertigstellung des Produktes am Arbeitsplatz 4 wird das Produkt ausgeladen und der leere Werkstückträger mit dem Lift 1 auf das Förderband für den Transport zum Lift 2 abgesetzt. Lift 2 hebt den Werkstückträger auf die Arbeitshöhe und stellt den Werkstückträger über den Parkplatz dem Arbeitsplatz 1 zum weiteren Durchlauf bereit. Nach ergonomischen Grundsätzen werden alle Montagevorgänge in dem optimalen Blickbereich von  $30^{\circ}$  durchgeführt.

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

## Lichtsignalführung zur Prozessabsicherung bei variantenreichen Produkten

Uwe Müller InSystems Automation GmbH, Fürth

Bei der Montage komplexer und variantenreicher Produkte muss in der Regel eine große Anzahl unterschiedlicher Einzelteile bereitgestellt werden. Gerade die variantenabhängigen Bauteile führen entweder zu einem hohen logistischen Rüstaufwand oder können Montagefehler bei gleichzeitiger Bereitstellung aller Variantenteile verursachen. Der Trend zu vermehrt reduzierten Losgrößen verstärkt diese Effekte.

Die Integration einer Lichtsignalführung erlaubt das gleichzeitige Rüsten aller Variantenteile in einem Montage-System. Dazu werden die Bedienungselemente, wie in Abb. 1 dargestellt, mit Signallampen ausgerüstet. Von dem Werker oder der Werkerin wird nur aus dem mit Lichtsignal gekennzeichneten Behälter ein Teil entnommen. Das Abfragen der Werkerhand durch einen integrierten Sensor überwacht die Entnahme des Bauteils und löscht dann das Lichtsignal. Das jeweils nächste, im Montageablauf benötigte Bauteil, wird so durch die Anlagensteuerung Schritt für Schritt angezeigt. Bei Fehlgriffen leuchtet ein andersfarbiges Lichtsignal, in der Regel rot.



Abb. 1 Anordnung der Lichtsignale

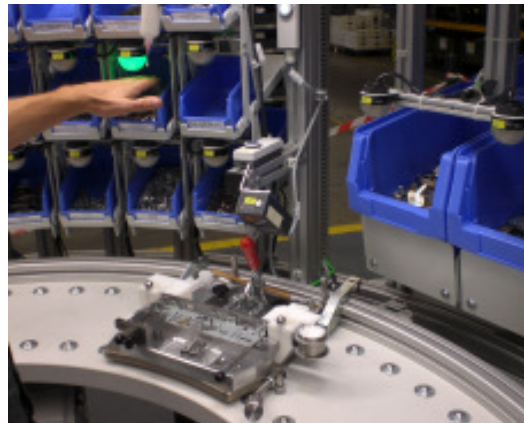


Abb.,2 Fließmontagesystem

Die führt in Kombination mit einem Fließmontagesystem mit zwangsgeführten Werkstückträgern zur optimalen Absicherung manueller Prozesse durch den Einbau entsprechender Konsequenzen Ein Beispiel ist die Integration von Stoppstellen an strategischen Punkten im Ablauf der Fließmontage, die bei Fehlgriffen von Einzelteilen den weiteren Verlauf des Montageobjektes verhindern. Für die Einzelplatzmontage kann als Konsequenz eines Fehlgriffes eine steuerbare Entnahmesperre vorgesehen werden.

Der in der Anlagensteuerung hinterlegte Montageablauf ist als Variantenmix aufgebaut. Passwortgeschützt können jederzeit Abläufe oder zusätzliche Komponenten und Variantenbauteile integriert werden. Weiter sind in der „Offenen Menüführung“ die Abwandlung oder Neuanlage von Prozessparametern, wie z.B. Presskräften oder Schrauberdrrehmomenten usw. bei geeigneten Schnittstellen zur Anlagensteuerung möglich.

Gerade durch den Wandel der Marktanforderungen hinsichtlich steigender Variantenvielfalt bei gleichzeitiger Reduzierung der Losgrößen werden Systeme zur Erhöhung der Prozesssicherheit manueller Vorgänge an Bedeutung gewinnen.

Für Rückfragen steht zur Verfügung: Uwe Müller, e-mail: mueller@insystems.de

## Kompetenzentwicklung zur Gestaltung von Montagesystemen – Ein erfahrungsbasierter Lehr- und Lernansatz. TU Dortmund

P. Kuhlang, M. Steffen, J. Deuse

### Bedeutung der Kompetenzentwicklung für die Montage

Der steigende wirtschaftliche Druck und eine wahrnehmbar zunehmende Rückverlagerungen von „Montage“ aus den Schwellenländern nach Deutschland erfordern neue, moderne Wege im Kompetenzerwerb zur Gestaltung von Montagesystemen. Die Montage von Produkten nimmt im Maschinen- und Fahrzeugbau, sowie in der Elektroindustrie, bis zu 70 % der gesamten Produktionszeit in Anspruch und ist damit häufig ein bedeutender Hebel zur Produktivitätssteigerung [1]. Insbesondere für deutsche Unternehmen ist die Sicherung bzw. der Ausbau der erforderlichen Kompetenzen zur Produktivitätssteigerung für eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit von hoher Bedeutung. Ein erfahrungsbasierter Lehr- und Lernansatz zeigt, wie Praktiker aus der Industrie und Studierende entsprechende Kompetenzen zur Gestaltung von Montagesystemen am Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme (APS) der TU Dortmund entwickeln können.

### Kompetenzarten zur Gestaltung von Montagearbeitssysteme

Die effiziente Gestaltung von soziotechnischen Arbeitssystemen – im Besonderen von Montagesystemen – ist eine grundlegende Aufgabe des Industrial Engineering. Die fundierte Vermittlung von methodischen Kompetenzen, wie z. B. von Zeitermittlungsverfahren, Leistungsanpassung oder der Primär–Sekundär–Analyse, sind ebenso grundlegend für Industrial Engineers, wie Prozess- und Systemverständnis (z.B. für Geschäftsprozesse und Wertströme), sowie Problemlösungskompetenz (z.B. für die PDCA Methodik) [2].

Dabei impliziert der Kompetenzbegriff, dass Personen in der Lage sind, ihre Fähigkeiten, Fertigkeiten und ihr Wissen zusammen mit Erfahrung, Werten und Normen selbst organisiert in neuartigen Situationen erfolgreich anzuwenden [3]. Dieses verantwortungsvolle Handeln erfordert von einem Industrial Engineer neben den fachlichen Kompetenzen auch die Fähigkeit sich eigenständig und aktiv einzubringen, das eigene Handeln kritisch zu hinterfragen, sowie die verschiedenen Gruppen zu kommunizieren und zielgerichtet in Teams zu arbeiten (siehe Abb. 1). Die ist insbesondere für Industrial Engineers von Bedeutung, die in Stabstellen organisiert sind und als Berater temporär mit linienverantwortlichen Führungskräfte zusammen arbeiten [5].



Abb. 1 Kompetenzarten zur Gestaltung von Montagesystemen [4]

### Erfahrungsbasiertes Lernen zur Kompetenzentwicklung

Eine Kompetenzentwicklung erfordert entsprechende, aktivierende Lehr- und Lernumgebungen, in denen die Lernenden als Akteure im Mittelpunkt stehen. Theoretische Grundlage dieser Lernumgebungen ist das Modell des erfolgsbasierten Lernens von Kolb [6]. Dieser problemorientierte Lernzugang kann auch mit „learning by doing“ umschrieben werden und läuft in vier Phasen ab. Beginnend bei einer spezifischen Erfahrung mit entsprechenden Konsequenzen (Schritt 1) erfolgt eine Beobachtung und Reflexion. Dabei wird das Erlebte noch einmal vor Augen geführt und nach möglichen Ursachen für die Konsequenzen gesucht (Schritt 2). Die Reflexion führt schließlich zu einer Abstraktion und Generalisierung, so dass die Erfahrungen auf andere Situationen transferiert werden können (Schritt 3). Im vierten Schritt erfolgt ein aktives Experimentieren mit den neuen Erkenntnissen, die das Handeln in realen Situationen beeinflusst. Der Lernzyklus wird erneut durchlaufen. Ziel dieses Lehr- und Lernansatzes ist es, ein Bewusstsein für die Schwierigkeiten, die in der konkreten Berufspraxis auftreten können, und mögliche Handlungsalternativen zu erlangen.

Insbesondere bei den stark interdisziplinären und Anwendung orientierten Disziplinen des Industrial Engineering sollte bei der Aus- und Weiterbildung das Augenmerk auf praxisnahe und erfahrungsbasierte Lehr- und Lehrformen gelegt werden [7]. Entsprechendes gilt für die Montage, da erst durch das Experimentieren während der Planung, Implementierung und Verbesserung von Montagesystemen ein Erkenntnisgewinn stattfindet, der zu Kompetenzentwicklung führt und verantwortungsvolles Handeln in spezifischen Situationen ermöglicht.

### Umsetzungsformen für Praktiker der Industrie und Studierende im IE Trainingscenter

Durchgeführt wird das erfahrungsbasierte Lernen im IE-Trainingscenter des Lehrstuhls APS. Das Center ist mit Montagearbeitsplätzen, verschiedenen Behältern, Rollenbahnen, Materialien zum Vorrichtungsbau u.a. ausgestattet und bildet ein industrielles Montageumfeld ab, in dessen „geschützter Umgebung“ IE-Teilnehmer experimentieren und Erfahrungen sammeln können. Die Ausbildungen finden - derzeit noch getrennt – einerseits mit Praktikanten aus der Industrie, die an Weiterbildungsangeboten interessiert sind und andererseits mit Studierenden der Studienrichtungen Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen und Logistik statt.

Für Praktiker aus der Industrie werden Workshops und Seminare, wie bspw. ein ganztätiges Seminar „Zukunftsweisende, wirtschaftliche Montage“ angeboten. Zudem werden zur Vermittlung von Prinzipien ganzheitlicher Produktionssysteme unterschiedliche Planspiele, wie das „Box-Game“ oder das „PDCA-Spiel“, angeboten. Die Planspiele sensibilisieren sowohl Führungskräfte als auch operative Mitarbeiter für die Wirkungsweise der Methoden und Prinzipien ganzheitlicher Produktionssysteme, wie beispielsweise Push- bzw. Pull-Steuerungen oder Losgrößenreduzierungen. Für Studierende werden sowohl die vorher angesprochenen Planspiele, Fachlabore, als auch verschiedene Vorlesungen mit unterschiedlichen Konzepten der Praxis-Integration, sowie das Seminar „Hands-on IE!“ in dem IE -Trainingscenter studierendenzentriert durchgeführt.

### Angebote erfahrungsbasierten Lernens im IE - Trainingscenter

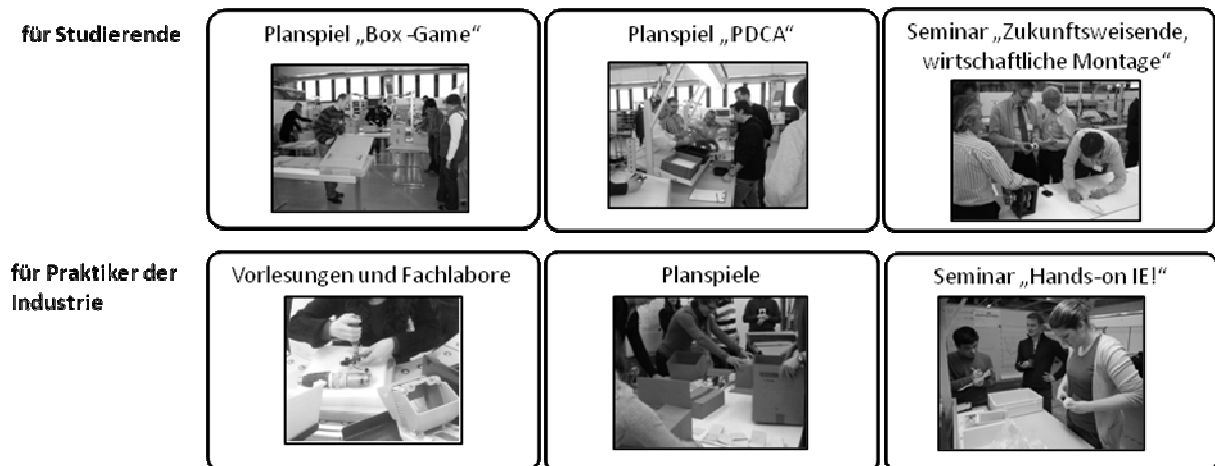


Abb. 2 Angebote erfahrungsbasierten Lernens im IE- Trainingscenter

Um den wirtschaftlichen Wirkungsgrad eines Montagesystems als quantitatives Beurteilungskriterium für Verbesserungs- Rationalisierungsmaßnahmen beurteilen zu können, hat sich bei der Gestaltung von Montage-Systemen die Unterscheidung von Handhabungs- und Fügeoperationen nach so genannten Primär- und Sekundärvorgängen bewährt [1]. Die Prinzipien der Primär–Sekundär–Analyse werden erklärt und anschließend der wirtschaftliche Wirkungsgrad, am Beispiel eines realen Montagesystems, ermittelt.

Dazu ist ein Grundverständnis der montagebezogenen Kernthemen wie z.B. über die Montageprozesse (u.a. Fügen, Handhaben usw.) das Produkt (u.a. montagegerechte und demontagegerechte Produktgestaltung), die Betriebsmittel (u.a. Handhabungssysteme, Fördersysteme usw.), sowie die Organisationen (u.a. Werkbank-Montage, satzweise Montage und den Menschen (u.a. anthropometrische und physiologische Gestaltung) unabdingbar. Diese Inhalte werden derzeit in Form einer Gruppenarbeit zur Montagelinienplanung für ein konkretes Produkt im IE- Trainingscenter angeboten.

Die auf erfahrungsbasiertes Lernen zugeschnittene Veranstaltung vermittelt zum einen das grundlegende Wissen für die Gestaltung von manuellen, automatischen und hybriden Montagesystemen in Produktion und Logistik und ermöglicht zum anderen durch die praktischen Erfahrungen die Entwicklung der fachlich- methodischen Kompetenzen für die Montagelinienplanung, -gestaltung und –optimierung. Zusätzlich fördert die Gruppenarbeit die Entwicklung der personalen, aktivitäts- und handlungsorientierten Kompetenzen sowie sozialkommunikative Kompetenzen. Diese Inhalte werden derzeit für Studierende in Form verschiedener Lehrveranstaltungen angeboten.

### Angestrebte Weiterentwicklung des Lernkonzeptes

Bekannt ist, dass einer Kompetenzentwicklung zugrunde liegt, wenn der Lernende handelnder Akteur ist und entsprechende Erfahrungen zu einem Erkenntnisgewinn führen. Es ist zu vermuten, dass der Kompetenzgewinn einerseits mit steigendem Handlungsspielraum bzw. Praxisanteil der Lehr- und Lernkompetenz, andererseits in zunehmend realen Situationen ansteigt. Unter dieser Hypothese entwickelt der APS gegenwärtig das Angebot erfahrungsbasierter Lernkonzepte weiter. Ziel ist es, zukünftig Lernkonzepte zu gestalten, bei denen Praktiker aus

der Industrie gemeinsam mit Studierenden in entsprechend inhomogenen Gruppen zusammenarbeiten. Dadurch können die Teilnehmer mit stark unterschiedlichen Sichtweiten, Erfahrungen und Kenntnisständen jeweils vom bzw. durch die anderen Teilnehmer lernen. Zudem sollen die konkreten Erfahrungen nicht mehr nur in einer simulierten und geschützten Umgebung wie im IE- Trainingscenter stattfinden, sondern der Realität, d.h. an den tatsächlichen Arbeitssystemen während der laufenden Produktion. Dies stellt die Teilnehmer aufgrund der steigenden Komplexität und Verantwortung gegenüber dem Unternehmen vor eine größere aber voraussichtlich auch motivierende Herausforderung. Das Unternehmen hingegen hat dadurch die Chance, seine Prozesse zu optimieren, neue Denkanstöße aus Sicht der Studierenden vor dem Hintergrund des aktuellen Standes der Technik zu erhalten und Kontakt zu potentiellen Nachwuchskräften aufzubauen.

### Aktuelle Diskussion der Kompetenzentwicklung im Industrial Engineering

Das Thema Kompetenzentwicklung im Industrial Engineering ist derzeit Diskussionsgegenstand in Wissenschaft und Forschung. Entsprechend steht die vierte Dortmunder Fachtagung unter dem Motto „Industrial Engineering: Kernkompetenz entwickeln und entfalten Am 20. Juni 2012 werden Experten namhafter Unternehmen die Bedeutung des IE als Erfolgsfaktor in Produktionssystemen, mögliche Qualifizierungsprogramme für Basis-Methoden und Kompetenzerwerb durch „Training on the Job“ und „Coaching“ diskutieren.

#### Literatur:

- [1] Lotter, B.; Wiendahl, H.-P.; : Montage in der industriellen Produktion. Springer Verlag, 2006
- [2] Richter, R; Deuse, J. : Industrial Engineering im modernen Produktionsbetrieb – Voraussetzung für einen erfolgreichen Verbesserungsprozess. In: Betriebs Praxis & Arbeitsforschung Ausgabe 207, 2011 S. 6 – 13
- [3] Erpenbeck, J.; Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel: 2003
- [4] Steffen, M.; May, D.: Deuse, J.: The Industrial Engineering Laboratory – Problem Basend Learning in Industrial Engineering, Education at TU Dortmund Universität. In Proceeding on the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference 2012, Marrakesch, Marocco (zur Veröffentlichung akzeptiert).
- [5] Deuse, J.: MTM – die Prozesssprache für ein modernes Industrial Engineering. In: Britzke, B. (Hrsg) MTM in einer globalisierten Wirtschaft – Arbeitsprozesse systematisch gestalten und optimieren. München: Finabuch, 2010 S. 65-80
- [6] Kolb, D.A.: Experiential learning. New Jersey: Prentice Hall, 1984
- [7] Hempen, S.; Wischniewski, S.; Deuse, J.: Learning in Academic Education – A Teaching Concept for Efficient Work System Design. Learning in Industrial Management of the IFIP Worling Group, Mailand 2010

Für Rückfragen stehen Herr Prof. Dr. J. Deuse e-mail: jochen.deuse@tu-dortmund.de und M. Steffen e-mail: marlies.steffen@tu-dortmund.de

### Taktzeitoptimierung automatisierter Fließmontage Kelz + Setele Anlagenbau GmbH – Lenggenwang

B. Lotter, A. Kelz

Die Taktzeit ist bestimmt durch die Leistung automatisierter Montage und besteht aus dem Zeitbedarf, um das Montageobjekt in die Prozessstation zu transferieren und aus der Prozesszeit. Montageautomaten mit Taktzeiten  $\leq 2$  Sekunden gelten als Hochleistungsautomaten und finden sich hauptsächlich in Bereichen der kurven- oder servogesteuerten Bewegungsabläufe. Der dabei erzielte sinusförmige Bewegungsablauf ist Voraussetzung kurzer Transferzeiten. Die Anzahl notwendiger Prozessstationen und die Größe des Montageobjektes bestimmen den Ausführungstyp der Montageanlage. Der Einsatz von Rundtaktautomaten wird durch den Aufgabeninhalt beschränkt. Bei großem Aufgabeninhalt kommen in der Regel Längstransferanlagen - auf Basis von Gurtband-Transfer zahlreicher Werkstückträger mit den Montageobjekten - zum Einsatz. Nachteil dieser Systeme ist, dass kein sinusförmiger Bewegungsablauf gegeben ist. Der Werkstückträgertransfer von Station zu Station erfolgt durch Reibschluss mit dem permanent in voller Geschwindigkeit laufenden Gurtband. Abb. 1 zeigt hierfür ein Beispiel:

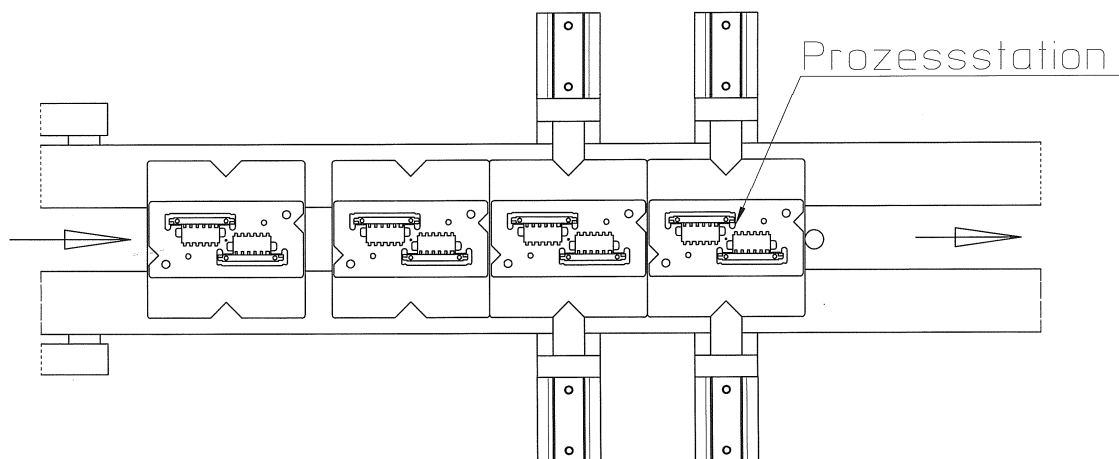


Abb. 1 Doppelgurtbandsystem für Werkstückträger 160 x 160 mm



Wird ein Werkstückträger frei gegeben, läuft dieser mit der Bandgeschwindigkeit auf die folgende Stopfstelle. Dabei besteht die Gefahr, dass sich platzierte Einzelteile noch ohne kraftschlüssige Verbindung mit dem Basisteil zu ihrer Fügeposition so verändern, dass der Prozess kraftschlüssiger Verbindung nicht mehr durchgeführt werden kann. Damit sind der Bandgeschwindigkeit Grenzen gesetzt.

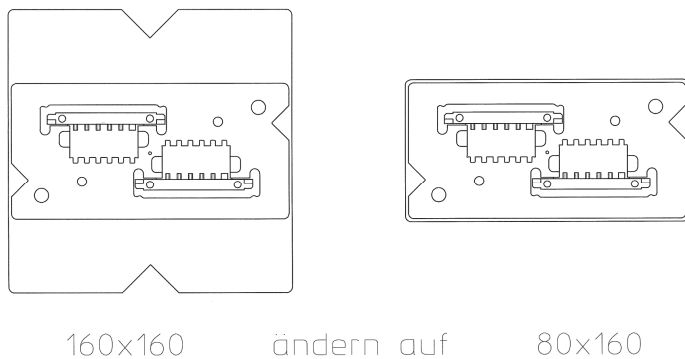
Bei einer Bandgeschwindigkeit von 12 m/min. und einem Werkstückträger der Größe 160 x 160 mm beträgt die Transferzeit für einen Weg von 160 mm von Stopfstelle zur Prozessstation 0,8 Sekunden. Unter der Annahme, dass der durchzuführende Prozess eine Zeit von einer Sekunde beansprucht, errechnet sich eine Taktzeit von 1,8 Sekunden. Bei einer technischen Verfügbarkeit von 95 % errechnet sich eine Stundenleistung von  $(3.600 \times 0,95) / 1,8 \text{ s} = 1.800$  montierte Produkte pro Stunde. Gegenüber einer geforderten Stückleistung von  $\geq$  ca. 2.200 Stück/Stunde ist die erzielbare Leistung nicht ausreichend.

Ausgehend davon, dass die Prozesszeit nicht verkürzt werden kann, müsste unter Beibehaltung der genannten Anlagenstruktur die Bandgeschwindigkeit um ca. 30 % erhöht werden. Bei dem gegebenen Produktaufbau der zu montierenden Baugruppe ist dies jedoch nicht möglich, da bestimmte Einzelteile erst durch die Prozessstation kraftschlüssig mit dem Basisteil verbunden werden.

Mit der Lösung einer realen, jedoch für diesen Beitrag neutralisierten Aufgabenstellung wird ein Konzept der Taktzeitoptimierung beschrieben.

**Aufgabenstellung:** Eine mechatronische Baugruppe, bestehend aus Unterteil und nahezu identischem Oberteil, sowie einer Vielzahl von Einzelteilen, ist mit einer Leistung von 2.300 bis max. 2.500 Stück pro Stunde zu montieren.

Voraussetzung zur Systemgestaltung ist, dass wie in Abb. 2 dargestellt, keine quadratischen Werkstückträger sondern rechteckige Werkstückträger zum Einsatz kommen.



Aus Abb. 3 geht der Aufbau der realisierten Montageanlage hervor. Um die Werkstückträger-Transferzeit in die Prozessstation zu reduzieren werden die Werkstückträger vom Förderband quer zur Förderrichtung abgeschoben. Durch die Veränderung von quadratische auf rechteckig verringert sich die Transferlänge von 160 mm auf 80 mm. Mit dieser Reduzierung halbiert sich im gleichen Maße die Transferzeit des Werkstückträgers in die Prozessstation.

Abb. 2 Werkstückträgerveränderung (K+S)

Aus Abb. 3 geht das System der Anlagengestaltung hervor:

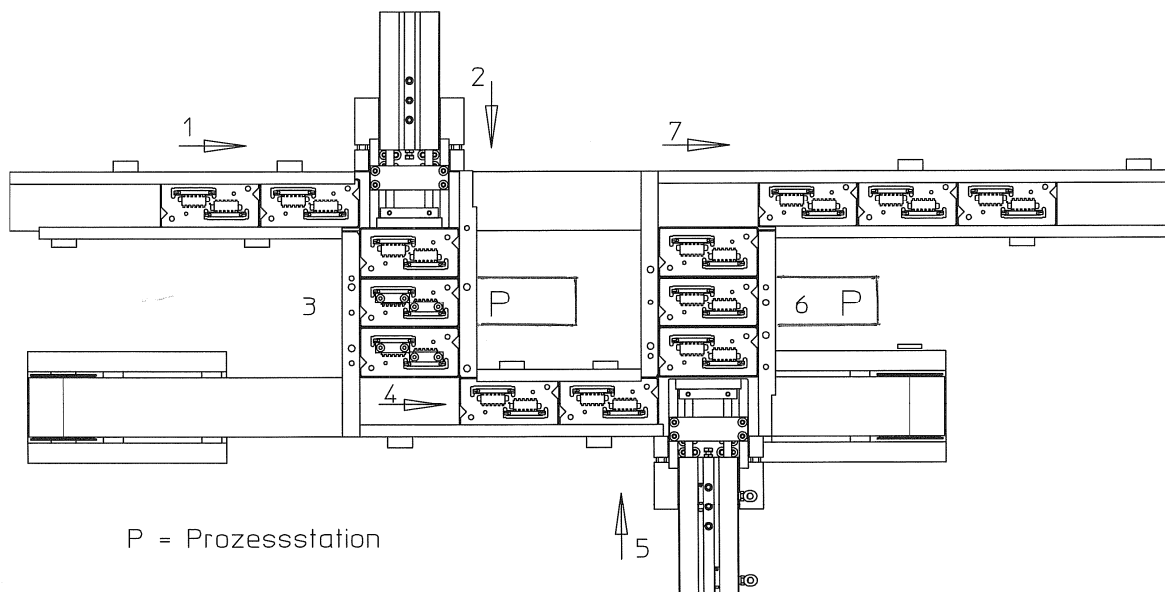


Abb. 3 Werkstückträger Transferablauf (K+S)

Mit dem Gurtbandsystem (1) wird mit einer Bandgeschwindigkeit von 12 m/min der Werkstückträger zur Stoppstele der Querabschiebeeinrichtung (2) transportiert und von dieser Einheit in 0,4 Sekunden auf die Stopp-Stelle (3) der Prozessstation verschoben. Die Prozessstation führt innerhalb einer Sekunde den notwendigen Prozess aus. Nach Prozessdurchführung wird mit dem Nachschieben des folgenden Werkstückträgers, der bearbeitete Werkstückträger auf das (4) zum Weitertransport zur nächsten Querabschiebeeinrichtung (5) verschoben. Die Gurtbandgeschwindigkeit beträgt wieder 12 m/min. Mit der Querabschiebeeinrichtung (5) wird der Werkstückträger wieder in Richtung Gurtbandsystem (7) verschoben. Ist vor dem Weiterschieben zum Gurt-Bandsystem (7) ein zweiter automatisierter Prozess notwendig, wiederholt sich der unter (3) beschriebene Vorgang.

Die Taktzeit der Lösung nach Abb. 1 beträgt 1,8 Sekunden, die Taktzeit der Lösung nach Abb.3 beträgt 1,4 Sekunden. Unter Annahme einer störungsfreien Laufdauer der Anlage von 95 % wird mit der Lösung nach Abb. 1 eine Stundenleistung von  $(3.600 \text{ s} \times 0,95) / 1,8 \text{ sec.} = 1.900$  montierte Produkte pro Stunde erreicht. Die Lösung nach Abb. 3 errechnet unter dem gleichen Ansatz störungsfreier Laufdauer eine Stundenleistung von:  $(3.600 \text{ s} \times 0,95) / 1,4 \text{ sec.} = 2.442$  montierter Produkte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die realisierte Lösung nach Abb. 3 gegen über einer Lösung nach Abb. 2 eine Leistungssteigerung von 28,5 % bewerkstelligt.

Aus Abb. 4 geht die Taktzeitentwicklung im Vergleich zwischen Lösung nach Abb.2 und Lösung nach Abb.3 hervor:

	TAKTZEIT (sec.)											
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0		
Werkstückträgertransfer nach Abb. 1 Längstransfer Taktzeit:		0,8	I			1,0	P					
				1,8	sec							
Werkstückträgertransfer nach Abb. 3 Quertransfer Taktzeit:	0,4	T		1,0	P							
			1,4	sec								
Taktzeitreduzierung:								0,4	sec			

(T = Transferzeit, P = Prozesszeit)

Abb. 4

Für Rückfragen steht Herr Anton Kelz e-mail [anton.kelz@ks-anlagen.de](mailto:anton.kelz@ks-anlagen.de) zur Verfügung