

# 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

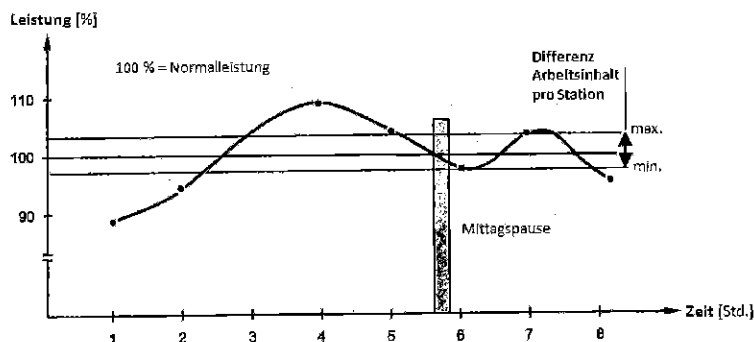
## Neue Konzepte der Fließmontage in Anpassung an den demografischen Wandel.

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 Handabgangswege (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 Handabgangswege 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.

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 Geschäfts-Prozesse 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].

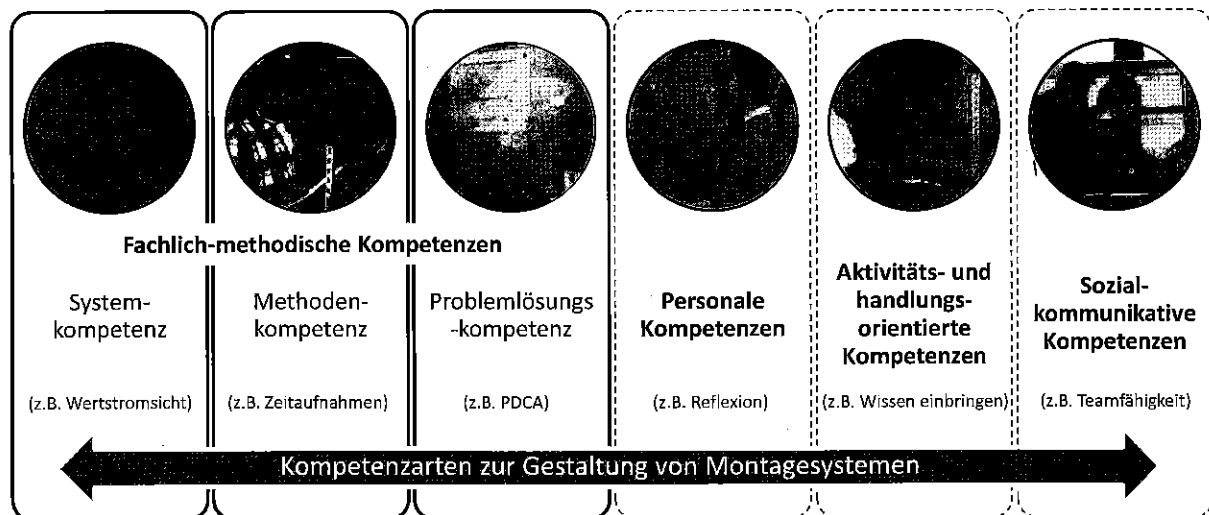


Abb. 1 Kompetenzarten zur Gestaltung von Montagesystemen [4]

### 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

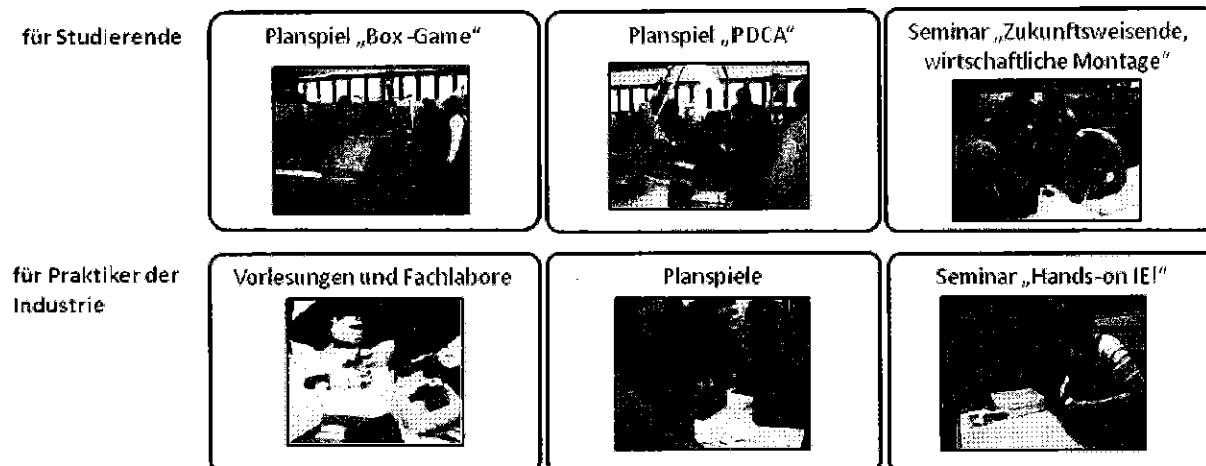


Abb. 2 Angebote erfahrungsbasierten Lernens im IE- Trainingscenter

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 Sichtweisen, 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 Based 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: Finanzbuch, 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 – Lengenwang

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:

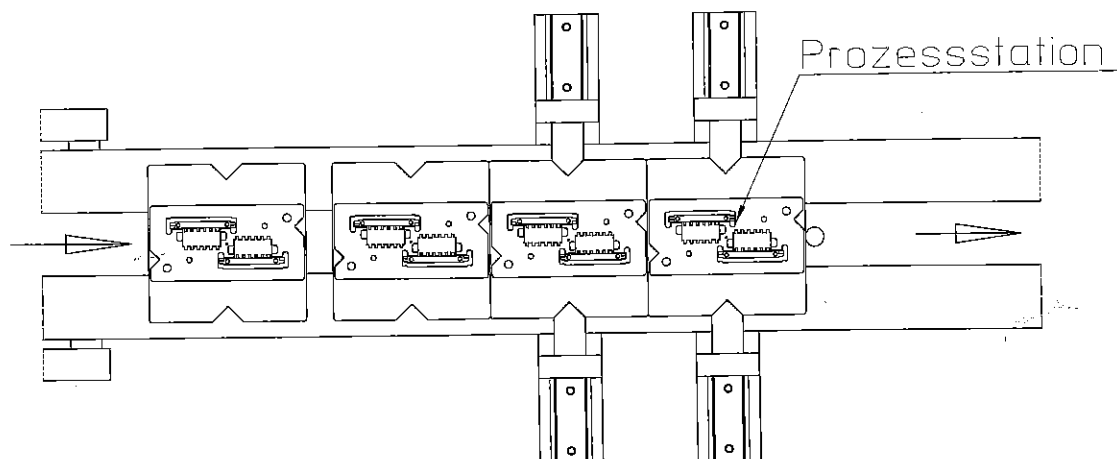


Abb. 1 Doppelgurtbandsystem für Werkstückträger 160 x 160 mm