

Bild 1: Zu sehen ist ein manuelles Montagesystem, das flexibel verkettet ist.



Bild: Fraunhofer-IAO

VIelfalt DER MONTAGESYSTEME KENNEN UND RICHTIG EINSETZEN

Jährlich zeigt die **Modellfabrik des Fraunhofer-IAO** rund 1500 Besuchern die Vielfalt der manuellen Montagesysteme auf. Für die Unterstützung bei der Auswahl des für die jeweilige Montageaufgabe optimalen Systems hat das Institut einen „Montagesystem-Check“ entwickelt. Weiterhin wird die Modellfabrik zum Aufbau und Test neuer Montagesystem-Prototypen genutzt.

MM TIPP

ARTIKEL-SERIE

Die Serie, bestehend aus drei Teilen, wird einen umfassenden Einblick in die Welt der Montage geben.

- Teil 1: Die Vielfalt der Montagesysteme
 - Teil 2: Der Montagesystem-Check
 - Teil 3: Die wandlungsfähige Bohrmaschinenmontage
- maschinenmarkt.de
Suche „Modellfabrik“

Oliver Scholtz und Manfred Bender

Die Vielfalt an Montagesystemen für die tischgebundene Montage wird in den meisten deutschen Unternehmen kaum genutzt, da der Großteil der Unternehmen versucht, mit einem Standardsystem für alle Produkte auszukommen. Dabei sind die Montageaufgaben meist sehr verschieden. Analog unterscheiden sich die Systeme enorm im Investitionsbedarf, in ihrer Leistung, ihren Eigenschaften und in ihrem Automatisierungsgrad.

Da der Kostendruck auf die Montage in Deutschland anhält, kommt der Auswahl des Montagesystems eine hohe Bedeutung zu. Für die Zukunft stellt sich die Frage, mit welchen Lösungen für die Tisch gebundene Montage dem Verlagerungsdruck begegnet und wie in Deutschland wirtschaftlich produziert bezie-

hungsweise montiert werden kann. Beim Betrachten erfolgreicher Unternehmen ist zu erkennen, dass sie verschiedene, an die individuelle Produktionsaufgabe angepasste hybride Montagesysteme einsetzen.

MONTAGESYSTEM SOLLTE OPTIMAL AUF DEN PROZESS ZUGESCHNITTEN SEIN

Hybride Montagesysteme sind durch die Kombination von manuellen und potenziell automatisierten Montage- beziehungsweise Verkettungsvorgängen gekennzeichnet. Ein einmal ausgewähltes Montagesystem wird häufig über die gesamte Produktlebenszeit beibehalten und sollte daher zur Produktionsaufgabe optimal passen [1].

In den meisten Unternehmen sind nur ein oder zwei unterschiedliche hybride Systeme im Einsatz, obwohl die Montageaufgaben mehrere Systeme erfordern würden. Aufgrund kürzer werdender Produktlebenszyklus- und Entwicklungszeiten stehen die Mon-

Oliver Scholtz und Manfred Bender sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in 70569 Stuttgart, Tel. (07 11) 9 70-20 56/20 50, oliver.scholtz@iao.fraunhofer.de, manfred.bender@iao.fraunhofer.de

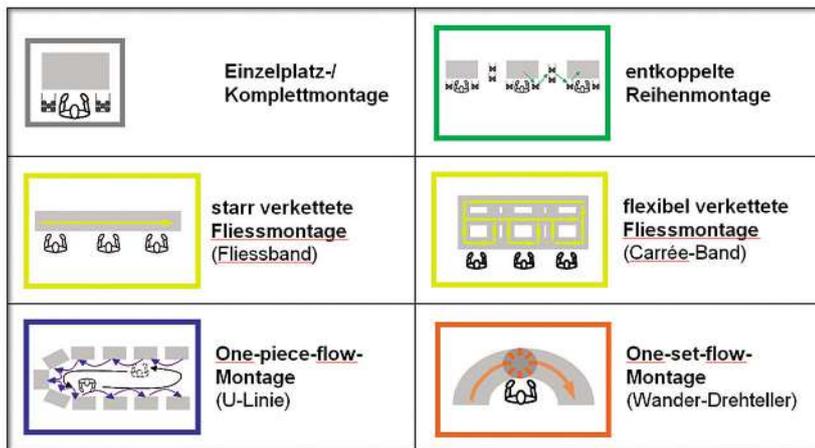


Bild: Fraunhofer-IAO

Bild 2: Hybride Montagesysteme auf einen Blick.

tageplaner unter einem erheblichen Zeitdruck. Die Auswahl des passenden Montagesystems hat in kürzester Zeit zu erfolgen. In der Vergangenheit orientierten sich die Planer daher mehr an den bisherigen im Einsatz befindlichen Systemen als an systematischen Auswahlergebnissen. Deshalb ist es notwendig, die Auswahl des hybriden Montagesystems systematisch so zu unterstützen, dass der Montageplaner über ein schnelles Hilfsmittel zur Auswahl des optimal passenden hybriden Montagesystems verfügt. Das Fraunhofer-IAO hat dazu einen Montagesystem-Check entwickelt.

HYBRIDE MONTAGESYSTEME HABEN EINEN HOHEN FLEXIBILITÄTSGRAD

Hybride Montagesysteme weisen oft einen geringen Automatisierungsgrad auf, verfügen jedoch mit dem variablen Mitarbeiterinsatz über einen hohen Flexibilitätsgrad. Hybride Systeme verzichten weitgehend auf die investitionsintensiven automatischen Materialtransporte und -zuführungen. Die wertschöpfenden Montagevorgänge werden relativ einfach und kostengünstig automatisiert oder teilautomatisiert. Häufig ist in den Unternehmen eine Fokussierung auf wenige Arten von Montagesystemen anzutreffen, jedoch unterscheiden sich zum Beispiel die Produktgruppen in einem Unternehmen fast immer deutlich in den Stückzahlen. Das für die eine Produktgruppe mit hohen Stückzahlen sinnvolle Montagekonzept ist somit für eine Produktgruppe mit niedrigeren Stückzahlen meistens wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Zunächst werden die aktuell erfolgreichen Systeme und deren Eigenschaften sowie deren Vor- und Nachteile aufgezeigt. Mit Blick auf die in Deutschland aktuell erfolgreich produzierenden Unternehmen hat das Fraunhofer-IAO die in Bild 2 dargestellten Montagesysteme beziehungsweise -konzepte für den Montagesystem-Check ausgewählt.

Die wichtigsten Unterschiede der Systeme sind in den Investitionen, im Arbeitsablauf und im Automatisierungsgrad zu finden. In den nächsten Abschnitten werden die verschiedenen Montagesysteme kurz beschrieben und ihre typischen Eigenschaften aufgezeigt. Wenn die beschränkte Fläche zur Komplettmontage und Teilebereitstellung eines Produkts aus-

reicht sowie die erforderliche Stückzahl erreicht werden kann, ist der Einzelplatz, gekennzeichnet durch geringstes Handling und keine erforderliche Abtaktung, das System der Wahl. Ein Mitarbeiter montiert das Produkt unabhängig an einem Sitz-/Steharbeitsplatz komplett.

Werden zur Montage eines Produkts mehrere Mitarbeiter und damit Arbeitsplätze benötigt, ist die entkoppelte und nicht abgetaktete Reihenmontage (Bild 4) mit ihren geringen Investitionskosten eine Alternative. Die Mitarbeiter arbeiten fest an einem Arbeitsplatz und sind häufig durch große Puffer voneinander getrennt. Die hohen Bestände, Handling- und Durchlaufzeiten dieses Systems können häufig nur während der Anlaufphase eines neuen Produkts gerechtfertigt werden.

Linien- beziehungsweise Fließmontagesysteme sind durch die zeitliche Abtaktung der einzelnen Arbeitsplätze untereinander gekennzeichnet, was erst ein Fließen des Produkts während der Montage ermöglicht.

FLEXIBEL VERKETTETE FLIESSMONTAGE WEIST HÖCHSTEN AUTOMATISIERUNGSGRAD AUF

Bei der starr verketteten Linie gibt es einen definierten Anfang und definiertes Ende der Linie. Bei geringen Puffern zwischen den Arbeitsplätzen führt dies zu geringen Beständen und Durchlaufzeiten. Das zu montierende Produkt kann direkt auf dem Fließband, aber auch mittels Werkstückträgern durch das System transportiert werden.

Den höchsten Automatisierungsgrad – mit codierbaren Werkstückträgern, den automatisierten Teilezuführungen und teilautomatisierten Montagepro-



Bild 3: Einzelplatz-/Komplettmontage: Zu sehen ist ein Arbeitsplatz für die Komplettmontage eines Produktes. Hohe Flexibilität, kein Transport und ein flexibles Flächenlayout zählen zu den Vorteilen.

zessen – weist die flexibel verkettete Fließmontage auf, aufgrund der Form und des Materialflusses auch „Carrée-Band“ genannt. Das System erfordert im Vergleich zu den anderen Systemen die höchsten Investitionen.

Das wahrscheinlich aktuell beliebteste Montagesystem ist das One-Piece-Flow-Konzept, auch U-Linie oder „chaku-chaku-Linie“ genannt. Dabei wird von einem Mitarbeiter immer nur ein Teil von einem Arbeitsplatz zum nächsten transportiert. Das Konzept ist besonders wirtschaftlich, weil je nach Auftragslage unterschiedlich viele Mitarbeiter im System eingesetzt werden können und damit immer eine hohe Mitarbeiterproduktivität gewährleistet ist.

Ein weniger verbreitetes, weil weniger bekanntes System, beruht, in Anlehnung an den Rundschalttisch, auf dem One-Set-Flow-Prinzip. Dabei wird immer ein Satz von Teilen auf einem Werkstückträger bearbeitet und transportiert. Ein Bearbeitungsschritt beziehungsweise Montagevorgang wird immer für den kompletten Satz von Teilen durchgeführt, bevor der nächste Bearbeitungsschritt beginnt. Daher wird dieses Prinzip auch „verrichtungsweise Montage“ genannt. Dies hat den Vorteil, dass einige Nebenzeiten nur einmal pro Satz und nicht für jedes Teil anfallen [2]. Durch das Aufteilen des Materials auf mehrere Arbeitsstellen kann dieses immer optimal und greifungsbereitgestellt werden.

In Bild 5 ist eine Auswahl von Beschreibungselementen und Eigenschaften der vorgestellten hybriden Montagesysteme aufgeführt. Die Beschreibungselemente und Eigenschaften bilden zum einen die Basis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung, sind zudem aber auch für die Auswahl des geeigneten Montagesystems relevant. Auf eine Auswahl von Eigenschaften wird im Folgenden eingegangen.

Die Investitionen der Montagesysteme nehmen in der Richtung von der Komplettmontage über die U-Linie und das One-Set-Flow-System bis zur verketteten Fließmontage zu. Ebenfalls in Bild 6 von links nach rechts nimmt tendenziell die Zahl der Produkttypen ab, die auf den Systemen produziert werden können. Generell lässt sich für alle Systeme feststellen, dass die Systeme immer spezifischer auf das jeweilige Produkt zugeschnitten werden beziehungsweise immer höher automatisiert sind und somit immer schwieriger beziehungsweise umrüstintensiver anzupassen sind.

HERAUSFORDERUNG DURCH SCHWER ZU PROGNOSTIZIERENDE VERKAUFSMENGEN

Die U-Linie kann beispielsweise sehr flexibel mit unterschiedlich vielen Mitarbeitern betrieben werden. Bei den verketteten Fließmontagen hingegen muss jeder Arbeitsplatz durch einen Mitarbeiter besetzt sein, damit das System funktioniert. Dies bedeutet bei langen und mittleren Prozesszeiten der Anlagen fast immer Wartezeiten und führt zu einer geringen Auslastung des Mitarbeiters. In der U-Linie geht der Mitarbeiter bei langen und mittleren Prozesszeiten an die nächste Bearbeitungsstation, analog beim One-Set-Flow-System, und es ergibt sich damit eine hohe Mitarbeiterauslastung. Produzierende Betriebe sehen sich seit Jahrzehnten mit sinkenden Produktlebens-

Kurzbeschreibung: entkoppelte Reihenmontage



Beschreibung

- Beliebige Anordnung von einzelnen Arbeitsplätzen
- Mitarbeiter sind fest an einem Arbeitsplatz
- Typisch: Sitz-/Steharbeitsplätze
- Hybride Anlagen selten
- Transport zwischen den Arbeitsplätzen
- Puffer meist ohne FIFO

Vorteile

- ➔ Hohe Flexibilität
- ➔ Viele unterschiedliche Produkte können gefertigt werden
- ➔ Kleine Störungen können durch Puffer aufgefangen werden
- ➔ Flexibles Flächenlayout

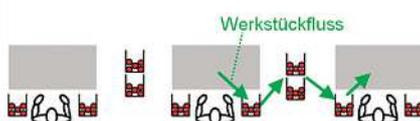


Bild 4: Die entkoppelte Reihenmontage ist eine Alternative, wenn die Montage eines Produkts mehrere Mitarbeiter und damit Arbeitsplätze benötigt.

Montagesystem bzw. -konzept	Einzel-/Komplettmontage		entkoppelte Reihenmontage		One-piece-flow (U-Linie)		One-set-flow-Systeme		starr & flex. verkettete Fließmontage	
	manuell	manuell	hybrid	manuell	hybrid	manuell	hybrid	manuell	hybrid	hybrid
Ausbringung	gering	hoch	hoch	gering	mittel	gering	mittel	gering	mittel	hoch
Anzahl montierbarer Produkttypen	hoch	mittel	gering	hoch	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel	gering
Auslastung der Stationen	gering	mittel	mittel	gering	gering	gering	gering	gering	gering	hoch
Produktivität der Mitarbeiter	gering	gering	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel	hoch	hoch
Genauere Abtaktung erforderlich	nein	nein	ja bzw. teilweise	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja

Bild: Fraunhofer-IAO

Bild 5: Beschreibung der Einsatzbereiche.

chen Blick auf Parameter, die oft bei der Investitionsentscheidung nicht berücksichtigt werden, und sichert so die Entscheidung zusätzlich ab. **MM**

LITERATUR

- [1] Bullinger, H.-J.: Systematische Montageplanung – Handbuch für die Praxis (REFA). München, Hanser-Verlag 1986
- [2] Lotter, B.: Montage in der industriellen Produktion. Berlin, Springer-Verlag 2006
- [3] Pohl, A.: Leapfrogging bei technologischen Innovationen. Dissertation, Universität Trier. Wiesbaden, Gabler-Verlag 1996
- [4] Lay, G.; Dreher, C.; Kinkel, S.: Produktionsinnovationserhebung 1. Internet: www.isi.fhg.de/pi/dokumente/pi1.pdf. Fraunhofer-Institut ISI, Karlsruhe, Oktober 2004

zyklen, geringeren Stückzahlen pro Variante und schwieriger zu prognostizierenden Verkaufsmengen einer Reihe von Änderungen am Markt ausgesetzt, welche die Planung einer wirtschaftlichen Montage erschweren [3].

Der Druck, die Produktion zu verlagern, wird aufgrund der hohen Kosten für Produktionsfaktoren in Deutschland bleiben [4].

Diese Änderungen im Produktionsumfeld erhöhen die Bedeutung für eine sinnvolle Planung und Auswahl des wirtschaftlichsten Montagesystems und damit für eine schnelle Amortisation der Investitionskosten. Gesucht sind intelligente Lösungsansätze, um eine wirtschaftliche Montage zu ermöglichen. Die Vielfalt von hybriden Montagesystemen bieten genügend Spielraum, um wirtschaftliche Lösungen zu finden. Der Montagesystem-Check des Fraunhofer-IAO zur Auswahl eines Montagesystems (siehe Teil 2 dieser Veröffentlichungsreihe) gibt einen zusätzli-