

Einsatz von Methoden der Wandlungsfähigkeit bei einem hybriden Montagesystem

Jan HRDINA, Thilo GAMBER

*Continental AG, Division Chassis and Safety
Guerickestr. 7, D-60488 Frankfurt*

Kurzfassung: Für Länder mit hohen Lohnkosten eignen sich aus wirtschaftlichen Gründen hauptsächlich hochautomatisierte Montagekonzepte. Für Niedriglohnländer hybride oder ausschließlich manuelle Montagesysteme. Ein ideales Montagekonzept ist so gestaltet, dass es durch wandlungsfähige Eigenschaften beide Ländertypen mit wenig Änderungsaufwand abdecken kann. Der Beitrag behandelt Möglichkeiten und Ansätze, um solch ein wandlungsfähiges, hybrides Montagesystem zu gestalten und erläutert die Realisierung ausgewählter Methoden an einem hybriden Montagesystem der Continental AG.

Schlüsselwörter: Arbeitsgestaltung, Wandlungsfähigkeit, Skalierbarkeit, Arbeitsstrukturierung, Chaku-Chaku.

1. Montage von Elektronischen Bremssystemen an einer Chaku-Chaku-Linie

An den hier betrachteten, Chaku-Chaku-Endmontagelinien werden – je nach Ausgestaltung der Montagelinien – Anti-Blockiersysteme und elektronische Stabilitätssysteme montiert. Das Erzeugnis besteht grundsätzlich aus einer Elektronischen Steuereinheit (ECU), einem Motor, einer Ventilaufnahme sowie aus diversen kleineren Baugruppen und Einzelteilen (Blenden, Drucksensoren, Ventile, usw.), die in die Ventilaufnahme montiert werden müssen (Hrdina et al. 2013).

Chaku-Chaku-Linien sind - meist U-oder Omega-förmig – angeordnete hybride Montagelinien, nach dem Flussprinzip (Wiendahl 2010). Dabei sind die Arbeitsstationen so platziert, dass zwischen ihnen möglichst kurze Wege realisiert werden können. Ein Mitarbeiter hat dabei meist folgende Aufgaben zu erfüllen (Hrdina et al. 2014):

- Er belädt mehrere Arbeitsstationen innerhalb der Taktzeit (Mehrstellenarbeit, vgl. REFA 1993),
- er ist er für den Transport zwischen aufeinanderfolgenden Arbeitsstationen zuständig und
- er startet er die Arbeitsstationen.

Nachdem er eine Arbeitsstation gestartet hat, montiert diese automatisch und wirft die montierten Teile automatisch aus (Hane-Dashi-Prinzip, vgl. z.B. Wolfson & Ikoenko, 2007).

Die Vorteile von Chaku-Chaku-Linien liegen darin, dass teure Betriebsmittel und Verkettungseinrichtungen eingespart werden können. Da die Mitarbeiter meist einfachere Tätigkeiten ausführen, müssen diese außerdem nicht lange eingelernt beziehungsweise unterwiesen werden (Hrdina et al. 2014). Darüber hinaus sind teilautomatische Linien, wie die hier zugrunde gelegte Chaku-Chaku-Linie weniger komplex und die Instandhaltung aufwandsärmer als Vollautomaten, wodurch die

Verfügbarkeit der Linie, und damit auch der Overall Equipment Effectiveness (OEE) (May & Koch 2008) zunimmt.

2. Anforderungen an ein kostengünstiges und wandlungsfähiges Montagesystem

Auf Grundlage des Kapazitätsbedarfs (vgl. REFA 1985) ist ein Montagekonzept mit möglichst geringen Montagestückkosten zu entwickeln. Die Montagestückkosten ergeben sich dabei aus Personalkosten und Betriebsmittelkosten (vgl. Reinhart & Fichtmüller 1994) und können durch die Wahl eines geeigneten Automatisierungsgrades, also dem Verhältnis zwischen automatisierten Montagevorgängen und der Gesamtzahl aller Montagevorgänge (vgl. DIN 19233), beeinflusst werden.

Für wandlungsfähige Montagesysteme (vgl. Nyhuis et al. 2008) ist konzeptionell sowohl technisch als auch organisatorisch die Möglichkeit zu schaffen, dass auf sich ändernde Rahmenbedingungen schnell und aufwandsarm reagiert werden kann. In Erweiterung des Flexibilitätsbegriffes sollen dabei auch vorgehaltene Flexibilitätspotenziale überschritten werden können, vgl. Abb. 1

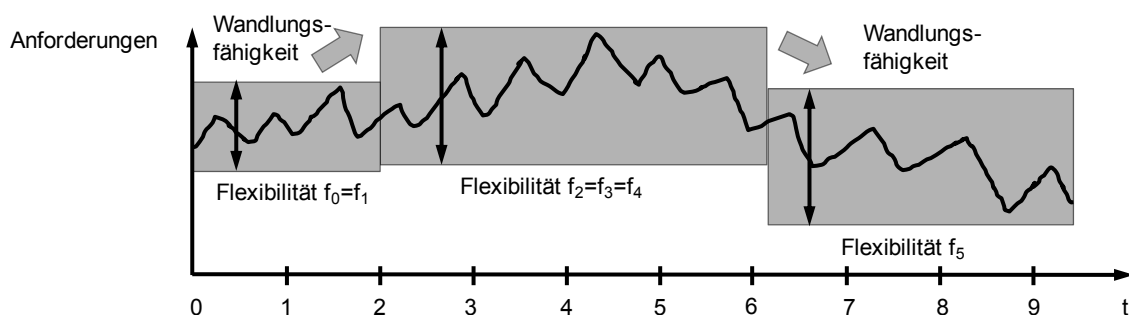


Abbildung 1: Unterschied zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (Zäh et al. 2005)

Im vorliegenden Fall musste das Montagesystem insbesondere auf sich ändernde Stückzahlentwicklungen wandlungsfähig reagieren können. Hierfür wurde das Montagesystem *Flax-H 1,5* entwickelt und skalierbar gestaltet. *Flax-H* steht für: Flexible Lean automated extendable Hybrid (Hrdina et al. 2013). „Unter Skalierbarkeit wird die technische, räumliche und personelle Erweiter- und Reduzierbarkeit verstanden (Heinen et al. 2008)“.

3. Skalierungsmöglichkeiten bei dem Montagekonzept Flax-H 1,5

Flax-H 1,5 lässt sich sowohl über den Mitarbeitereinsatz als auch über technische Änderungen an den Betriebsmitteln skalieren. Im Folgenden werden diese Skalierungsmöglichkeiten kurz skizziert.

3.1 Skalierung durch einen flexiblen Mitarbeitereinsatz:

Je nach Kapazitätsbedarf kann der Mitarbeitereinsatz variiert werden. Hierdurch können Investitionsausgaben reduziert werden, indem insbesondere bei kleinen

Ausbringungsmengen oder bei Ländern mit geringen Personalkosten statt auf vollautomatische Stationen, Palettieranlagen oder Zuführungen auf flexibel einsetzbare Personalressourcen zurückgegriffen werden kann. Wird eine geringe Anzahl an Mitarbeiter eingesetzt, steigt allerdings der Arbeitsinhalt der Mitarbeiter: Je weniger Mitarbeiter in der Linie beschäftigt sind, desto mehr Stationen müssen bedient werden können. Dabei reicht die Bandbreite von klassischen Chaku-Chaku-Beladetätigkeiten über Fügetätigkeiten bis hin zu einfachen Vormontagetätigkeiten, wie z.B. das Vormontieren eines O-Rings auf einen Kolben.

In Abbildung 2 sind diese Möglichkeiten des flexiblen Mitarbeiterereinsatzes schematisch dargestellt, indem der benötigte Mitarbeiterereinsatz, abhängig von der Höhe des Kapazitätsbedarfes, gezeigt ist. Um den Bedürfnissen der Mitarbeiter nach höheren Arbeitsinhalten gerecht zu werden, wurde hierbei auf den Mitarbeiterereinsatz nach dem Prinzip „Rabbit Chase“ zurückgegriffen: Anstatt über eine Schicht nur wenige Maschinen zu bedienen, kann dabei von den Mitarbeitern eine größere Anzahl an Stationen bedient werden. Im Extremfall kann dies bis hin zu der Bedienung aller Arbeitsstationen der Linie reichen. Durch den „Rabbit-Chase“ konnte demnach zumindest eine Arbeitererweiterung erzielt werden. Grundsätzlich musste bei der Gestaltung des „Rabbit Chases“ darauf geachtet werden, die Mitarbeiter weder psychisch noch physisch nicht zu überfordern. Der Arbeitsinhalt wurde demnach so gestaltet, dass er möglichst mit den Fähigkeiten der entsprechenden Mitarbeiter übereinstimmt. Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass die Laufwege der Mitarbeiter nicht zu lange wurden.

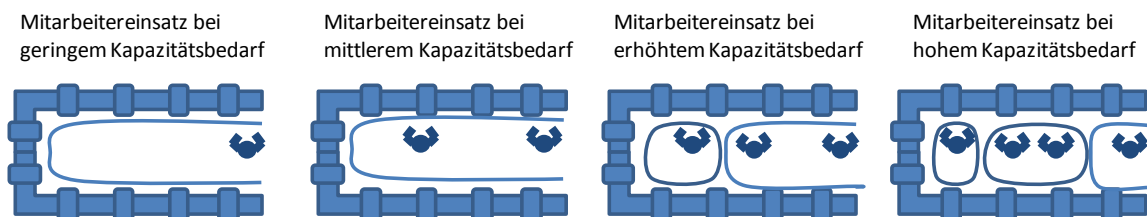


Abbildung 2: Mitarbeiterereinsatz bei Variation des Kapazitätsbedarfes, schematische Darstellung

3.2 Skalierung durch technische Änderungen

Eine weitere Möglichkeit, das Montagekonzept auf höhere Kapazitätsbedarfe anzupassen besteht beispielsweise darin, durch eine modulare Montagekonzeption bei niedrigen Stückzahlen weitestgehend manuelle Montageeinrichtungen zu verwenden und diese dann bei steigenden Stückzahlen bedarfsgerecht durch automatisierte Komponenten zu ersetzen (vgl. Fichtmüller 1996).

3.2.1 Automatisierung des Werkstücktransports und des Chaku-Chakus

Flax-H 1,5 ist so modular gestaltet, dass der manuelle Werkstücktransport von Station zu Station sowie das manuelle Chaku-Chaku durch Rüstsätze automatisiert werden können. Damit können unproduktive Tätigkeitszeiten minimiert, und als Resultat der personelle Kapazitätsbedarf reduziert werden.

Die Herausforderung dieser Maßnahme bestand erstens darin, die Kosten hierfür so minimal als möglich zu halten. Zweitens musste gewährleistet werden, dass das Aufrüsten aufwandsarm erledigt werden kann. Drittens musste der Rüstsatz so ausgelegt werden, dass bereits bestehende Linien ebenfalls einfach nachgerüstet

werden können. Als Resultat sind der Werkstücktransport sowie das Chaku-Chaku über Lineareinheiten automatisiert worden. Die Achsen für den automatischen Werkstücktransport wurden dabei am Rande der Stationstischplatten angebracht (vgl. Abb. 3).

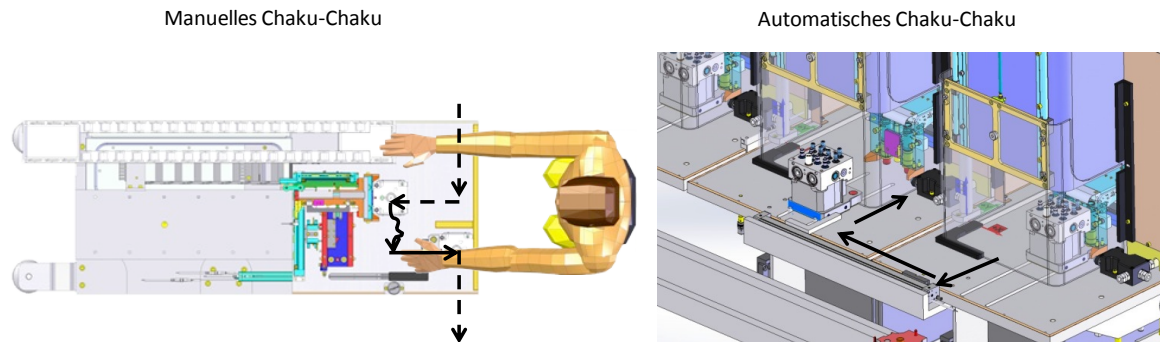


Abbildung 3: Chaku-Chaku in manueller und automatisierter Form, schematische Darstellung

Bei der Automatisierung musste neben der möglichst einfachen mechanischen Auslegung insbesondere auch die SPS- bzw. Zellenrechnerstruktur berücksichtigt werden: Um die Systemautomatisierung ohne größeren Änderungsaufwand durchführen zu können, wurde die Informationstechnologie so ausgelegt, dass die Stationen, der Werkstücktransport sowie das Auto-Chaku-Chaku möglichst autonom voneinander agieren können. Ziel war dabei, dass ablaufbedingte Störungen möglichst selten und - wenn überhaupt - schnell und ohne einen höheren Mitarbeiterqualifizierungsbedarf behoben werden können.

3.2.2 Anforderungsgerechte Gestaltung von Zuführungen

Um die Mitarbeiteranzahl weiter reduzieren zu können wurde ein schlankes Zuführkonzept entwickelt, welches von einfachen „Best-Point-Zuführungen“ bis hin zu vormontageintegrierten-Zuführungen reicht (vgl. Abb. 4).

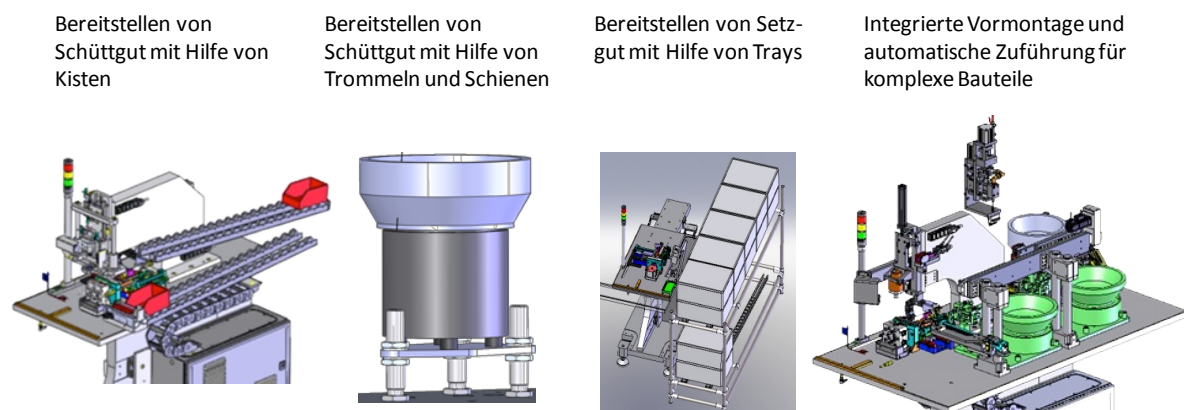


Abbildung 4: Anforderungsgerechter Einsatz von Zuführungen beim Montagekonzept Flax-H 1,5

Die Zielstellung der Zuführungen ist es dabei zum einen, Tätigkeitszeiten zu reduzieren, indem die zu fügenden Komponenten den Mitarbeitern so bereitgestellt werden, dass diese die Komponenten möglichst schnell greifen und fügen können. Zum anderen sollen die Zuführungen Montagefehler minimieren, indem sie

beispielsweise ausschließlich die korrekten Komponenten zuführen und falsche oder beschädigte Komponenten ausschleusen. Darüber hinaus können einfache Vormontagen in die Zuführungen integriert werden um die Tätigkeitszeit weiter zu reduzieren. Eine Automatisierung der Zuführung von Komponenten bietet sich insbesondere bei sehr kleinen, und schwer zu fügenden, komplexen Komponenten an, da hierbei relativ viel Tätigkeitszeit eingespart werden kann.

3.2.3 Automatisierungspotenzial durch den Einsatz von Industrierobotern

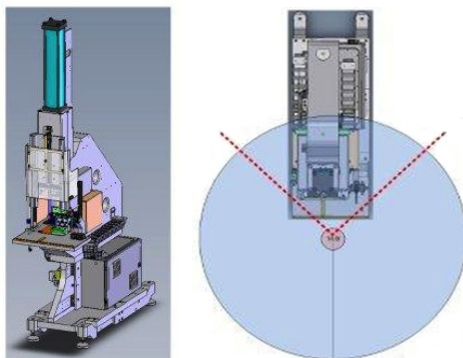
Zuletzt ist die Montagelinie *Flax-H 1,5* konzeptionell so gestaltet, dass Teilbereiche der Linie, in denen einfache Tätigkeiten gefordert sind, die jedoch viel Tätigkeitszeit in Anspruch nehmen, durch den Einsatz von Industrierobotern unterstützt werden können. Ein solcher Roboter könnte so einen oder mehrere Mitarbeiter ersetzen.

Abbildung 5 zeigt hierfür erste Konzeptansätze sowohl für das fügen von Schüttgut als auch für das fügen von Setzgut: Der Roboter soll hierbei die zu fügenden Komponenten an einem definierten Ort entnehmen, die Komponenten an den Fügeort bringen und die Komponenten fügen. Bei Fügeprozessen, bei denen ein erhöhter Kraftaufwand erforderlich ist, wie z.B. bei Clinch- oder Verstemmprozessen soll der Roboter das vorfügen bzw. einsetzen der Komponenten übernehmen. Der eigentliche Kraftprozess wird dann im Anschluss von der entsprechenden Station ausgeführt.

Welche Roboterarten eingesetzt werden sollten, hängt von den Anforderungen ab, die an den Roboter gestellt werden, wie z.B. Menge der in einer vorgegebenen Taktzeit zu fügenden Komponenten, Genauigkeit des Fügeprozesses, Platzbedarf usw. Diese Anforderungen variieren dabei von Station zu Station. Angedacht ist der Einsatz einer oder mehrerer der folgenden Roboterarten: Gelenkarmroboter, Knickarmroboter, Portalroboter oder Parallelroboter.

Um eine wandlungsfähige Montagelinie zu gestalten, die konzeptionell ohne großen Änderungsaufwand sowohl Mitarbeiter als auch Roboter zulässt, sind „sichere Roboter“ erforderlich. Sichere Roboter zeichnen sich beispielsweise dadurch aus, dass eine Mensch-Maschine-Interaktion bzw. Mensch-Maschine-Kooperation ohne trennende Schutzeinrichtungen in einem gemeinsamen Arbeitsraum möglich wird. Hier herrscht allerdings noch Forschungsbedarf.

Möglicher Einsatz eines Roboters zum Fügen von Schüttgut



Möglicher Einsatz eines Roboters zum Fügen von Setzgut

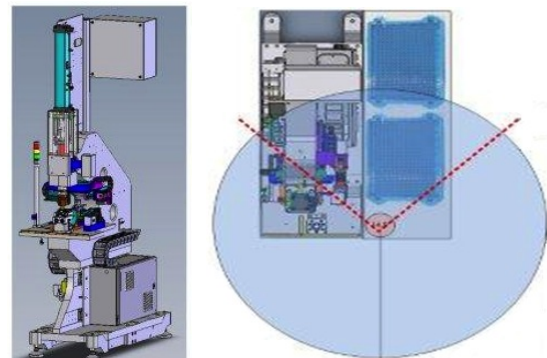


Abbildung 5: Möglichkeiten des Robotereinsatzes beim Montagekonzept *Flax-H 1,5*

4. Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag behandelte die wandlungsfähige Gestaltung eines hybriden Montagesystems für elektronische Bremssysteme. Dabei wurde insbesondere auf Möglichkeiten der Skalierung eingegangen. Das Montagekonzept *Flax-H 1,5* ist sowohl über den Mitarbeiterinsatz als auch über technische Änderungen skalierbar. Technisches Skalierungspotenzial wird dabei über die Möglichkeit der Automatisierung des Werkstücktransports und des Chaku-Chakus, die Möglichkeit des Einsatzes anforderungsgerechter Zuführungen, sowie die Möglichkeit des Einsatzes von Industrierobotern erschlossen.

Flax-H 1,5 wird derzeit aufgebaut, sein „Start of Production“ wird Ende dieses Jahres sein. Sollte künftig ein höherer Kapazitätsbedarf abgedeckt werden müssen, ist das System konzeptionell darauf vorbereitet. Insbesondere durch eine sichere Mensch-Maschine-Interaktion bzw. Mensch-Maschine-Kooperation könnte künftig weiteres Potenzial in Richtung wandlungsfähige Produktionssysteme erschlossen werden.

5. Literatur

- DIN, Deutsches Institut für Normung (1998) Norm 19233 Leittechnik - Prozessautomatisierung - Automatisierung mit Prozessrechnersystemen, Begriffe, (zurückgezogen).
- Fichtmüller N (1996) Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme, Berlin et al.: Springer-Verlag.
- Heinen T, Rimpau C, Wörn A (2008) Wandlungsfähigkeit als Ziel der Produktionssystemgestaltung. In: Nyhuis P, Reinhart G, Abele E (Hrsg) Wandlungsfähige Produktionssysteme: Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: Verlag PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, 2008, 19-33.
- Hrdina J, Eisenbarth M, Gamber T (2013) Arbeitsgestaltung eines Produktionssystems für die Montage elektronischer Bremssysteme im globalen Wettbewerb. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg), Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Dortmund: GfA-Press, 505-508.
- Hrdina J, Jonas P, Gamber T (2014) Verbesserung des Arbeitsablaufes eines hybriden Montagesystems mit Hilfe der Simulation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg), Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Dortmund: GfA-Press, 375-377.
- May C, Koch A (2008) Overall Equipment Effectiveness (OEE) Zeitschrift der Unternehmensberatung (ZUb), Berlin, 6: 245-250.
- Nyhuis P, Heinen T, Reinhart G, Rimpau C, Abele E, Wörn A (2008) Wandlungsfähige Produktionssysteme. wt - Werkstattstechnik online, Düsseldorf, 1-2: 85-91.
- REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg) (1985), Methodenlehre der Planung und Steuerung. Teil 2, München: Hanser.
- REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg) (1993) Lexikon der Betriebsorganisation. München: Hanser, (Methodenlehre der Betriebsorganisation).
- Reinhart G, Fichtmüller N (1994) Flexible Montagearbeitsplätze erleichtern Rationalisierung. VDI-Zeitschrift, Düsseldorf, 136/4: 105-107.
- Wiendahl H-P (2010), Betriebsorganisation für Ingenieure, München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Wolfson D, Ikovenko S (2007) Trends of Toyota Production System Evolution TPS-TESE. In: Grundlach C, Lindemann U, Ried H (Ed). Proceedings of the triz-future conference. Kassel: University Press, 277-280.
- Zäh M F, Moeller N, Vogl W (2005) Symbiosis of Changeable and Virtual Production. In: Reinhart G, Zäh M (Ed) 1st International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2005). München: Utz 2005.