

# Systematische Planung und Gestaltung der Arbeitsorganisation an automatisierten Montageanlagen

Simon BRUGGER

*Technische Universität Dresden  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Die Herausforderungen an die Planung, den Anlauf und den Betrieb von automatisierten Montageanlagen steigen durch voranschreitende Variantenbildung und kürzer werdende Produktlebenszyklen weiter an. Neben der technischen Ausarbeitung muss auch die Arbeitsorganisation geplant und gestaltet werden, um organisatorische Verluste zu minimieren. Die durchgeführte Feldstudie belegt die Relevanz der Arbeitsorganisation in Bezug auf den Anlauf und Betrieb der Anlagen. Planer werden durch die entwickelte Methode zunächst bei der Gestaltung grundlegender Prozesse an automatisierten Montageanlagen auf Basis der Anlagentypologie unterstützt. Aus diesem Schritt ergibt sich, welche Aufgaben an der Anlage berücksichtigt werden müssen. Folglich können die Stellen der Mitarbeitenden an der Montageanlage festgelegt und die stellenabhängigen Gestaltungsparameter definiert werden, sodass sich eine für die Anlage passende Arbeitsorganisation ergibt.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsorganisation, automatisierte Montage, Planungsmethode, Overall Equipment Effectiveness, Arbeitsgestaltung, Produktion

## 1. Einleitung

### 1.1 Hintergrund

Die steigenden Anforderungen des Marktes in Hinblick auf individualisierte Produkte und kurze Lieferzeiten bei stetig kürzer werdenden Produktlebenszyklen erfordern eine immer weitere Ausarbeitung von komplexen Prozesstechniken, hohen Automatisierungsgraden und flexiblen, modularen Montagelösungen. Ziel ist vor allem zu Beginn der Produktion möglichst schnell und nachhaltig eine hohe OEE (Overall Equipment Effectiveness) zu erreichen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass diesbezüglich Verbesserungspotenzial besteht und somit Kapitalsummen verloren gehen. Neben technischen Stillständen, die durch einen großen Planungs- und Simulationsaufwand bereits reduziert werden konnten, spielen vor allem organisatorisch bedingte Stillstandzeiten eine Rolle. Dies lässt die These zu, dass der Gestaltung der Arbeitsorganisation im Vergleich zur technischen Planung ein verstärkter Fokus gewidmet werden muss.

Teil der Betrachtung ist dabei das gesamte Arbeitssystem aus den Faktoren Mensch, Technik und Organisation, die sich gegenseitig bedingen und beeinflussen und folglich ganzheitlich gestaltet werden müssen (Schlick et al., 2018). Da der technische Part bereits detailliert ausgearbeitet wird, müssen die Beeinflussung der Tech-

nik auf Mensch und Organisation sowie Interdependenzen dieser beiden Faktoren berücksichtigt werden. Die Arbeitsorganisation, die diese Gestaltung ermöglicht, gliedert sich nach dem bekannten Muster in die Aufbau- und Ablauforganisation. Dabei teilt die Aufbauorganisation das System in organisatorische Einheiten wie Abteilungen oder Stellen und hierarchische Ebenen, während die Ablauforganisation die Prozesse innerhalb des Arbeitssystems betrachtet (Heeg, 1991). Zusätzlich zu den beiden bekannten Sichtweisen, lässt sich mit der Sozialorganisation noch eine weitere Gliederungsart darstellen, welche das Individuum als Teil des betrieblichen Sozialsystems sieht. Eine Einteilung lässt sich anhand des sozialen Gefüges des Unternehmens vornehmen, welche durch Faktoren wie die Qualifikation, die Verantwortungsspielräume oder auch die Entlohnung beeinflusst werden (Hacker, 1978) (Schlick et al., 2018).

## *1.2 Empirische Untersuchung*

Die Relevanz der Arbeitsorganisation an automatisierten Montageanlagen bzw. deren Einfluss auf die OEE ist im Rahmen einer empirischen Feldstudie überprüft worden. Neben der Arbeitsorganisation wirken zahlreiche technische Parameter auf die OEE. Daher sind für den ersten Teil der Studie drei Längstakt-Montageanlagen als Untersuchungsobjekte herangezogen worden, die nach technischer Analyse als vergleichbar anzusehen sind, jedoch Unterschiede in Arbeitsorganisation sowie Anlaufgeschwindigkeit und stabilem Betrieb aufweisen. Mittels verschiedener Methoden wie Dokumentenanalysen, Lessons Learned Workshops, Anlagen-begleitungen, leitfadengestützte Interviews, Kurzbefragungen und Auswertungen von Maschinendaten konnten Andersartigkeiten identifiziert werden. Die Erhebungen fanden dabei in verschiedenen Phasen (Planung, Vorserie & Nullserie, Hochlauf, Serie) statt, um sowohl den Anlauf als auch den Betrieb zu beleuchten. Zusammenfassend zeigen sich in Bezug auf die Arbeitsorganisation an weniger performanten Anlagen beispielsweise unklare Zuständigkeiten und Schnittstellen, ein geringeres Erfahrungsniveau auf Schlüsselpositionen, inadäquate Qualifizierungs- und Einarbeitungsprozesse, fehlende Abgrenzung zwischen den Stellen, Defizite hinsichtlich Informationsweitergabe und Wissensmanagement sowie minimale Standardisierung von Arbeitsabläufen. Die Auswirkungen der Arbeitsorganisationen auf die OEE konnten mittels der Messung von Problemlösungs- und Reaktionszeiten an den Anlagen zusätzlich quantifiziert werden. Beide Faktoren wirken sich auf die technische Verfügbarkeit der Anlage aus und beeinflussen daher die OEE direkt. Die in vergleichender Betrachtung bis um 50% reduzierten Zeiten belegen, dass arbeitsorganisatorische Themen und deren Differenzierung in Kausalität zur OEE stehen. So kann die Reaktionszeit mittels höherer Personalbesetzung, transparenter Prozesse und eindeutiger Zuständigkeiten positiv beeinflusst werden. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen, sind darüber hinaus Arbeitsanalysen mit Fokus auf organisatorische Fragestellungen an drei automatisierten Montageanlagen von unterschiedlichen Typen durchgeführt worden. Die Ergebnisse zeigen, dass der Typ der Anlage die Anforderungen an die Arbeitsorganisation wesentlich mitbestimmt. So zeigen sich beispielsweise Unterschiede in Bezug auf die Komplexität der Entscheidungen, notwendige Freiheitsgrade im Vorgehen, routinemäßige Ausführungen oder erforderliche Informationen über Funktionsweisen der Anlage. Die Planung der Arbeitsorganisation erfordert demzufolge eine Gestaltung diverser Dimensionen und die Berücksichtigung des Anlagentyps.

## 2. Optimierungspotenziale vorhandener Methoden

Die Literatur kennt bereits zahlreiche Publikationen, die Methoden zur Planung von Montageanlagen sowohl aus technischer als auch aus arbeitsorganisatorischer Sicht beinhalten. In einer entsprechenden Recherche sind insgesamt 40 Publikationen analysiert worden – darunter auch die allgemein hin bekannten Methoden nach REFA (1990) oder VDI (1993). Jede Methode legt hierbei einen Fokus auf entweder spezielle produktionsseitige Anforderungen oder im Detail zu betrachtende Planungsaspekte.

Alle Methoden haben gemein, dass sich die chronologische Abfolge der Einzelschritte vor allem an dem technischen Gestaltungsprozess orientiert und Schritte zur Gestaltung der Aspekte Mensch und Organisation an diesen Prozess angegliedert werden. Lediglich die arbeitsorganisatorischen Gestaltungsmöglichkeiten der Mitarbeiterqualifikation und des resultierenden Personalbedarfs werden in nahezu allen Methoden durch Vorgehensweisen oder Handlungsempfehlungen berücksichtigt. Die ganzheitliche Gestaltung der Arbeitsorganisation beinhaltet allerdings neben den genannten Aspekten auch die Organisation der vom Menschen und seiner Rolle im Arbeitssystem abhängigen Bereiche. Dies wird durch keine der analysierten Planungsmethoden abgebildet. Darüber hinaus zeigt die zeitliche Verteilung der recherchierten Publikationen, dass 16 der 40 Methoden in den 1990er Jahren veröffentlicht wurden und weitere 21 bereits davor. Nach 2000 konnten lediglich drei Publikationen ausgemacht werden. Im Vergleich zum rasanten technischen Fortschritt in den letzten Jahren ist folglich eine Diskrepanz zur Entwicklung neuer Methoden für die Gestaltung der Arbeitsorganisation zu erkennen.

Sowohl aus den thematischen Schwerpunkten als auch aus der zeitlichen Verteilung der vorhandenen Methoden ergibt sich ein großer Bedarf für eine neue Methode, die systematisch die Arbeitsorganisation plant.

## 3. Aufbau der Methode

Die entwickelte Methode bedient sich als Grundlage der bereits technisch ausgearbeiteten Montageanlage (technisches Lastenheft). Im ersten Schritt wird die Anlage anhand der Parameter der Anlagengröße und der Anlagenkomplexität technisch klassifiziert. Die Einteilung erfolgt dabei in vier Anlagentypen, deren Selektion für den ersten Teil der Gestaltung der anlagenabhängigen Arbeitsorganisation relevant ist.

Je nach Anlagentyp werden den Planern Lösungsräume vorgegeben, in denen sie die Dimensionen der Arbeitsorganisation gestalten können. Im Zentrum der Gestaltungsmöglichkeiten steht die Frage, ob die entsprechenden Kompetenzen zum Ausführen der einzelnen Prozesse in einer Fachabteilung gebündelt oder an Stellen direkt an der Anlage übertragen werden. Dies resultiert in einer jeweils zugeordneten Liste an Tätigkeiten, die direkt an der Produktionsanlage durchgeführt werden und die je nach Festlegung mehr oder weniger Teilaufgaben enthält. Zudem wird in diesem Schritt festgelegt, wie viele verschiedene Stellen innerhalb des Anlagenumfeld existieren sollen, was von einer einzelnen Stelle mit der Bewältigung aller Aufgaben bis hin zur Aufteilung auf mehrere Stellen erfolgen kann.

Im Folgenden werden die verschiedenen Stellen an der Montageanlage gebildet. Hierzu wird die resultierende Liste der Tätigkeiten auf die Anzahl der festgelegten Stellen aufgeteilt. Da sämtliche Tätigkeiten sowie übergeordnete Prozesse in Abhängigkeit der Anlage mit einer numerisch ausgedrückten Komplexität bewertet sind, ergibt sich somit ein Komplexitätsniveau für jede Stelle.

Final wird die stellenabhängige Arbeitsorganisation gestaltet. Dies wird für jede Stelle einzeln durchgeführt, da dieser Teil der Arbeitsorganisation nicht mehr von der Anlage, sondern von der jeweiligen Stelle mit dazugehöriger Komplexität abhängig ist. Das Ergebnis ist eine ganzheitliche Arbeitsorganisation in Abhängigkeit der technischen Parameter und der zu besetzenden Stellen an der Produktionsanlage.

### *3.1 Technische Klassifizierung der Anlage*

Zunächst wird die Anlage anhand der Parameter der Anlagengröße und der technischen Anlagenkomplexität klassifiziert. Die Einteilung erfolgt dabei auf einer digitalen Skala, die eine hohe oder niedrige Bewertung zulässt, sodass sich vier verschiedene Anlagentypen ergeben. Beispielhaft für die Typen seien Handmontage mit einem Automaten (klein und wenig komplex), Low Cost Automation-Linien (groß und wenig komplex), Mensch-Roboter-Kollaboration (klein und komplex) und Längstakt-Montageanlagen (groß und komplex) genannt. Die Anlagengröße wird jedoch nicht über skalare Größen gemessen, sondern orientiert sich am Vergleich mit dem im jeweiligen Unternehmen eingesetzten Montageanlagen. Die Berechnung der Anlagenkomplexität erfolgt auf Basis von technischen Bestandteilen und Prozessen der Anlage (Samy & ElMaraghy, 2012), wobei auch in diesem Fall Anpassungen zulässig sind. Somit wird die Bewertung der Parameter auch durch subjektive Faktoren beeinflusst. Dies ermöglicht es aber verschiedene unternehmerische Realitäten durch die Methode abzubilden.

### *3.2 Gestaltung der anlagenabhängigen Arbeitsorganisation*

Zwei wesentliche Aspekte der anlagenabhängigen Gestaltung innerhalb der Methode sind die Einzeltätigkeiten und Prozesse sowie Lösungsräume zur Gestaltung, welche der planenden Person auf Grundlage des Anlagentyps vorgegeben werden.

Die Tätigkeiten spiegeln dabei alle an einer Montageanlage relevanten Aufgaben wider und wurden aus Ausbildungsplänen, der IG-Metall Tariffkarte, weiteren Literaturquellen sowie aus praxisrelevanten Erfahrungen und Beobachtungen zusammengestellt. Dabei sind 104 Einzeltätigkeiten erarbeitet worden, die in 15 übergeordneten Prozessen zusammengefasst sind.

Da für die Ausarbeitung der verschiedenen Stellen an der Anlage nicht nur die Benennung der Tätigkeiten, sondern auch die Bewertung der jeweiligen Komplexität eine Rolle spielt, wird dies in einem zweistufigen Verfahren berücksichtigt. Zunächst wurden hierzu alle Einzeltätigkeiten analysiert und einem Komplexitätswert auf einer Skala von 1 bis 6 zugeordnet, wobei 6 die höchste Komplexität darstellt. Die Ergebnisse wurden in drei unabhängig voneinander durchgeführten Interviews mit Experten aus Wissenschaft und Praxis bestätigt, bei denen begründete Änderungen an den Werten vorgenommen werden konnten. Darüber hinaus wurden die 15 Prozesse in ihrer Komplexität anhand der gleichen Skala bewertet. Dies ist in Abhängigkeit der vier Anlagentypen erfolgt, da beispielsweise Instandhaltungsprozesse an einer kleinen, wenig komplexen Anlage eine niedrigere Komplexität aufweisen als dies bei großen, modularen Anlagen der Fall ist. Die Einschätzungen wurden durch die Befragung einer achtköpfigen, heterogenen Expertengruppe innerhalb eines Workshops validiert. Durch die Multiplikation des Komplexitätswertes der Einzeltätigkeiten und der jeweiligen Prozesse ergibt sich somit für jede Teilaufgabe eine auch vom Anlagentyp abhängige Komplexitätszahl, die für die Einteilung der Stellen herangezogen wird.

Welche Tätigkeiten an der Anlage bewältigt werden, wird durch die Planer in der

Gestaltung der zehn anlagenabhängigen Dimensionen (Produktionsplanung und -steuerung, Arbeitsvorbereitung, Instandhaltung, Logistik, Qualitätsmanagement, Optimierungen, Wissensmanagement, Informationsfluss und Zusammenarbeit, Grad der Arbeitsteilung, Standards) festgelegt. Innerhalb des anlagen- und dimensionsspezifischen Lösungsraums wird die finale Festlegung getroffen, welche durch eine vordefinierte Verknüpfungstabelle zu einer Liste an verbleibenden Tätigkeiten führt. Diese Liste legt neben dem Inhalt der Tätigkeiten auch den Wert der Gesamtkomplexität dar.

### *3.3 Stellenbildung*

Alle resultierenden Tätigkeiten werden im Folgenden auf die verschiedenen Stellen verteilt. Für diesen Schritt wird zunächst die Festlegung in der Dimension „Grad der Arbeitsteilung“ herangezogen. Diese gibt vor, ob die Tätigkeiten auf ein bis zwei oder auf mindestens bzw. mehr als zwei Stellen verteilt werden. Die Planer ordnen anschließend die Tätigkeiten den verschiedenen Stellen zu, wobei auch die Vertreterregelung berücksichtigt wird. Hintergrund ist die Tatsache, dass Führungskräfte oftmals Tätigkeiten im geregelten Ablauf nicht ausführen, aber diese grundsätzlich verstehen und in Vertretung übernehmen müssen.

Aus der Verteilung errechnet sich somit für jede Stelle ein kumulierter Komplexitätswert, der sich aus den Einzelkomplexitäten zusammensetzt. Je nach resultierender Summe ergeben sich verschiedene Anforderungen und Möglichkeiten innerhalb der stellenbezogenen Arbeitsorganisation. Die Unterteilung erfolgt dabei in vier gleich große Wertebereiche, die sich am maximalen Komplexitätswert orientieren.

### *3.4 Gestaltung der stellenabhängigen Arbeitsorganisation*

Der darauffolgende Gestaltungsprozess wird für jede der festgelegten Stellen in Abhängigkeit des bei der Stelleneinteilung erreichten Wertebereichs separat durchgeführt. Ähnlich wie im Schritt der anlagenabhängigen Gestaltung ergeben sich in Abhängigkeit des Wertebereichs individuelle Lösungsräume für die sieben arbeitsorganisatorischen Dimensionen, in denen der Planer bzw. die Planungsgruppe die Arbeitsorganisation gestalten kann.

Themen der Sozialorganisation wie die Qualifikation, die Erfahrung oder mögliche Arbeitszeitmodelle können auf diese Weise festgelegt werden. Darüber hinaus wird auch definiert, welche Alleinverantwortung zugeordnet und in welchem Ausmaß Entscheidungs- und Gestaltungsspielräume einer Stelle eingeräumt werden. Die Alleinverantwortung beschreibt dabei das Maß der Verantwortung einer einzelnen Person gegenüber anderen. Eine kleine Einzelverantwortung beschränkt sich lediglich auf die direkten, eigenen Arbeitsaufgaben und sich eine ganzheitliche Verantwortung auf die gesamte Montageanlage ausweiten kann (Heidbrink et al., 2017). Dabei ist sicherzustellen, dass die Mitarbeitenden stets zur Ausübung der jeweiligen Verantwortung durch geeignete Qualifikation und Erfahrung befähigt werden.

Dies geht zum einen mit dem Entscheidungsspielraum einher, bei dem festgelegt wird, in welchem Maße Beschäftigte entscheiden können welche Tätigkeiten ausgeführt werden. Zum anderen beeinflusst dies den Gestaltungsspielraum mit der Fragestellung, wie diese Tätigkeiten ausgeführt werden sollen (Ulich, 2005).

Somit ergibt sich für jede Stelle ein Anforderungsprofil, welches für die Organisation der Arbeitsprozesse sowie für die Personalauswahl herangezogen werden kann.

#### 4. Fazit und Ausblick

Die ausgearbeitete Planungsmethode mit ihrem Fokus auf die Gestaltung der Arbeitsorganisation an Montageanlagen ist als eine Ergänzung zu den generischen Vorgehensweisen nach u.a. REFA oder VDI zu sehen, die eine eher technisch ausgeprägte Ausrichtung besitzen.

Um die Vorteile der Methode nutzen zu können, wird empfohlen diese im Rahmen eines Planungsworkshops durchzuführen. Der Teilnehmerkreis sollte heterogen aufgestellt sein und Mitarbeiter der Montageanlage, der Produktionsplanung, der Arbeitnehmervertretung und der Personalabteilung bzw. -entwicklung berücksichtigen. Die Zielsetzung liegt in der gemeinsamen Erarbeitung darauf, die bestmögliche Lösung zu finden, welche nicht durch gedankliche Barrieren aus bisherigen Prozessen und Organisationsformen gehemmt wird. Eine neutrale Moderation des Workshops ist folglich notwendig.

Nach Abschluss der Planung wird das Ergebnis ganzheitlich im Teilnehmerkreis bewertet und Teile der Methode gegebenenfalls wiederholt, um die optimale Gestaltung der Arbeitsorganisation im Rahmen der betrieblichen Rahmenbedingungen zu erreichen.

Im Prozess der Ausarbeitung der Methode wurden die Einzelschritte auf verschiedenen Ebenen durch Experten validiert und die Erkenntnisse in das Gesamtergebnis aufgenommen. Zudem konnten Mitarbeiter aus dem Bereich der Produktionsplanung eines mittelständischen Maschinenbauunternehmens bereits bestätigen, dass das Vorgehen einen großen Mehrwert bietet.

Die Methode kann demnach für die Gestaltung der Arbeitsorganisation an einer Referenzanlage herangezogen und innerbetrieblich verprobt werden.

#### 5. Literatur

- EIMaraghy, Hoda A.; Samy Badrous, Sameh Nozhy (2012) A model for measuring complexity of automated and hybrid assembly systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 62:813-833
- Hacker, Winfried (1978) *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie: psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. 2. Auflage, Bern; Stuttgart; Wien: Huber
- Heeg, Franz-Josef (1991) *Moderne Arbeitsorganisation: Grundlagen der organisatorischen Gestaltung von Arbeitssystemen bei Einsatz neuer Technologien*. 2. Auflage, München: Carl Hanser
- Heidbrink, Ludger (Hrsg.); Langbehn, Claus (Hrsg.); Loh, Janina (Hrsg.) (2017) *Handbuch Verantwortung*. Wiesbaden: Springer
- REFA Bundesverband e.V. (1990) *Planung und Gestaltung komplexer Produktionssysteme*. 2. Auflage. München Carl-Hanser Verlag
- Schlick, Christopher (Hrsg.); Bruder, Ralph (Hrsg.); Luczak, Holger (Hrsg.). (2018) *Arbeitswissenschaft 4.*, neu bearb. u. erw. Aufl., Berlin: Springer
- Ulich, Eberhard (2005) *Arbeitspsychologie*. 6. Auflage. Zürich: vdf Hochschulverlag
- Verein Deutscher Ingenieure (1993) *VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?**

66. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin  
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin  
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020**

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme  
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2020  
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.  
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**  
**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)