

# Montageorganisationsformen

Tim Heller<sup>1</sup>, Maximilian Duisberg<sup>1</sup>, Michael Kranz<sup>1</sup>, Benedikt Andrew Latos<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University, <sup>2</sup>Miele & Cie. KG

Eine wesentliche Aufgabe der Montageplanung ist es, eine Organisationsform für die geplante Montage festzulegen (Schimke, 1991, S. 11). Eine Montageorganisationsform bildet das Grundprinzip eines Montageprozesses ab. Sie legt fest, nach welchem Prinzip Arbeitspersonen an Arbeitsplätzen die Montageobjekte mit der Hilfe von Betriebsmitteln montieren. Dabei werden sowohl räumliche Zusammenhänge des Montageprozesses wie bspw. die räumliche Anordnung der Montagearbeitsplätze beschrieben, als auch zeitliche Zusammenhänge wie der Bewegungsablauf der Arbeitspersonen und Betriebsmittel. (Petersen, 2005, S. 24)

Die Auswahl einer Organisationsform im Rahmen der Montageplanung ist ein kritischer Schritt, da mit der Montageorganisationsform die grundlegenden Eigenschaften des Montagesystems bestimmt werden. Diese wirken sich sowohl auf die Flexibilität des Montagesystems aus, als auch auf die Aufgaben und Arbeitsbedingungen der Beschäftigten. (Latos et al., 2020, S. 2)



## Abgrenzung verschiedener Montageorganisationsformen

Ein klassischer Ansatz zur Abgrenzung verschiedener Montageorganisationsformen ist die Betrachtung der räumlichen Anordnung der Arbeitsplätze, der Bewegung von Arbeitsplätzen und Montageobjekten (sog. *Bewegungscharakteristik*), der Art der Bewegung (sog. *Bewegungsablauf*) sowie der Gliederung von Montageobjekten und Tätigkeiten (sog. *Gliederungsprinzip*). Ein Arbeitsplatz fasst dabei stets Arbeitsperson(en) und Betriebsmittel zusammen. Die Abgrenzung wird wie folgt vorgenommen:

- **Bewegungscharakteristik:**  
Die Bewegungscharakteristik gibt an, ob die Arbeitsplätze und ob die Montageobjekte bewegt werden oder nicht bewegt werden, also stationär sind.
- **Bewegungsablauf:**  
Der Bewegungsablauf spezifiziert die Bewegungen. Es wird angegeben, ob die Bewegungen jeweils z. B. periodisch, aperiodisch, gerichtet oder ungerichtet erfolgt.
- **Gliederungsprinzip:**  
Bei der verrichtungsorientierten Gliederung werden an einem Arbeitsplatz gleichartige Tätigkeiten an unterschiedlichen Montageobjekten ausgeführt. Beispielsweise wird für alle Montageobjekte die Tätigkeit „Säubern“ stets an einem Arbeitsplatz ausgeführt. Bei der objektorientierten Gliederung werden an einem Arbeitsplatz unterschiedliche Tätigkeiten an gleichartigen Montageobjekten ausgeführt. Das Objektprinzip liegt beispielsweise vor, wenn alle Montagetätigkeiten, die für ein Montageobjekt erforderlich sind, an einem Arbeitsplatz ausgeführt werden. (vgl. Bullinger, 1986, S. 161).

Abbildung 1 zeigt die Abgrenzung verschiedener Montageorganisationsformen anhand der genannten Kriterien. Beispielsweise bewegen sich bei der Werkstatt-, Insel-, Reihen- und Taktstraßenmontage die Montageobjekte durch verschiedene stationäre Arbeitsplätze. Bei der kombinierten Fließmontage und dem One-Piece-Flow bewegen sich neben den Montageobjekten auch die Arbeitsplätze. Bei der Einzelplatz-, Baustellen- und Gruppenmontage befindet sich das Montageobjekt stets an stationären Arbeitsplätzen. (vgl. Latos et al., 2018, S. 91)

Montageorganisationsform	Werkstattmontage	Inselmontage	Einzelplatzmontage	Baustellenmontage	Gruppenmontage	Reihenmontage	Taktstraßenmontage	Kombinierte Fließmontage	One-Piece-Flow
Prinzipielle Anordnung									
Bewegungscharakteristik	Bewegte Montageobjekte		Stationäre Montageobjekte			Bewegte Montageobjekte			
	Stationäre Arbeitsplätze		Stationäre Arbeitsplätze		Bewegte Arbeitsplätze	Stationäre Arbeitsplätze		Bewegte Arbeitsplätze	
Bewegungsablauf	Aperiodisch	-	-	-	Periodisch oder aperiodisch	Aperiodisch	Periodisch	Periodisch oder kontinuierlich	Periodisch
	Ungerichtet	-	-	-	Gerichtet oder ungerichtet	Gerichtet			
Gliederungsprinzip	Verrichtungsorientiert	Objektorientiert							

**Legende**

Montageobjekt    
 Arbeitsplatz    
 Automatische Montageeinrichtung    
 Bewegung Montageobjekt    
 Bewegung Arbeitsplatz

Abbildung 1: Abgrenzung von Montageorganisationsformen (i. A. a. Eversheim, 1989, S. 176; Latos et al., 2018, S. 91)

Nachfolgend wird eine Übersicht über die Einordnung der abgegrenzten Montageorganisationsformen hinsichtlich verschiedener Kriterien dargestellt, um die Auswahl einer Organisationsform im Montageplanungsprozess zu unterstützen.

**Klicken Sie auf ein Symbol, wenn Sie direkt zur detaillierten Beschreibung einer Montageorganisationsform gelangen möchten:**



**Einordnung anhand technischer und wirtschaftlicher Kriterien**

Die abgegrenzten Montageorganisationsformen eignen sich unterschiedlich gut, um verschiedene technische, wirtschaftliche und arbeitswissenschaftliche Ziele erreichen zu können. Die Auswahl einer geeigneten Organisationsform sollte daher im Abgleich mit dem Zielsystem des Montageplanungsprojektes erfolgen. Um die Beurteilung im Hinblick auf das Zielsystem zu unterstützen, werden die abgegrenzten Montageorganisationsformen im Folgenden bezüglich verschiedener technischer, wirtschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Kriterien eingeordnet.

Abbildung 2 zeigt die Einordnung der Montageorganisationen anhand von technischen und wirtschaftlichen Kriterien, die anhand der Fachliteratur ermittelt wurden. Betrachtete Kriterien sind u. a. Einsatzgebiet bzw. Stückzahlbereich, Produktgröße und –komplexität, der Flächenbedarf, die Variantenflexibilität und das erforderliche Qualifikationsniveau der Beschäftigten. Sollen beispielsweise in einem zu planenden Montagesystem größere Montageobjekte montiert werden, so wäre die Einzelplatzmontage bei der Auswahl einer geeigneten Organisationsform weniger geeignet, da diese auf Grund der Bereitstellung von Einzelteilen und Werkzeugen am Arbeitsplatz nur für kleine Montageobjekte vorteilhaft ist (Milberg & Reinhart, 1999, S. 28). Bei der in Abbildung 2 gezeigten Einordnung muss beachtet werden, dass die angegebenen Ausprägungen eines Kriteriums eine relative Einordnung in Vergleich zu anderen Montageorganisationsformen darstellt.

Montageorganisationsform	Werkstattmontage	Inselmontage	Einzelplatzmontage	Baustellenmontage	Gruppenmontage	Reihenmontage	Taktstraßenmontage	Kombinierte Fließmontage	One-Piece-Flow
<b>Einsatzgebiet bzw. Stückzahlbereich</b>	Einzel- bis Kleinserienmontage <sup>1</sup>	Klein- bis Mittelserienmontage <sup>2</sup>	Einzel- bis Großserienmontage <sup>1</sup>	Einzelmontage <sup>3</sup>	Einzel- bis Kleinserienmontage <sup>1</sup>	Klein- bis Mittelserienmontage <sup>11</sup>	Großserienmontage <sup>8</sup>	Großserienmontage <sup>9</sup>	Einzel- bis Großserienmontage <sup>13</sup>
<b>Produktgröße</b>	1	2	11	8,9,10, 11,12	1,8,13	2	1	1	17
<b>Produktkomplexität</b>	2	1	1	8,9,10, 11,12	2	2	1	1	16
<b>Flächenbedarf</b>	3	1	1	9	9	3	10	10	8,18
<b>Variantenflexibilität</b>	1,3,4	5,7	1,14	8,12	3	8	3	1,2	8
<b>Investitionsbedarf</b>	3,4	5	22	10	3	3	1	15	19
<b>Durchlaufzeit</b>	4,5	5	2	8	8	2,8	5,8	1,2	20
<b>Steuerungs- und Planungsaufwand</b>	1,6	7	1	8	1,9	2,4	1	1	
<b>Reaktion auf Kapazitätsschwankungen</b>	2	5,7	14	8,12	3,12	2	3	1,2	5,8
<b>Qualifikationsniveau</b>	1,3,4	4	3	10	10	1,2	2	1	5,21, 22

**Legende**

Einzel- bis Kleinserie: < 20 Stk./Monat  
 Mittelserie: 20 – 1000 Stk./Monat  
 Großserie: > 1000 Stk./Monat

○ = sehr gering    ◐ = gering    ◑ = gering bis mittel    ◒ = mittel    ◓ = mittel bis hoch  
 ◔ = hoch    ◕ = sehr hoch    ◖ ◗ = gering bis hoch    ◘ = nicht anhand von Fachliteratur belegbar

<sup>1</sup>Petersen (2005), S. 114, 117 f., 123 f.  
<sup>2</sup>Petersen & Nebl (2007), S. 469  
<sup>3</sup>Warnecke (1995), S. 49, 51 f., 53 f., 57  
<sup>4</sup>Präfflin & Rehberg (2008), S. 106 f.  
<sup>5</sup>Schlick et al. (2018), S. 665 f., 668 f.  
<sup>6</sup>Nedeß (1997), S. 201  
<sup>7</sup>Richter (2006), S. 104  
<sup>8</sup>Wildemann (2010), S. 240, 250  
<sup>9</sup>Brecher & Schapp (2009), S. 21  
<sup>10</sup>Eversheim et al. (1981), S. 14, 20-22  
<sup>11</sup>Milberg & Reinhart (1999), S. 28  
<sup>12</sup>Pröpster (2015), S. 9 f.  
<sup>13</sup>Schimke (1991), S. 18  
<sup>14</sup>Lotter (2012b), S. 116, 118  
<sup>15</sup>Eversheim (1989), S. 178  
<sup>16</sup>Wiendahl (2014), S. 45, 53  
<sup>17</sup>Lotter & Wiendahl (2012), S. 487  
<sup>18</sup>Teufel (2009), S. 688 f.  
<sup>19</sup>Feldmann et al. (2014), S. 501 f.  
<sup>20</sup>Hartmann (2009), S. 586  
<sup>21</sup>Arzet (2005), S. 15  
<sup>22</sup>Lotter (2012a), S. 153 f.

**Abbildung 2: Einordnung von Montageorganisationsformen anhand technischer und wirtschaftlicher Kriterien**



## Einordnung anhand arbeitswissenschaftlicher Kriterien

Die Montageorganisationsform hat zudem Auswirkungen auf die Arbeitsaufgaben und die Arbeitsbedingungen der Arbeitspersonen. Daher sind bei der Auswahl einer geeigneten Montageorganisationsform auch arbeitswissenschaftliche Kriterien zu berücksichtigen. (Latos et al., 2020, S. 2; Latos et al., 2018, S. 92). Um die Einordnung der abgegrenzten Montageorganisationsformen bezüglich arbeitswissenschaftlicher Kriterien zu ermöglichen, führten Latos et al. (2020) eine Interviewstudie mit 15 Expert\*innen durch. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Interviewstudie. Es wird jeweils die Anzahl der Expert\*innen angegeben, welche in der Studie das jeweilige Kriterium als gering oder hoch ausgeprägt eingeschätzt haben.

Montageorganisationsform	Werkstattmontage		Inselmontage		Einzelplatzmontage		Baustellenmontage		Gruppenmontage		Reihenmontage		Taktstraßenmontage		Kombinierte Fließmontage		One-Piece-Flow	
	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering	Hoch	Gering
<b>Einschätzung</b>																		
Anzahl an Belastungswechseln	5	3	5	3	4	8	10	0	8	2	0	11	0	11	0	11	10	0
Toleranz von Leistungsschwankungen	7	0	7	0	10	0	8	1	9	0	0	7	0	7	0	7	10	1
Ganzheitlichkeit der Arbeitsinhalte	9	2	9	2	10	3	12	0	12	0	0	13	0	13	0	13	13	0
Eignung für teilautonome Gruppenarbeit	7	0	7	0	-	-	13	0	13	0	1	8	1	8	1	8	7	6

### Legende

n = 15; Dreistufige Skala: hoch, gering, keine Angabe; Angegeben ist die Anzahl Nennungen, Werte > 7 fett hervorgehoben

**Abbildung 3: Einordnung von Montageorganisationsformen anhand arbeitswissenschaftlicher Kriterien (i. A. a. Latos et al., 2020, S. 5)**

Die zur Einordnung genutzten Kriterien werden nachfolgend beschrieben:

- Anzahl an Belastungswechseln:**  
 Das ständige Wiederholen gleicher Bewegungen hintereinander (z. B. ungünstige Greif- und Hebevorgänge) erzeugt eine einseitige Belastung und damit eine körperliche Überlastung der Arbeitsperson. Daher sollte eine möglichst hohe Anzahl an Belastungswechseln erzielt werden (DIN EN ISO 6385, 2016, S. 14 f.).
- Toleranz von Leistungsschwankungen:**  
 Die Leistungsfähigkeit von Arbeitspersonen unterliegen einer natürlichen Streuung. Um eine psychische Belastung der Arbeitspersonen zu vermeiden, sollte in einem Montagesystem daher eine hohe Toleranz von Leistungsschwankungen ermöglicht werden. (Schlick et al., 2018, S. 46)
- Ganzheitlichkeit der Arbeitsinhalte:**  
 Weiterhin ist eine hohe Ganzheitlichkeit der Arbeitsinhalte erstrebenswert, da durch anspruchsvolle, verschiedenartige und entscheidungsrelevante Tätigkeiten die Persönlichkeitsentfaltung und Weiterentwicklung der Kompetenzen der Arbeitspersonen gefördert wird (Ulich, 2011, S. 189 f.; Mlekus et al., 2018, S. 4 f.).
- Eignung für teilautonome Gruppenarbeit:**  
 In der Montage erstellen teilautonome Arbeitsgruppen weitestgehend eigenverantwortlich und vollständig ein Produkt oder Bauteil (vgl. Schlick et al., 2018, S. 686). Durch die Einführung teilautonomer Gruppenarbeit kann eine lern-, motivations- und gesundheitsfördernde Arbeitsumgebung geschaffen werden (Schlick et al., 2018, S. 703 f.).

Abbildung 3 zeigt, dass bestimmte Montageorganisationsformen laut der Expert\*innen die Kriterien besser erfüllen als andere. Höhere Bewertungen weisen die Baustellen- und die Gruppenmontage, als auch der One-Piece-Flow auf. Die Reihen-, Taktstraßen- und kombinierte Fließmontage können die arbeitswissenschaftlichen Kriterien laut der Expert\*innen hingegen weniger gut erfüllen. Es ist zu beachten, dass die dargestellten Kriterien auch durch weitere Aspekte wie bspw. eine Taktzeit beeinflusst werden (Latos et al. 2020, S. 5). Weitere Informationen zur Interviewstudie finden Sie in Latos et al. (2020).

Im Folgenden werden die einzelnen Montageorganisationsformen detaillierter beschrieben. Zur Beschreibung werden u. a. die dargestellten technischen, wirtschaftlichen und arbeitswissenschaftlichen Kriterien aufgegriffen.

**Klicken Sie auf ein Symbol, um direkt zur Beschreibung der Montageorganisationsform zu gelangen:**



### ► Literatur



## Einzelplatzmontage

Die Einzelplatzmontage zeichnet sich dadurch aus, dass alle Montageschritte zur Fertigstellung eines Objektes an einen Arbeitsplatz durch eine einzelne Arbeitsperson durchgeführt werden. Hierbei können verschiedene Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen. In der Literatur wird für dieses Prinzip auch oft der Begriff „Werkbankmontage“ verwendet, weil alle für die Montage erforderlichen Betriebsmittel und Materialien um den Montageplatz herum angeordnet sind und die Arbeitsperson den gesamten Montageprozess an einem Arbeitsplatz, ähnlich einer Werkbank, durchführt (Feldmann et al., 2014, S. 498).

Durch die Notwendigkeit der Bereitstellung von Einzelteilen und Werkzeugen am Arbeitsplatz eignet sich die Einzelplatzmontage nur für kleine Erzeugnisse (Milberg & Reinhart, 1999, S. 28). Daraus resultiert allerdings auch ein geringer Platzbedarf dieser Organisationsform, sowie gute Anpassungsfähigkeiten an räumliche Gegebenheiten. Mit der Einzelplatzmontage können nach Petersen (2005) sowohl einfache als auch komplexere Produkte in der Einmal- oder Massenfertigung montiert werden. Hier kommt vor allem die gute Skalierbarkeit durch den geringen Organisationsaufwand zum Tragen. Bei Kapazitätsschwankungen können bei ausreichendem Platz problemlos weitere Arbeitsplätze eingerichtet oder entfernt werden.

Die Investitionskosten für eine Einzelplatzmontage sind im Vergleich zu anderen Montageformen sehr gering, können aber bei der Einrichtung vieler Arbeitsplätze durch die redundante Beschaffung von Betriebsmitteln mit steigender Anzahl an Arbeitsplätzen die Kosten anderer Montagesysteme übersteigen. Dafür gestaltet sich diese Organisationsform aufgrund des einfachen Aufbaus und Ablaufs als sehr gut steuerbar und erfordert daher wenig Planungsaufwand (Petersen, 2005, S. 124). Ob der Arbeitsablauf die vollständige Bearbeitung der Produkte nacheinander oder die satzweise Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte vorsieht, kann beispielsweise den Beschäftigten freigestellt werden. Des Weiteren wirkt sich das individuelle Leistungsverhalten der Beschäftigten nicht auf andere Arbeitsplätze aus. Durch die Unabhängigkeit der Arbeitsplätze voneinander werden Flexibilisierungsmaßnahmen wie die Einführung flexibler Arbeitszeitmodelle vereinfacht (Lotter, 2012b, S. 118). Abhängig von der Komplexität der zu montierenden Produkte ist eine hohe Qualifikation der Beschäftigten erforderlich (Petersen, 2005, S. 124).

### ► Literatur



## **Baustellenmontage**

Die Baustellenmontage kann als Abänderung der Einzelplatzmontage für größere Montageobjekte verstanden werden. Das ortsfeste Montageobjekt wird von zumeist mehreren Beschäftigten in einem Arbeitsbereich vollständig montiert. Das Vorgehen ist dabei mit einer Baustelle vergleichbar. Alle Bauteile und Hilfsmittel werden am Arbeitsplatz bereitgehalten und von einem festen Team verarbeitet. Die Montageobjekte, für die diese Montageform in Frage kommt, zeichnet häufig aus, dass sie aufgrund ihrer Größe oder des Gewichtes nur schwer bewegt werden können, weshalb ihr Standort den Montageort vorgibt.

Die Arbeitspersonen begleiten die Montage des Objektes auf der Baustelle somit von Beginn bis zu seiner Fertigstellung und es findet zwischen unterschiedlichen Baustellen kein Austausch von Arbeitspersonen, Materialien oder Montageobjekten statt (Potente, 2014, S. 23). Damit sind sowohl das Montageobjekt als auch die Arbeitsplätze unbewegt und unabhängig voneinander, wodurch nach dem Fertigstellen eines Montageschrittes direkt mit der nächsten Tätigkeit begonnen werden kann. Im Gegensatz zur Einzelplatzmontage können die notwendigen Tätigkeiten auf mehrere Arbeitspersonen verteilt werden. Daher ist die parallele Ausführung von verschiedenen Arbeitsinhalten, welche sich gegenseitig nicht behindern, möglich (Warnecke, 1995, S. 49). Die einzelnen Montagevorgänge werden zeitlich jedoch nicht aufeinander abgestimmt (Eversheim et al., 1981, S. 15).

Das große Volumen der Montageobjekte erfordert häufig einen hohen Platzbedarf, da das zu montierende Objekt von allen Seiten aus zugänglich sein muss (Brecher & Schapp, 2009, S. 21). Des Weiteren existieren keine festgelegte Reihenfolge bei der Durchführung der Montagetätigkeiten und keine einzuhaltende Taktzeit, weshalb die Arbeitspersonen große Handlungs- und Dispositionsspielräume besitzen (Warnecke, 1995, S. 49). Hierfür wird jedoch auch ein hohes Qualifikationsniveau vorausgesetzt (Eversheim et al., 1981, S. 22). Bei der Baustellenmontage besteht ein erhöhter Investitionsaufwand für Betriebsmittel, weil die Aufgabeninhalte an den einzelnen Arbeitsplätzen vielfältig sind und alle Montagestationen mit den erforderlichen Werkzeugen und Vorrichtungen ausgestattet sein müssen, um keine Koordination zwischen den Baustellen notwendig zu machen (Eversheim et al., 1981, S. 22). Insgesamt bewegt sich der Investitionsaufwand jedoch verglichen mit anderen Organisationsformen in einem geringeren Bereich (Eversheim et al., 1981, S. 20). Vorteilhaft ist der geringe Planungs- und Steuerungsaufwand, da sich weder Montageobjekte noch Arbeitsplätze während der Montage bewegen (Wildemann, 2010, S. 240).

### ► Literatur

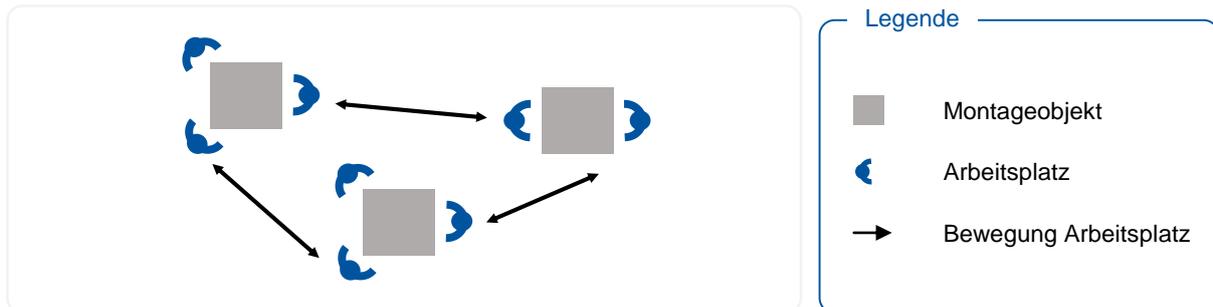




## Gruppenmontage

In der Gruppenmontage werden ähnlich der Einzelplatzmontage Montageoperationen an einem ortsgebundenen respektive stationären Montageobjekt durchgeführt (Wildemann, 2010, S. 240). Der Unterschied besteht in der Mobilität der Arbeitsplätze der Arbeitspersonen. Diese wechseln zwischen den Montageobjekten und erledigen dort ihre definierten Arbeitsinhalte (Brecher & Schapp, 2009, S. 21; Wildemann, 2010, S. 240).

Für den Bewegungsablauf wird zwischen zwei Alternativen differenziert. Einerseits können bei gleichen Arbeitsumfängen an den Montageobjekten die Arbeitsplätze nach einer festgelegten Taktzeit gewechselt werden, wobei es sich um einen gerichteten, periodischen Bewegungsablauf handelt (Wildemann, 2010, S. 240). Andererseits werden bei unterschiedlichen Arbeitsumfängen an den Objekten aperiodische Wechsel der Arbeitsplätze notwendig, die folglich eine ungerichtete Bewegung darstellen, weil die Arbeitspersonen ihre Tätigkeiten an den stationären Montageobjekten in unterschiedlicher Reihenfolge vollbringen (Eversheim, 1989, S. 175; Wildemann, 2010, S. 240). Die Bewegungscharakteristik der Gruppenmontage stellt Abbildung 4 dar.



**Abbildung 4: Bewegungscharakteristik Gruppenmontage (in Anlehnung an Eversheim, 1989, S. 176)**

Angewendet wird die Gruppenmontage häufig in der Einzel- und Kleinserienfertigung, jedoch zumeist bei Montageobjekten, welche sich nur mit hohem Aufwand bewegen lassen wie bspw. im Werkzeugmaschinenbau (Petersen, 2005, S. 117; Schimke, 1991, S. 18; Wildemann, 2010, S. 240).

Gegenüber der Baustellenmontage werden die anfallenden Montageoperationen auf die Arbeitsgruppen aufgeteilt. Es sind somit Montagegruppen mit fachlich unterschiedlicher Qualifikation realisierbar. Die Arbeitspersonen müssen nur für die anfallenden Tätigkeiten speziell geschult und nicht für mehrere unterschiedliche Arbeitsinhalte ausgebildet werden.

Als vorteilhaft erweist sich bei dieser Organisationsform genauso wie bei der Baustellenmontage die Flexibilität bezüglich Personalveränderungen, da nach Bedarf weitere Arbeitspersonen und Betriebsmittel hinzugezogen werden können (Pröpster, 2015, S. 9; Warnecke, 1995, S. 51). Darüber hinaus zeichnet sich die Gruppenmontage durch eine gewisse Flexibilität bezüglich der Typen- und Variantenvielfalt aus, da Arbeitsinhalte leicht ergänzt oder verändert und dementsprechend an das zu montierende Produkt angepasst werden können (Warnecke, 1995, S. 51).

Daraus ergibt sich jedoch auch ein erhöhter Steuerungs- und Planungsaufwand (Brecher & Schapp, 2009, S. 21; Petersen, 2005, S. 117). Von Nachteil ist das Mitführen der Betriebsmittel durch die Arbeitsperson beim Arbeitsplatzwechsel bzw. das mehrfache Vorhandensein eines Betriebsmittels, wenn dieses dem Montageobjekt fest zugeordnet ist. Ebenso gestaltet sich analog zur Baustellenmontage die Materialbereitstellung für die unterschiedlichen Tätigkeiten an den Montageplätzen als aufwändig. (Warnecke, 1995, S. 51).

## ► Literatur

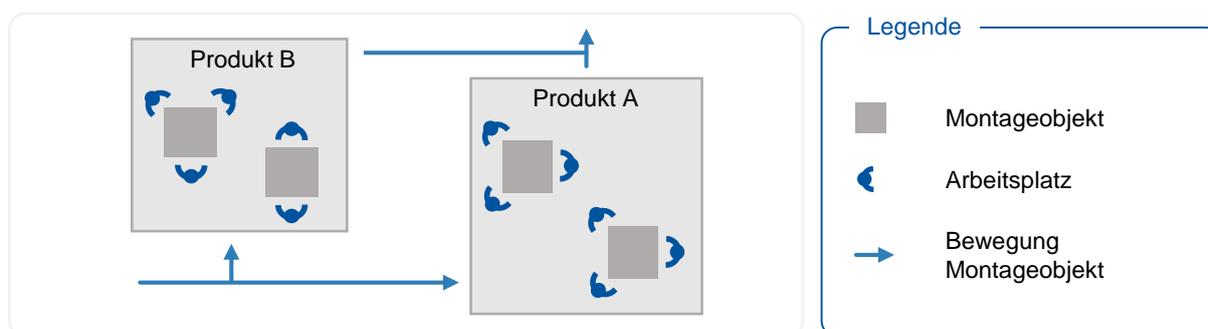


## Inselmontage

Bei der Inselmontage werden Montagebereiche inklusive ihrer Betriebsmittel und Materialien in einen Montagebereich zusammengefasst, in denen ähnliche Produkte bzw. Produktfamilien möglichst vollständig montiert werden (Wiendahl, 2014, S. 45; Wildemann, 2010, S. 249). Die Inselmontage bzw. die Montageinsel ist an das Konzept der Fertigungsinsel angelehnt, wo in einem räumlich begrenzten Bereich Montagestationen inklusive der Betriebsmittel zusammengeführt und die Verantwortung für die Montage eines Produktes an die darin arbeitenden Arbeitspersonen übertragen wird (Landau et al., 2001, S. 32; Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106; Schlick et al., 2018, S. 668; Wiendahl, 2014, S. 45). Damit handelt es sich um ein objektorientiertes Fertigungsprinzip (Hartweg, 2000, S. 40).

Die Bewegung des Montageobjektes ist dabei wie folgt organisiert: Das Montageobjekt wird zur Montageinsel angeliefert und durchläuft innerhalb der Insel die Montagestationen, an denen für das jeweilige Objekt notwendige Montageoperationen durchgeführt werden (Wiendahl, 2014, S. 45 f.). Nach abgeschlossener Bearbeitung an einer Station wird das Montageobjekt sofort zur nächsten Montagestation weitergeleitet. Sind alle Montagetätigkeiten innerhalb der Montageinsel abgeschlossen, verlässt das Montageobjekt diese als fertiges Produkt oder wird zur weiteren Montage zur nächsten Montageinsel transportiert (Wiendahl, 2014, S. 45 f.). Folglich handelt es sich um eine aperiodische Bewegung.

Ein Informationsaustausch zwischen den Beschäftigten verschiedener Montageinseln findet häufig nur durch geplante Meetings der Verantwortlichen statt, wodurch u. a. die Gefahr besteht, bestimmte Informationen zu spät oder gar nicht zwischen den Inseln auszutauschen (Wildemann, 2010, S. 249). Demnach handelt es sich bei dieser Organisationsform um stationäre Arbeitsplätze, die den nach Produktvarianten unterschiedenen Montageinseln zugeordnet sind. Die Bewegungscharakteristik wird in Abbildung 5 deutlich.



**Abbildung 5: Bewegungscharakteristik der Inselmontage (in Anlehnung an Wiendahl, 2014, S. 46)**

Aus der Übertragung der Verantwortung für die Komplettierung eines Produktes an die Beschäftigten innerhalb der Montageinsel ergeben sich große Handlungs- und Dispositionsspielräume für die Arbeitspersonen (Richter, 2006, S. 104). In der Montageinsel gehören für Gruppenarbeit charakteristische Eigenschaften wie z. B. Kooperation, Autonomie und Kontrollfunktionen zum Tätigkeitsbereich der dort arbeitenden Arbeitspersonen (Enríquez Díaz, 2012, S. 28). Charakteristisch für die Inselmontage ist damit ein hoher Autonomiegrad der Montageteams bezüglich Planungs- und Steuerungsentscheidungen (Landau, 2007, S. 343). Daher sind höhere Qualifikationen seitens der Arbeitspersonen erforderlich (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 107). Der Qualifikationsbedarf kann jedoch lange Einarbeitungszeiten für die Beschäftigten bedingen (Richter, 2006, S. 104). Aus schnellen Absprachen innerhalb der Montageinsel resultieren wesentlich kürzere Durchlaufzeiten, vor allem im Vergleich zur Werkstattmontage (Schlick et al., 2018, S. 668; Wiendahl, 2014, S. 45). Zudem führt der hohe Autonomiegrad zu kürzeren Reaktionszeiten aufgrund der schnellen Abstimmungsprozesse innerhalb der Insel und zu einer höheren Flexibilität bezüglich des montierbaren Produktspektrums (Richter, 2006, S. 104; Schlick et al., 2018, S. 668). Daher eignet sich die Inselmontage vor allem für kleine und mittlere Stückzahlen (Richter, 2006, S. 104).

Wie jedoch schon bei den Eigenschaften der Gruppenmontage beschrieben, führt die Anschaffung mehrerer gleichartiger Betriebsmittel zu hohen Investitionskosten und wirkt sich deshalb nachteilig auch auf die Wahl für diese spezielle Organisationsform aus (Schlick et al., 2018, S. 668). Ein weiterer Nachteil besteht in dem höheren Koordinationsaufwand zur Planung der Arbeitsabläufe innerhalb der Montageinsel durch die Beschäftigten und zur Steuerung des Bewegungsflusses der Montageobjekte beim Verlassen der Montageinsel (Richter, 2006, S. 104).

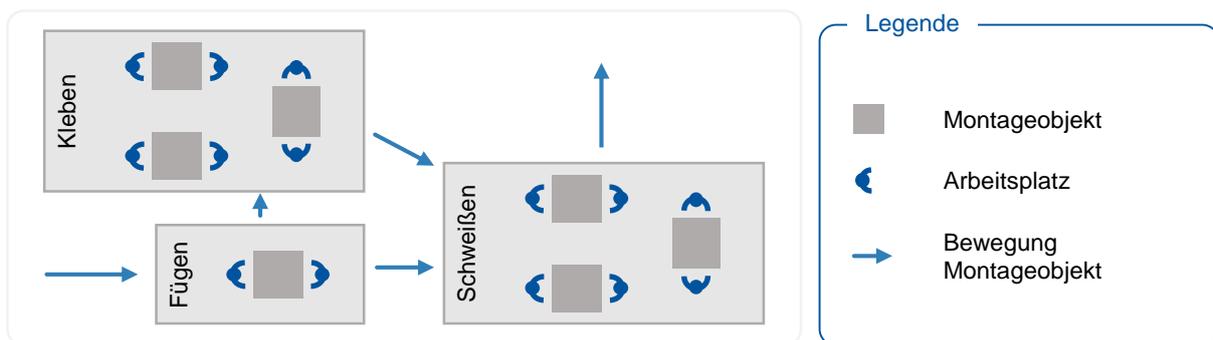
## ► Literatur



## Werkstattmontage

Im Gegensatz zur Inselmontage werden bei der Werkstattmontage die Montagestationen nicht nach den Produktfamilien zusammengefasst, sondern nach dem Verrichtungsprinzip. Montagestationen, welche die gleichen Operationen für mehrere unterschiedliche Produkte durchführen, bilden einen räumlichen Verbund bzw. eine sogenannte „Werkstatt“ (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106). Beispielsweise erfolgt eine räumliche Trennung von Niet-, Schweiß- oder Klebvorgängen (Petersen, 2005, S. 113).

Es findet kein Wechsel der nach Verrichtungen geordneten Arbeitsplätze statt, weshalb es sich nach der Einordnung bezüglich der Bewegungscharakteristik um stationäre Arbeitsplätze handelt (Petersen, 2005, S. 113). Nach Erledigung aller durchzuführenden Montageaufgaben in einer Werkstatt wird das Montageobjekt in die nächste Werkstatt weitertransportiert (Warnecke, 1995, S. 45). Dabei ist die Abfolge, wann das Montageobjekt zu welcher Werkstatt transportiert werden soll, nicht vorgegeben, weshalb es sich um eine ungerichtete Bewegung handelt (Eversheim, 2002, S. 105). Es ist möglich, dass aufgrund einer bestimmten Montagereihenfolge das Montageobjekt wiederholt eine zuvor bereits besuchte Werkstatt ansteuern muss (Schlick et al., 2018, S. 665). Die Bewegungscharakteristik der Werkstattmontage ist in Abbildung 6 dargestellt.



**Abbildung 6: Bewegungscharakteristik der Werkstattmontage (in Anlehnung an Petersen, 2005, S. 113)**

Vorzugsweise findet die Werkstattmontage in der Einmal- bis Kleinserienmontage ihre Anwendung (Petersen, 2005, S. 114; Warnecke, 1995, S. 52). Durch die verrichtungsorientierte Aufteilung und Anordnung der Montagestationen ist nur eine verfahrensausgerichtete Qualifikation der Beschäftigten notwendig (Warnecke, 1995, S. 52). Die Werkstattmontage gestaltet sich bei der Veränderung von einzelnen Arbeitsplätzen oder Produktveränderungen als flexibel, da die Werkstätten und die Montagestationen innerhalb dieser Werkstätten nicht starr miteinander verkettet sind. Somit ist ein variantenreiches Produktionsprogramm durch diese Organisationsform realisierbar (Petersen, 2005, S. 114; Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106; Warnecke, 1995, S. 52).

Die Werkstätten sind unabhängig von der Montage- bzw. Fügereihenfolge angeordnet, woraus sich bei verschiedenen Varianten unterschiedliche Materialflüsse ergeben. Infolgedessen entstehen u. a. lange Durchlaufzeiten (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106; Schlick et al., 2018, S. 665). Darüber hinaus gestaltet sich die Steuerung der Montage als aufwändig (Nedeß, 1997, S. 201; Petersen, 2005, S. 114). Ein weiterer negativer Aspekt sind die langen, uneinheitlichen Transportwege der Montageobjekte, welche aus der Abhängigkeit des Weges vom Standort der Werkstätten bzw. Montagestationen resultieren (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106; Warnecke, 1995, S. 53). Zudem ist durch die Anordnung der Montagestationen in Werkstätten ein großer Raumbedarf und wie bei der Gruppenmontage auch die mehrfache Bereitstellung von Betriebsmitteln für gleichartige Montagestationen erforderlich (Warnecke, 1995, S. 53). Ebenso bedingen die langen, uneinheitlichen Transportwege hohe Förderkosten (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 106). Insgesamt sind hohe Investitionskosten bei der Auswahl dieser Organisationsform zu erwarten (Warnecke, 1995, S. 53).

## ► Literatur

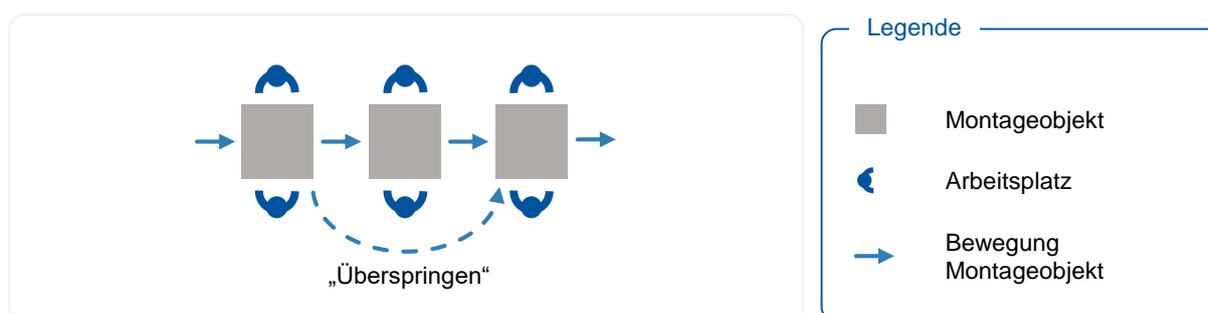


## Reihenmontage

Die Reihenmontage arbeitet nach dem Fließprinzip, bei dem die Montagestationen aufgabenausgerichtet bzw. gemäß der Arbeitsvorgangfolge geordnet sind (Wildemann, 2010, S. 241). Die Stationen sind folglich in einer für alle Montageobjekte übereinstimmenden technologischen Prozessrichtung hintereinander aufgebaut (Petersen, 2005, S. 117). Bei der Bewegung der Montageobjekte handelt es sich daher um eine gerichtete Bewegung (Wildemann, 2010, S. 241). Dabei werden die instationären Montageobjekte an den stationären Arbeitsplätzen vorbeigeführt (Schimke, 1991, S. 17). Der gesamte Arbeitsumfang, welcher sich von Station zu Station unterscheiden kann, wird auf die festgelegten Arbeitsplätze aufgeteilt. Somit ist eine Taktung des Montageablaufs bei dieser Organisationsform ausgeschlossen (Schuh & Schmidt, 2006, S. 133).

Daraus lässt sich ableiten, dass sich das Montageobjekt aperiodisch von Station zu Station bewegt. Zwar sind die Arbeitsvorgänge in der Reihenmontage nicht taktgebunden, aber sie sind wegen der aufgabenausgerichteten Anordnung der Montagestationen in geringem Maße zeitlich voneinander abhängig (Wildemann, 2010, S. 241). Bevor das Montageobjekt an der nächsten Montagestation weiterbearbeitet werden kann, muss diese die Montageprozesse am vorherigen Objekt abgeschlossen haben. Durch das Zwischenschalten von sogenannten Puffern kann die zeitliche Abhängigkeit reduziert werden (Wildemann, 2010, S. 241). Puffer dienen als Speicher für die Montageobjekte zwischen den Stationen und entkoppeln diese zeitlich voneinander, sodass in der vorgelagerten Station weiter montiert werden kann, auch wenn in der nachfolgenden Station die Montageprozesse noch nicht beendet wurden (Wildemann, 2010, S. 241).

Eine Besonderheit der Reihenmontage gegenüber anderen Organisationsformen nach dem Fließprinzip stellt das Überspringen einzelner Montagestationen dar (Pröpster, 2015, S. 9). Das Überspringen einzelner Montagestationen findet statt, wenn bspw. mehrere Varianten mithilfe dieser Organisationsform produziert werden sollen und an bestimmten Stationen vorliegende Bauteile nicht montiert werden (Eversheim, 1989, S. 176; Schuh & Schmidt, 2006, S. 133). Zur Veranschaulichung der Bewegungscharakteristik dient Abbildung 7.



**Abbildung 7: Bewegungscharakteristik der Reihenmontage (in Anlehnung an Eversheim, 1989, S. 176)**

Die Reihenmontage wird häufig in der Klein- und Mittelserienmontage eingesetzt (Milberg & Reinhart, 1999, S. 28; Petersen, 2005, S. 118). Grundsätzlich wird durch den strukturierten Aufbau des Montagesystems eine hohe Auslastung kapitalintensiver Arbeitsplätze erreicht und eine schnelle Einarbeitung neuer Beschäftigter durch die Aufteilung der Arbeitsinhalte begünstigt (Schimke, 1991, S. 18; Warnecke, 1995, S. 53). Dementsprechend wird auch ein geringeres Qualifikationsniveau der Arbeitspersonen gefordert (Petersen, 2005, S. 118). Ein weiterer, positiver Aspekt ist die vergleichsweise einfache Steuerung der Montage durch die ablaufgerechte Anordnung der Montagestationen und der üblicherweise vor Produktionsbeginn abgestimmten Kapazitäten (Pfäfflin & Rehberg, 2008, S. 107). Durch die Möglichkeit, einzelne Montageschritte zu überspringen und so mehrere Varianten auf einer Montagelinie zu produzieren, besitzt die Reihenmontage eine höhere Variantenflexibilität als die Taktstraßen- und Fließmontage (Wildemann, 2010, S. 241).

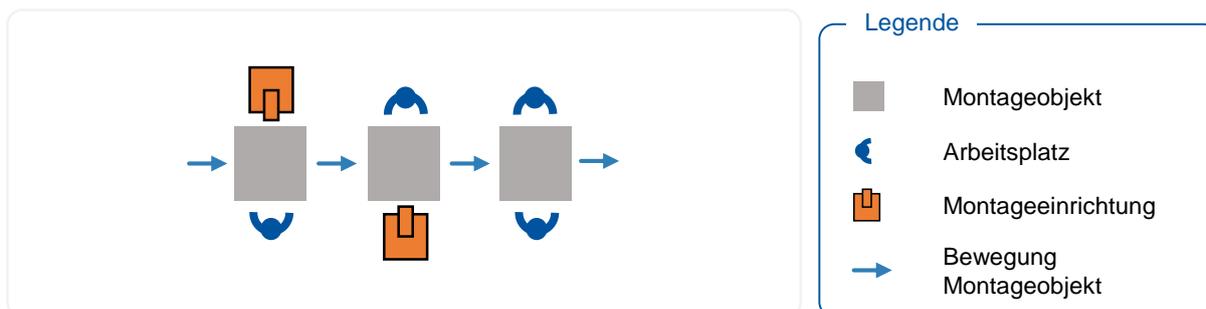
Die Variantenflexibilität ist jedoch auf die Montage einer Produktfamilie mit ähnlichen Montageabläufen und -teilen beschränkt (Petersen, 2005, S. 118). Wegen der technologisch bedingten Montagereihenfolge werden die Transportwege und -zeiten reduziert und somit auch die Durchlaufzeit gegenüber der Gruppenmontage verringert (Wildemann, 2010, S. 241). Beim Einsatz von Puffern in der Reihenmontage haben einerseits kurzzeitige Störungen keinen Einfluss auf das Gesamtsystem. Andererseits bewirkt die Installation von Puffern zur zeitlichen Entkopplung einen hohen Investitionsaufwand (Warnecke, 1995, S. 53). Des Weiteren wird für die Installation von Puffern eine größere Fläche benötigt (Warnecke, 1995, S. 53).

## ► Literatur



## Taktstraßenmontage

Die Taktstraßenmontage oder auch getaktete Fließmontage arbeitet nach dem Fließprinzip mit einem bewegten Montageobjekt, das von Station zu Station an den stationären Arbeitsplätzen vorbeigeführt wird (Eversheim, 1989, S. 175). Wie auch bei der Reihenmontage erfolgt die Anordnung der Montagestationen hierbei nach der technologisch bedingten Montagereihenfolge (Eversheim, 1989, S. 178 f.). Das Montageobjekt vollzieht eine gerichtete Bewegung, wobei für die Taktstraße die Einhaltung einer zuvor definierten Taktvorgabe charakteristisch ist (Wildemann, 2010, S. 241). Dazu erfolgt die Verteilung der Arbeitsumfänge auf die Stationen und Arbeitsplätze so, dass die benötigte Zeit für die Montageprozesse in den Stationen ungefähr gleich ist (Wildemann, 2010, S. 241). Dabei bestimmt der längste Montageprozess den Takt (Milberg & Reinhart, 1999, S. 28). Folglich bewegt sich das Montageobjekt immer im gleichen Takt, also periodisch, von einer Montagestation zur nächsten. Puffer sind in der Taktstraßenmontage wenig bis gar nicht vorzufinden (Potente, 2014, S. 24; Prasch, 2010, S. 70; Pröpster, 2015, S. 10). Die Bewegungscharakteristik der Taktstraßenmontage verdeutlicht Abbildung 8.



**Abbildung 8: Bewegungscharakteristik der Taktstraßenmontage (in Anlehnung an Eversheim, 1989, S. 176)**

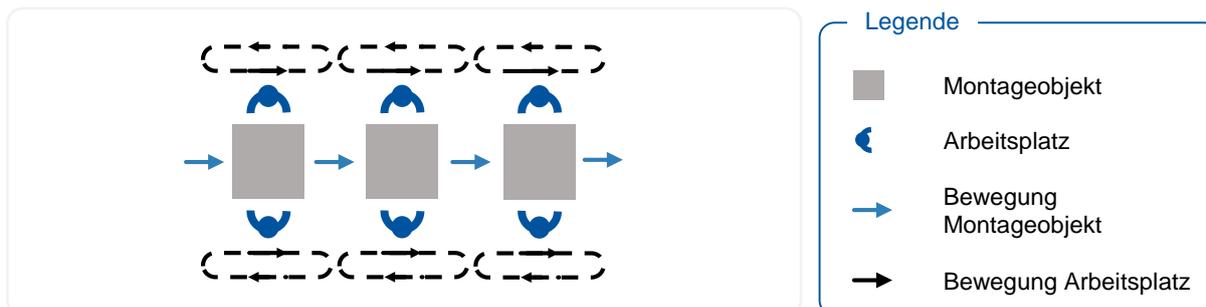
Durch die Taktstraßenmontage als Organisationsform ist die kostengünstige Montage für die Serien- und Massenfertigung möglich (Schlick et al., 2018, S. 666). Dabei können sowohl einfache als auch komplexe Produkte mit entsprechend angepassten Montagestationen montiert werden, wobei die Investitionskosten mit der Komplexität und Größe der zu realisierenden Produkte steigen (Petersen, 2005, S. 121). Wegen der starken Arbeitsteilung ist das notwendige Qualifikationsniveau häufig auf einem eher geringen Niveau (Petersen & Nebl, 2007, S. 469). Dabei können einzelne Tätigkeiten mit höheren Qualifikationsanforderungen Fachpersonal vorbehalten sein. Insbesondere die kurzzyklischen Tätigkeiten führen zu Monotonie und einseitiger körperlicher Belastung sowie infolge des Zeitdrucks zu psychischer Belastung (Prasch, 2010, S. 70 f.). Dafür sind jedoch nur geringe Einarbeitungszeiten für die zu verrichtenden Montageschritte notwendig (Warnecke, 1995, S. 54). Aufgrund der Bestimmung einer Taktzeit und der erforderlichen Synchronisierung der Montagestationen entsteht bei der Einführung dieser Organisationsform ein hoher Planungsaufwand (Brecher & Schapp, 2009, S. 21; Milberg & Reinhart, 1999, S. 28). Dadurch lässt sich die Montage der Produkte jedoch nach einer Anlaufphase leicht steuern. Die strikte zeitliche Bindung der Arbeitsinhalte zwischen den Stationen erschwert die Montage verschiedener Varianten (Pröpster, 2015, S. 10). Vor allem der Zeitdruck bei einer kurzen Taktzeit lässt personenabhängige Leistungsunterschiede nicht zu (Prasch, 2010, S. 70). Bei der Taktstraßenmontage kann im Vergleich zu anderen Montageorganisationsformen nicht so schnell auf Stückzahlschwankungen, Produktveränderungen sowie Personalveränderungen reagiert werden (Warnecke, 1995, S. 57). Für die zu montierenden Varianten müssen die entsprechenden Montagestationen in der Montagelinie vorhanden sein. Außerdem übertragen sich auftretende Störungen in einzelnen Stationen wegen der zeitlichen Verkettung schnell auf das gesamte Montagesystem (Warnecke, 1995, S. 57). Dahingehend kann also von einer geringen montagetechnischen Flexibilität gesprochen werden (Wildemann, 2010, S. 241).

### ► Literatur



### Kombinierte Fließmontage

Die kombinierte Fließmontage charakterisiert ein kontinuierlich bzw. periodisch bewegtes Montageobjekt, welches von einer Arbeitsperson über einen festgelegten (Förder-)Bandabschnitt oder über mehrere Arbeitsplätze hinweg begleitet wird. Dazu werden sowohl die Arbeitsperson als auch das Montageobjekt von einer Fördereinrichtung transportiert (Prasch, 2010, S. 69). Wie auch bei der Reihen- und Taktstraßenmontage erfolgt die Anordnung der Montagestationen in der kombinierten Fließmontage nach der technologisch Montagereihenfolge (Petersen, 2005, S. 123). Nachdem eine Arbeitsperson ihre Aufgaben ausgeführt und sich mit dem Montageobjekt mitbewegt hat, bewegt diese sich wieder zum Ausgangspunkt zurück. Das Zeitintervall, das benötigt wird, um das Montageobjekt vom Stationsanfang bis zum -ende zu fördern, wird auch Takt- oder Zykluszeit genannt (Schlick et al., 2018, S. 666). Es kommt im Praxisbetrieb auch vor, dass die Zeit für die anfallenden Montagetätigkeiten die Zykluszeit übersteigt und somit ein Überhang entsteht (Schlick et al., 2018, S. 666). Dies ist bspw. bei der Montage einer anderen Produktvariante mit einem größeren Montageumfang der Fall. Abbildung 9 stellt die beschriebene Bewegungscharakteristik dar.



**Abbildung 9: Bewegungscharakteristik der kombinierten Fließmontage (in Anlehnung an Eversheim, 1989, S. 176)**

Wegen der erforderlichen Fördereinrichtungen zur Verknüpfung der Montagestationen inklusive Montageobjekten und Arbeitsplätzen entstehen bei der Umsetzung einer kombinierten Fließmontage hohe Investitionskosten (Eversheim, 1989, S. 178). Die Zeit, welche das zu montierende Objekt in einer Montagestation verbringt, liegt häufig im Minutenbereich. Da sich mit der kombinierten Fließmontage geringe Durchlaufzeiten realisieren lassen, wird diese Organisationsform häufig in der Serien- und Massenproduktion eingesetzt (Brecher & Schapp, 2009, S. 21). Dabei kann ein Produktspektrum mittlerer bis hoher Komplexität abgedeckt werden (Petersen, 2005, S. 123). In der Regel handelt es sich bei der kombinierten Fließmontage um Montageobjekte mit einem größeren Volumen (Petersen, 2005, S. 123). Durch die Möglichkeit, Überhänge zuzulassen und so überlappende Arbeitsräume zu erhalten, entsteht ein gewisses Maß an Flexibilität, da die Beschäftigten sich kurzfristig Aushelfen oder Produkte mit größeren Arbeitsumfängen ebenfalls auf der gleichen Montagelinie montiert werden können (Petersen, 2005, S. 123). Daneben kann bei Stückzahlenschwankungen durch die Regulierung der Geschwindigkeit der Fördermittel kurzfristig entgegengesteuert werden (Petersen, 2005, S. 123). Dennoch sind die Variantenflexibilität und das Reaktionsvermögen auf Kapazitätsschwankungen bei der kombinierten Fließmontage stark eingeschränkt (Petersen, 2005, S. 123; Petersen & Nebl, 2007, S. 469).

Hinsichtlich der Rückwege der Beschäftigten zum Ausgangspunkt ihrer Montagetätigkeit summieren sich die Laufstrecken, die neben der Mitführung von Materialien bzw. Betriebsmitteln die physischen Belastungen der Arbeitspersonen steigern (Prasch, 2010, S. 70). Der Einsatz von Hilfsmitteln für die Montage wird durch die gegenseitige Behinderung von Arbeitspersonen mit sich kreuzenden Laufwegen eingeschränkt (Prasch, 2010, S. 70). Für die Tätigkeiten in der kombinierten Fließmontage ist aufgrund der höheren Arbeitsteilung nur eine geringe Qualifikation erforderlich (Petersen, 2005, S. 123). Durch die feste Struktur dieser Montageorganisationsform ist die Steuerung des Montagesystems analog zur Taktstraßenmontage leicht umzusetzen (Petersen, 2005, S. 123).

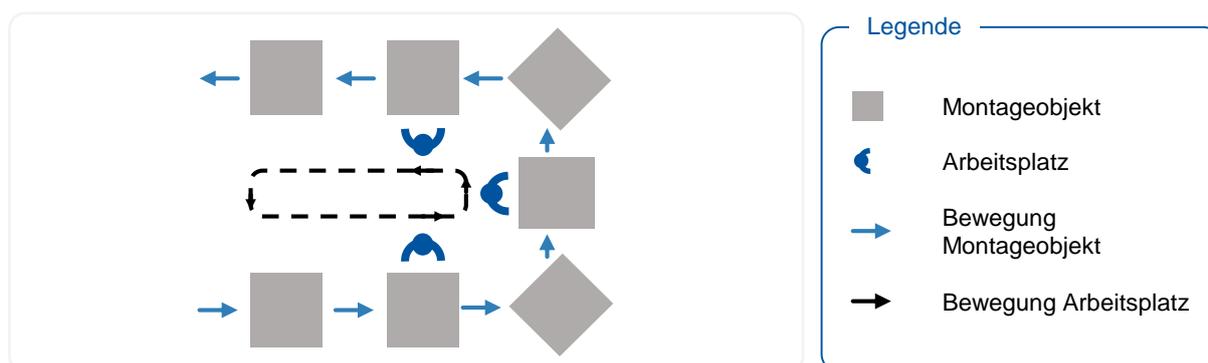
#### ► Literatur

## One-Piece-Flow

One-Piece-Flow-Systeme arbeiten nach dem Fließprinzip, jedoch handelt es sich wie bei der Einzelplatzmontage um eine einzelne Arbeitskraft, die die erforderlichen Arbeitsschritte an einem Montageobjekt verrichtet. Der große Unterschied zu anderen Organisationsformen besteht in dieser Form in der Bewegungscharakteristik. Im Gegensatz zur Einzelplatzmontage bewegen sich sowohl die Arbeitsperson als auch das Montageobjekt entlang der zugehörigen Montagestationen, an denen die für die jeweilige Montageoperation erforderlichen Betriebsmittel und Materialien bereitgestellt werden (Lotter, 2012a, S. 153; Feldmann et al., 2014, S. 499; Latos et al., 2018, S. 91).

Während der Durchführung der Montageoperationen ruht das Montageobjekt und bewegt sich anschließend mit der Arbeitsperson zu der nächsten Montagestation (Lotter, 2012a, S. 153 f.). Folglich handelt es sich hierbei um einen periodischen Bewegungsablauf. Auch hier sind die Montagestationen nach der technologisch bedingten Montagereihenfolge angeordnet und das Montageobjekt bewegt sich im Sinne eines fest vorgegebenen und somit gerichteten Bewegungsablaufes von Station zu Station (Latos et al., 2018, S. 91).

Das One-Piece-Flow-System arbeitet nach dem Prinzip der stückweisen Montage, weil zuerst ein Montageobjekt von einer Arbeitsperson schrittweise zusammengebaut und das nächste erst montiert wird, wenn alle Montageoperationen an dem vorherigen Objekt ausgeführt wurden (Lotter, 2012a, S. 113; Feldmann et al., 2014, S. 494). Vorwiegend werden die zu durchlaufenden Stationen so angeordnet, dass Start- und Endpunkt eines solchen Systems räumlich nicht weit voneinander entfernt liegen, sodass die Organisationsform meist in einer u-, kreis- oder tropfenförmigen Anordnung aufgebaut ist (Arzet, 2005, S. 12). Dabei können mehrere Beschäftigte arbeitsteilig in dem gleichen One-Piece-Flow-System eingesetzt werden, je nachdem wie viele Stationen in diesem System existieren und wieviel Platz die zugehörige Fläche bietet (Arzet, 2005, S. 12). Ebenso können mehrere solcher Systeme bspw. für die Vormontage oder Prüfungen im Unternehmen eingesetzt und mit den anderen Montagestrukturen gekoppelt werden (Arzet, 2005, S. 12). Die beschriebene Bewegungscharakteristik zeigt Abbildung 10.



**Abbildung 10: Bewegungscharakteristik des One-Piece-Flow (in Anlehnung an Lotter, 2012b, S. 134)**

Wegen der Möglichkeit zur manuellen Durchführung der Montageschritte können auch komplexe Produkte hergestellt werden (Wiendahl, 2014, S. 53). Zudem können diese aufgrund der flexiblen Ausbringungsmenge des One-Piece-Flow-Systems sowohl einmalig als auch in hohen Stückzahlen in der Massenproduktion wirtschaftlich gefertigt werden (Wiendahl, 2014, S. 53). Grundsätzlich wird diese Organisationsform zur Montage großer Produkte eingesetzt, jedoch eignet sie sich auch für Montageobjekte mittlerer Größe (Grundfläche von 150 mm x 300 mm bis ca. 300 mm x 600 mm) (Lotter & Wiendahl, 2012, S. 487).

Gegenüber anderen Montageorganisationsformen lassen sich Platzeinsparungen erzielen, da durch die Begleitung des Montageobjektes bis zu seiner Fertigstellung durch die Arbeitsperson wenige bis gar keine Puffer bzw. Lagerplätze erforderlich sind (Teufel, 2009, S. 688 f.; Wildemann, 2010, S. 250). Besonders hervorzuheben ist, dass beim One-Piece-Flow in der Losgröße eins produziert wird und das System somit flexibel auf Produktveränderungen reagieren kann (Wildemann, 2010, S. 250). Daneben ergeben sich wegen der kurzen Transportwege verringerte Durchlaufzeiten (Wildemann, 2010, S. 250). Andererseits ist aufgrund der Losgröße und der begrenzten Fläche für den Einsatz mehrerer Beschäftigter die Produktivität begrenzt, weshalb es für das Unternehmen bei dieser Organisationsform schwierig ist, hohe Nachfragen zu bedienen (Wildemann, 2010, S. 250). Dennoch kann in einem gewissen Bereich die Ausbringungsmenge flexibel anhand der Anzahl der eingesetzten Arbeitspersonen angepasst werden (Schlick et al., 2018, S. 669).

Durch die Begleitung des Montageobjektes über mehrere Stationen oder sogar bis zur Fertigstellung des Produktes übernehmen die Arbeitspersonen Produktverantwortung und sind dadurch und wegen der Verrichtung mehrerer unterschiedlicher Tätigkeiten motivierter (Arzet, 2005, S. 15; Wildemann, 2010, S. 250). Dafür ist jedoch auch die entsprechende fachliche Qualifikation mithilfe von Schulungen oder umfassenden Trainings notwendig, um der hohen Verantwortung gerecht zu werden (Arzet, 2005, S. 15; Lotter, 2012a, S. 154; Schlick et al., 2018, S. 669; Wildemann, 2010, S. 250). Die Investitionskosten sind gegenüber der Einzelplatzmontage höher, jedoch bewegen

sich diese verglichen mit anderen Montageorganisationsformen nach wie vor auf einem niedrigen Niveau (Feldmann et al., 2014, S. 502).

Von der Montageorganisationsform des One-Piece-Flows muss das Chaku-Chaku-Prinzip (jap. laden, laden) abgegrenzt werden. Beim Chaku-Chaku-Prinzip übernimmt die Arbeitsperson lediglich den Transport der Teile zwischen den Montagestationen (Enríquez Díaz, 2012, S. 20) und führt deshalb keine wertschöpfenden Montageoperationen mehr durch. Die Montage wird letztlich durch automatisierte Montageeinrichtungen ausgeführt (Enríquez Díaz, 2012, S. 20). Nachdem die Arbeitsperson das Bauteil aus einer greifgünstigen Position entnommen hat, legt sie es in die automatisierte Montageeinrichtung ein (Enríquez Díaz, 2012, S. 20). Anschließend wird der Arbeitsvorgang nach dem automatischen Start der Montageoperation durch die Montageeinrichtung an der nächsten Arbeits- bzw. Montagestation von der Arbeitsperson wiederholt (Enríquez Díaz, 2012, S. 20). Schließlich ist diese Organisationsform aufwändig hinsichtlich der Automatisierung und bezüglich der durch den Menschen auszuführenden Tätigkeiten für die Arbeitsperson sehr monoton und psychisch belastend (Schlick et al., 2018, S. 670).

#### ► Literatur

## Literatur:

- Arzet, H. (2005). *Grundlagen des One-piece-flow: Leitfaden zur Planung und Realisierung von mitarbeitergebundenen Produktionssystemen*. Rhombos Verlag.
- Brecher, C. & Schapp, L. (Hrsg.). (2009). *Montagetechnik und –organisation: Strategien und Trends* (Excellence in materials and production). Apprimus Verlag.
- Bullinger, H.-J. (Hrsg.). (1986). *Systematische Montageplanung: Handbuch für die Praxis*. Carl Hanser Verlag.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2016). *DIN EN ISO 6385, Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen*. Beuth Verlag. <https://dx.doi.org/10.31030/2429191>
- Enríquez Díaz, J. A. (2012). *Arbeitswissenschaftliche Evaluation ganzheitlicher Produktionssysteme für die Aggregatmontage in der Automobilindustrie* (Dissertation, RWTH Aachen University).
- Eversheim, W. (1989). *Organisation in der Produktionstechnik 4: Fertigung und Montage* (VDI-Buch, 2. Aufl.). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-61344-9>
- Eversheim, W. (2002). *Organisation in der Produktionstechnik 3. Arbeitsvorbereitung* (VDI-Buch, 4. Aufl.). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-56336-2>
- Eversheim, W., Witte, K.-W. & Pfeffekoven, K.-H. (1981). *Montage richtig planen: Methoden und Hilfsmittel zur rationellen Gestaltung der Montage in Unternehmen mit Einzel- und Serienfertigung* (Fortschrittsberichte VDI, Reihe: 2, Nr. 45). VDI-Verlag.
- Feldmann, K., Schöppner, V. & Spur, G. (2014). *Handbuch Fügen, Handhaben und Montieren*. München: Carl Hanser Verlag.
- Greschke, P. & Herrmann, C. (2014). Das Humanpotenzial einer taktunabhängigen Montage: Ein Konzept zur Vereinbarung gesteigerter Wirtschaftlichkeit mit besseren Arbeitsbedingungen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 109(10), 687–690. <https://doi.org/10.3139/104.111218>
- Hartmann, T. (2009). Just-In-Time mit System. In H.-J. Bullinger, D. Spath, H.-J. Warnecke & E. Westkämper (Hrsg.), *Handbuch Unternehmensorganisation: Strategien, Planung, Umsetzung* (S. 580–586). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-87595-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-540-87595-6_9)
- Hartweg, E. (2000). *Virtuelle Fertigungsinseln (VIRTFI): Methodik zur Gestaltung virtueller Fertigungsinseln*. Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V. der RWTH Aachen University. [https://data.fir.de/themen/20010228\\_virtfi\\_AiF12385N\\_20080717bibcd.pdf](https://data.fir.de/themen/20010228_virtfi_AiF12385N_20080717bibcd.pdf)
- KUKA (o. D.). *Matrix-Produktion: ein Beispiel für Industrie 4.0*. <https://www.kuka.com/de-de/branchen/loesungsdatenbank/2016/10/solution-systems-matrix-produktion>
- Landau, K. (Hrsg.) (2007). *Lexikon Arbeitsgestaltung: Best Practice im Arbeitsprozess* (1. Aufl.). Universum-Verlag.
- Landau, K., Wimmer, R., Luczak, H., Mainzer, J., Peters, H. & Winter, G. (2001). Anforderungen an Montagearbeitsplätze. In K. Landau & H. Luczak (Hrsg.), *Ergonomie und Organisation in der Montage* (S. 1–46). Carl Hanser Verlag.
- Latos, B. A., Holtkötter, C., Brinkjans, J., Kalantar, P., Przybysz, P. & Mütze-Niewöhner, S. (2018). Partizipatives und simulationsgestütztes Vorgehen zur Konzeption einer flexiblen und demografierobusten Montagelinie. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 72(1), 90–98.
- Latos, B. A., Heller, T., Duisberg, M., Steireif, N., Kruse, C., Nitsch, V., Mütze-Niewöhner, S. (2020). Auf dem Weg zu einem simulationsbasierten Planungssystem für die Montage im Kontext von Industrie 4.0. In GfA (Hrsg.), Bericht zum 66. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft „Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?“ (S. 1–6). GfA-Press. <https://dx.doi.org/10.18154/RWTH-2020-06705>
- Lotter, B. (2012a). Manuelle Montage von Großgeräten. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (VDI-Buch, 2. Aufl., S. 147–165). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9_6)
- Lotter, B. (2012b). Manuelle Montage von Kleingeräten. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (VDI-Buch, 2. Aufl., S. 109–146). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9_5)
- Lotter, B. & Wiendahl, H.-P. (2012). Zusammenfassung. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (VDI-Buch, 2. Aufl., S. 485–491). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29061-9_19)
- Milberg, J. & Reinhart, G. (1999). Produktionssystemplanung. In W. Eversheim & G. Schuh (Hrsg.), *Produktion und Management 3: Gestaltung von Produktionssystemen* (Hütte, S. 118–244). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-58399-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-58399-5_2)
- Mlekus, L., Ötting, S. K. & Maier, G. W. (2018). Psychologische Arbeitsgestaltung digitaler Arbeitswelten. In G. W. Maier, G. Engels & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (Springer Reference Psychologie, S. 1–25). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-52903-4\\_5-1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-52903-4_5-1)



- Nedeß, C. (1997). *Organisation des Produktionsprozesses*. Vieweg+Teubner Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-96364-2>
- Opetz, M. (2018). *Matrix-Produktion: Hyperflexible Fertigung von morgen?* Ferchau. <https://www.ferchau.com/de/de/blog/details/2018/05/02/hyperflexible-fertigung-von-morgen/>
- Patrick, R., Glenney, M. & Richardson, J. (2018). Bleib Mensch! *Think:Act*, 11(26), 1–83.
- Petersen, T. (2005). *Organisationsformen der Montage: Theoretische Grundlagen, Organisationsprinzipien und Gestaltungsansatz* (Dissertation, Universität Rostock).
- Petersen, T. & Nebl, T. (2007). Organisationsformen der Montage. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 102(7–8), 466–471. <https://doi.org/10.3139/104.101168>
- Pfäfflin, H. & Rehberg, F. (2008). Erfahrungsförderliche Arbeitsgestaltung. Montagetypen und Formen der Arbeitsorganisation. In W. Adami, C. Lang, S. Pfeiffer & F. Rehberg (Hrsg.), *Montage braucht Erfahrung: Erfahrungsbasierte Wissensarbeit in der Montage* (1. Aufl., S. 96–115). Rainer Hampp Verlag.
- Poll, D. (2016). *Das Ende des Fließbands: Produktion - Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie*. Produktion. <https://www.produktion.de/trends-innovationen/das-ende-des-fließbands-306.html>
- Potente, T. (2014). *Einfluss der Montagestruktur auf die Leistungsentwicklung manueller Montagesysteme* (Dissertation, RWTH Aachen University).
- Prasch, M. G. (2010). *Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage* (Dissertation, Technische Universität München).
- Pröpster, M. H. (2015). *Methodik zur kurzfristigen Austaktung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus* (Dissertation, Technische Universität München).
- Richter, M. (2006). Gestaltung der Montageorganisation. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (VDI-Buch, S. 95–125). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/3-540-36669-5\\_4](https://doi.org/10.1007/3-540-36669-5_4)
- Schimke, E.-F. (1991). *Montageplanung. Methoden - Fallbeispiele - Praxiserfahrung*. VDI-Verlag.
- Schlick, C. M., Bruder, R. & Luczak, H. (2018). *Arbeitswissenschaft* (4. Aufl.). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56037-2>
- Schuh, G. & Schmidt, C. (2006). Prozesse. In Schuh, G. (Hrsg.), *Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte* (VDI-Buch). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/3-540-33855-1\\_5](https://doi.org/10.1007/3-540-33855-1_5)
- Teufel, P. (2009). Der Prozess der ständigen Verbesserung (Kaizen) und dessen Einführung. In H.-J. Bullinger, D. Spath, H.-J. Warnecke & E. Westkämper (Hrsg.), *Handbuch Unternehmensorganisation: Strategien, Planung, Umsetzung* (S. 676–698). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-87595-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-540-87595-6_10)
- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie* (7. Aufl.). Schäffer-Poeschel Verlag.
- Warnecke, H.-J. (1995). *Der Produktionsbetrieb 2: Produktion, Produktionssicherung* (3. Aufl.). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79241-0>
- Wiendahl, H.-P. (2014). *Betriebsorganisation für Ingenieure* (8. Aufl.). Carl Hanser Verlag.
- Wildemann, H. (2010). *Neue Montagekonzepte. Realisierung von Produktordnungssystemen in der Kleinserienmontage komplexer Produkte bei kleinen und mittleren Unternehmen* (Forschungsbericht). Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre der technischen Universität München. <https://www.tcw.de/uploads/publication/overview/334.pdf>