

Hochschule Hamm-Lippstadt

Masterarbeit

Entwicklung eines Arbeitssystems zur Fertigung einer Kleinserie in der
Automobilindustrie mit abgestimmtem, internen Logistikkonzept

Autor:

Theresa Wunsch

Zur Erlangung des akademischen Grades Master of Engineering

Erstprüfer:

Prof. Dr. Diana Circhetta de Marrón Zweitprüfer:

Prof. Dr. Jörg Wenz

Betriebliche Betreuer:

Dr. Burkhard Leifhelm

B. Eng. Katharina Klassen

Studiengang:

Business and Systems Engineering

Abgabe der Arbeit: 14.08.2017

Inhalt

1. Einleitung	3
1.1. Das Produkt der Kleinserie	3
1.2. Zielsetzung	4
2. Stand der Forschung.....	5
2.1. Definition Kleinserie.....	5
2.2. Arbeitssystemgestaltung nach REFA	5
3. Lösungsansatz.....	7
3.1. Restriktionen einer Kleinserie	7
3.2. Projektmanagement	8
4. Ergebnisse & Kritische Würdigung.....	10
4.1. Version I – Interne Logistik	10
4.2. Version II – Linienlayout	10
4.3. Version III – Arbeitsstationen.....	11
4.4. Version IV – Montagezeiten	11
4.5. Version V – Arbeitssystemanalyse	12
4.6. Version VI – Arbeitsanweisungen.....	12
4.7. Version VII – Traceability Management.....	13
4.8. Version VIII – P-FMEA	13
5. Zusammenfassung & Ausblick.....	15
5.1. Zusammenfassung.....	15
5.2. Ausblick.....	16
6. Abkürzungsverzeichnis	17
7. Literaturverzeichnis	18

Anmerkung: Sämtliche personenbezogenen Bezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen.

1. Einleitung

Die zunehmende Individualisierung von Produkten in der Automobilbranche erfordert verstärkt die Produktion in Kleinserien. Während große Automarken über Mass Customization Individualität anbieten, sind es vor allem Premium-Sportwagenhersteller, die sich über individuelle Technik einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Diese Individualität kann in Kleinserien produziert werden. Ausgangssituation der vorliegenden Arbeit sind deshalb die Restriktionen einer Kleinserie und wie unter diesen das Arbeitssystem gestaltet werden muss.

1.1. Das Produkt der Kleinserie

Das Produkt der betrachteten Kleinserie ist ein aktives Aerodynamikprofil (AAP) eines Premium-Sportwagenherstellers (vgl. Abbildung 1). Das AAP wird am Unterboden des Autos angebracht und erzeugt einen Venturi-Effekt, wodurch der Wagen auf die Fahrbahn gepresst wird, sodass der Auftrieb der Vorderachse stark reduziert wird. Dieser Umstand erhöht die Agilität des Autos und garantiert Spurstabilität auch bei hohen

Geschwindigkeiten. Zudem verbessert das AAP den Luftwiderstandsbeiwert, ohne das Abtriebsniveau der Hinterachse zu beeinträchtigen. Das Gehäuse des AAP besteht aus Carbonfasern und ist von außen kaum sichtbar.



Abbildung 1 aktives Aerodynamikprofil (Ansicht unten) (Markus Jordan, 2016)

Entwickelt wurde das AAP in Zusammenarbeit zwischen der paragon AG und einem Premium-Sportwagenhersteller. Zunächst in einer Simulation getestet, bestätigten zahlreiche Versuchsfahrten die positiven Effekte des AAP. Zu Projektbeginn befindet sich die Produktion des AAP bei der paragon AG bereits in Serie. Das Arbeitssystem ist rudimentär aufgebaut und an die bestehende Logistik angebunden.

1.2. Zielsetzung

Neben den allgemeinen Ansprüchen an ein Arbeitssystem nach REFA, Funktionalität, Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, nutzergerechte Handhabung und Ökologie, ergeben sich folgende Zielsetzungen für das Unternehmen:

- 1) Definition des Montageprozesses in Arbeitsanweisungen
- 2) Produktionsleistung
- 3) Reduktion der Montagezeit
- 4) Personalbedarf
- 5) Effizientes Linienlayout
- 6) One-Piece-Flow-Lösung
- 7) Rückverfolgbarkeit
- 8) Systematische Lagerhaltung an der Montagelinie
- 9) Systematische Disposition
- 10) Systematische Lagerhaltung im Materiallager

2. Stand der Forschung

Innerhalb dieses Kapitels wird der Stand der Forschung auf Basis einer Literaturrecherche dargestellt. Hierzu werden die zwei relevanten Themen des Projektes betrachtet. Zum einen ist dies der Umstand der Kleinserie und zum anderen das Themengebiet der Arbeitssystemgestaltung. Bei den folgenden Darstellungen handelt es sich um eine gekürzte Version aus der eigentlichen Abschlussarbeit.

2.1. Definition Kleinserie

Bei stark individualisierten Produkten, die lediglich in der Stückzahl 1 hergestellt werden, spricht man von einer *Einzelfertigung*. Hier ist die Einprodukt-Einzelfertigung, bei der tatsächlich nur ein Produkt in ununterbrochenen Arbeitsschritten entsteht, von der Mehrprodukt-Einzelfertigung, bei der parallel mehrere Unikate produziert werden, zu unterscheiden. Wird von einem Produkt eine Auflage mit höherer Stückzahl produziert, spricht man von einer *Serienfertigung*. Die Produkte werden hierbei im besten Fall in einem standardisierten Vorgang gefertigt. Durch die Höhe der Stückzahl sind weiter *Klein- und Großserien* voneinander abzugrenzen. (Böhl 2001, S. 16–19)

Unter einer Kleinserie wird meist eine Serie mit geringer Stückzahl verstanden. Eine feste Definition findet sich jedoch nicht in der Literatur. Grund hierfür ist, dass die Definition einer „geringen“ Stückzahl vor allem von den Dimensionen der produzierenden Unternehmung abhängt. Böhl spricht von einem Richtwert von „einigen 100 Stück pro Jahr“ als Kenngröße von einer Kleinserie (Böhl 2001, S. 16–19). Um strategische Entscheidungen in der Fertigung treffen zu können, müssen generell Stückzahl und Produktvielfalt mit einbezogen werden. Eine geringe Stückzahl und eine hohe Produktvielfalt innerhalb einer Unternehmung lassen auf eine Kleinserie schließen, während eine hohe Stückzahl und geringe Produktvielfalt eine Großserie nahelegen (Gille 2013, S. 127–128).

2.2. Arbeitssystemgestaltung nach REFA

Bei der Arbeitssystemgestaltung nach REFA wird zwischen einer prospektiven Gestaltung und einer korrektiven Gestaltung unterschieden. Dementsprechend wird durch die Arbeitssystemgestaltung ein neues oder bereits vorhandenes Arbeitssystem in den Soll-Zustand gebracht. Als Definition eines Arbeitssystems kann bei REFA die Definition nach DIN ISO EN 6385:2016 zu Grunde gelegt werden.

„System, welches das Zusammenwirken eines einzelnen oder mehrerer Arbeitender/Benutzer mit den Arbeitsmitteln umfasst, um die Funktion des Systems innerhalb des Arbeitsraumes und der Arbeitsumgebung unter den durch die Arbeitsaufgaben vorgegebenen Bedingungen zu erfüllen.“ (DIN ISO EN 6385:2016, S. 7)

Daraus abgeleitet bedeutet Arbeitssystemgestaltung die „sachgerechte Auslegung und Anordnung von Arbeitssystemen unter Berücksichtigung der jeweils maßgebenden Einflussgrößen und Realisierungsbedingungen“ (REFA Bundesverband e.V. 2013, S. 185). Diese Definition stellt zwei Begriffe in den Fokus: Zum einen das *Auslegen* und

zum anderen das *Anordnen*. Bei der Teilaufgabe des Auslegens ist das Ziel, die zu erfüllenden Aufgaben des Arbeitssystems auf Personal und Betriebsmittel zu verteilen, sowie Arbeitsverfahren, -bedingungen und -anforderungen festzulegen. Das Anordnen beschreibt, wie das Arbeitssystem in der Fertigung platziert ist, sowie die optimale Anordnung von Betriebsmitteln, Material und Handlungsstellen. (REFA Bundesverband e.V. 2013, S. 188) Als Basis für Veränderung gilt es, eine Analyse der Ausgangssituation vorzunehmen. Diese dient zur Präzisierung von Zielen und Einflussgrößen.

Der REFA-Verband stellt zur Arbeitssystemgestaltung ein Standardprogramm bestehend aus sechs Schritten zur Verfügung (vgl. Abbildung 2). Hierbei handelt es sich um ein schrittweises Vorgehen das zyklisch zu wiederholen ist. Für den Prozess der ständigen Weiterentwicklung und Verbesserung, ist es notwendig, einzelne Schritte stetig zu wiederholen, um auf Veränderungen reagieren zu können (REFA Bundesverband e.V. 2013, S. 186–187).

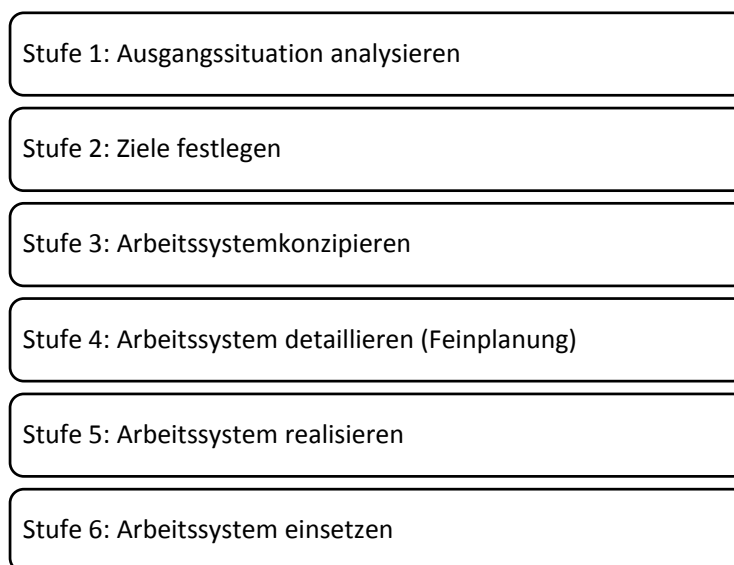


Abbildung 2 REFA-Standardprogramm Arbeitssystemgestaltung (REFA Bundesverband e.V. 2013, S. 186)

3. Lösungsansatz

Im vorangegangenen Kapitel wurde der aktuelle Stand der Forschung zu den Bereichen *Kleinserie* und *Vorgehen bei der Arbeitssystemgestaltung nach REFA* dargestellt. Im Folgenden werden diese Ansätze nun erweitert und dem vorliegenden Projekt zugeordnet.

3.1. Restriktionen einer Kleinserie

In Kapitel 2.1 ist die Definition einer Kleinserie dargestellt. In diesem Abschnitt werden nun die Auswirkungen einer Kleinserie auf die Planung der Produktion und zugehörigen Logistik diskutiert. Die hier dargestellten Annahmen wurden im Allgemeinen und in Bezug auf das vorliegende Projekt getroffen.

Geringe Investitionsmöglichkeiten

Bei einer Kleinserie liegt zum einen eine geringe Stückzahl vor und zudem ein meist kurzer Produktionszeitraum. Beide Umstände sprechen gegen hohe Investitionen für das Arbeitssystem. Im Gegensatz zu einer Großserie können sich die Investitionen hier nur bedingt amortisieren. Größere Investitionen sind nur dann zu empfehlen, wenn sich beispielsweise die Betriebseinrichtung später in anderen Projekten nutzen lässt. Bei sehr spezifischen Betriebsmitteln und Montagevorrichtungen empfiehlt es sich, eine genaue Kosten-Nutzen-Abwägung durchzuführen.

Unterschiedliche Mitarbeiter

Bei einer geringen Stückzahl findet in der Regel keine kontinuierliche Produktion statt. Damit auf kurzfristige Nachfrage zeitnah reagiert werden kann, muss es möglich sein, eine große Anzahl von verschiedenen Mitarbeitern an der Linie fertigen zu lassen. Um kontinuierlich Qualität sicherstellen zu können, müssen zunächst genaue Arbeitsanweisungen für die Arbeitsmethode vorhanden sein, sowie grundsätzliche Vorkehrungen zur Fehlervermeidung getroffen werden. Hierbei können das Poka-Yoke-Prinzip sowie Funktions- und Qualitätskontrollen berücksichtigt werden.

Geringe Gewöhnungseffekte

Durch die geringe Stückzahl entstehen bei den Montagemitarbeitern u.U. keine Gewöhnungseffekte. Signifikant schnellere Montagezeiten können somit im Laufe der Produktion nicht erwartet werden. Auch bei der Materialbereitstellung dürfen die fehlenden Gewöhnungseffekte nicht missachtet werden. Die Kennzeichnung der Durchlaufregale und Bereitstellungsplätze für das Material müssen eindeutig und mit einem logischen System gekennzeichnet werden.

Kurzfristige Lieferungen notwendig

Bei einer Kleinserie kann es zu einem kurzfristigen Abruf durch den Kunden kommen. Um diese Anfragen bedienen zu können, kann es notwendig sein, mehrere Mitarbeiter an der Montagelinie einzusetzen. Aus diesem Grund muss die Montagelinie so gestaltet sein, dass sie den Einsatz von einer flexiblen Anzahl an Mitarbeitern zulässt. Um einen kontinuierlichen Fluss zu garantieren, empfiehlt es sich, verschiedene Szenarien mit variierender Mitarbeiteranzahl durchzurechnen und entsprechend

auszutakten. Folglich sind genaue Tätigkeitsbeschreibungen vorzubereiten und bereitzustellen.

Platzeinsparung

Eine Fertigungslinie, die nicht kontinuierlich betrieben wird, verursacht in den Stillstandszeiten zusätzliche Kosten. Dies ist mit dem Prinzip der Opportunitätskosten zu begründen, da an dieser Stelle kein Arbeitssystem für ein anderes gewinnbringendes Projekt geschaffen werden kann.

Nutzung der Betriebseinrichtung nach Auslauf der Serie

Bei einer Kleinserie treten meist aufgrund der geringen Stückzahl geringe bis mäßige Abnutzungen bei den Betriebsmitteln auf. Um die Komponenten der Montagelinie zu einem späteren Zeitpunkt weiter nutzen zu können, ist es zu empfehlen, „produktneutrale Grundsysteme und standardisierte Funktionsbaugruppen“ (Lotter und Wiendahl 2012, S. 4) zu verwenden.

Ausgehend von der Definition einer Kleinserie wurden in diesem Abschnitt die daraus resultierenden Restriktionen zur Gestaltung der internen Logistik und des Arbeitssystems für das AAP definiert. Diese Restriktionen werden bei der praktische Umsetzung wiederholt aufgegriffen und in die zutreffenden Entscheidungen mit einbezogen.

3.2. Projektmanagement

Stetiger Wandel innerhalb von Unternehmen erfordert flexible Handhabung von Projekten. Bei der Abwicklung von hochkomplexen Projekten stößt der meist verwendete „total system approach“ an seine Grenzen (Bea und Schweitzer 2011, S. 257–259). In Kapitel 2.2 wurde ein solches Vorgehen zur Gestaltung eines Arbeitssystems nach REFA aufgezeigt. Im Falle des vorliegenden Projektes muss jedoch zu jedem Zeitpunkt die Verfügbarkeit des Arbeitssystems sichergestellt sein. Dieser Umstand erfordert eine Modifikation der Methodenanwendung.

Ein Ansatz stellt hier das iterative Vorgehen mit einem Versionenkonzept dar. Anstatt in Projekten endgültige Lösungen zu planen und anschließend umzusetzen, wird hier ein offener Entwicklungsprozess angestrebt. Erreicht wird dies durch schrittweises Vorgehen und Erstellen von aufeinander aufbauenden Versionen der Lösung. In jeder Phase werden alle Projektaktivitäten umgesetzt (vgl. Abbildung 5-1). Die einzelnen Tätigkeiten werden nicht in voller Breite ausgeführt, sondern schrittweise von Phase zu Phase erweitert (Specker 2005, S. 181). Als Ergebnis kann schon in einer frühen Phase des Projektes eine praktikable, wenn auch nicht endgültige, Lösung zur Verfügung gestellt werden (Bandow und Holzmüller 2010, S. 228). Durch kontinuierlichen Einbezug aller Projektbeteiligten muss einem Verdruss gegenüber Änderungen bei Nutzern und Entwicklern aktiv entgegen gewirkt werden, um andauernde Lernprozesse zu fördern (Bea und Schweitzer 2011, S. 257–259).

Zusammenfassend lässt sich die Versionenkonzept-Methode bei komplexen Projekten empfehlen, bei denen sich die Zielvorgabe unter Umständen noch nicht fest definieren lässt. Das iterative Vorgehen eignet sich auch dann, wenn schnelle Ergebnisse erforderlich sind und die Umgebungsparameter veränderlich sind.

4. Ergebnisse & Kritische Würdigung

Für die folgende Umsetzung bildet der Stand der Forschung aus Kapitel 3 die Basis. Hierbei stellen die Restriktionen der Kleinserie den Handlungsrahmen dar und das Versionenkonzept kombiniert mit dem REFA Standardprogramm die Vorgehensweise. Innerhalb der Umsetzung wurden diese beiden Ansätze durch Methoden wie das System vorbestimmter Zeiten, REFA-Zeitstudien, schlanke Liniengestaltung, REFA-Ablaufanalyse und 5A-Methode ergänzt.

Strukturiert ist das Projekt in acht Versionen, in denen Schrittweise die in Kapitel 1 dargestellten Zielsetzungen erreicht werden. Bei den folgenden Abschnitten des Exposés handelt es sich um eine Zusammenfassung der Kapitel der zugrunde liegenden Abschlussarbeit. Bei der verkürzten Darstellung wird vornehmlich auf die Besonderheiten der Arbeitssystemgestaltung bei einer Kleinserie in Verbindung mit den in Kapitel 3.1 aufgestellten Restriktionen eingegangen. Im Bereich der Logistik fand keine Methode von REFA Anwendung und wird deshalb innerhalb dieses Exposés nur am Rande betrachtet.

4.1. Version I – Interne Logistik

In Version I lag das Hauptaugenmerk auf der Einbindung der Montagelinie in das bestehende Logistiksystem. Hierzu wurde ein neues Behältersystem eingeführt, das den Forderungen der Automobilindustrie entspricht. Beispielhaft ist hier die Forderung nach Absicherung des Material- und Teileflusses gegen Vermischung und Verwechslung anzuführen (VDA 6.3, S. 100). Zudem wurde die Materialbestellung an der Linie auf Zuruf durch ein Systemgestütztes Verfahren ersetzt.

4.2. Version II – Linienlayout

In einem Arbeitssystem muss zu jeder Zeit transparent sein, welche Abläufe gerade stattfinden und welches Material sich an welchem Ort befindet. Grundlage hierfür ist ein klarer und strukturierter Materialfluss. (Thonemann und Albers 2011, S. 335)

Das Ziel dieses Projektabschnittes ist es, Transparenz im Montageprozess zu schaffen und ihn zu stabilisieren. Hierzu wurde zunächst die bestehende Linie durch Anwendung der 5 S-Methode gereinigt und strukturiert. Hierdurch wurden vor allem die Auswirkungen durch die Verschwendungsarten Transport, Bewegung, Warten und Ausschuss/Nacharbeit verringert. Diese Ergebnisse wirken sich positiv auf die Zeitstudien in Version III aus und können dort quantitativ belegt werden. Zudem wurde deutlich, welches Material zu welchem Arbeitsschritt gehört und konnte so mit einem höheren ergonomischen Grad an den Arbeitsplätzen angeordnet werden.

Des Weiteren wurde an der Erreichung des Ziels optimales Montagelayout gearbeitet. Hierzu wurden Layouts mit einer U-Zelle und einer klassischen Linie gegenübergestellt. Bewertet wurden diese Möglichkeiten nach den Gesichtspunkten, 1. Gesamtbild der Fertigung, 2. Auswirkungen auf übrige Arbeitssysteme, 3. Nutzungsgrad von Flächen, 3. Zeitwirksame Arbeitswege. Als Ergebnis lässt sich

festhalten, dass sich für die in dieser Arbeit relevante Kleinserie das Linienlayout als am geeignetsten herausstellte. Dies liegt vor allem daran, dass der Aufbau der Linie die umstehenden Fertigungslinien nicht beeinflusst und zusätzlich ein neuer Versorgungsgang geschaffen werden kann.

4.3. Version III – Arbeitsstationen

Ziel dieser dritten Version ist es die Arbeitsplätze im neuen Layout ergonomisch optimal zu gestalten. Hierbei werden die Ziele Humanisierung und Wirtschaftlichkeit verfolgt. Bei der Humanisierung wird angestrebt einen Arbeitsprozess so zu gestalten, dass eine ausgewogene Belastung besteht und weder Über- noch Unterforderung entsteht. Basierend darauf kann davon ausgegangen werden, dass Mitarbeiter unter humanitären Bedingungen die höchste Leistung erzielen können und sich so wirtschaftlich vorteilhaft verhalten. (REFA Bundesverband e.V.)

Besonderes Augenmerk lag bei der Arbeitsplatzgestaltung auf der Material- und Werkzeugbereitstellung. Die Restriktionen einer Kleinserie, wie in Kapitel 3.1 definiert, sollten auch bei der Materialbereitstellung berücksichtigt werden. Hierbei ergeben sich zwei zu verfolgende Ansätze: 1. die Weiternutzung der Betriebseinrichtung nach Auslauf des Produktes und 2. die zeitgleiche Nutzung der Betriebseinrichtung durch weitere Kleinserien.

Um eine Montagelinie nach Auslauf der Serie weiter nutzen zu können, müssen Standards geschaffen und eingehalten werden. Die Vorrichtungen zur Bereitstellung des Materials müssen so gestaltet sein, dass verschiedene Behältermengen und -größen angebracht werden können, ohne dass ergonomische Vorgaben verletzt werden.

In Kapitel 3.1 wurde bereits der Aspekt der nicht kontinuierlichen Nutzung der Montagelinie unter dem Punkt Platzeinsparung angesprochen. Während der Stillstandzeiten entstehen Opportunitätskosten, da die Kapazität nicht für die Produktion eines anderen Produktes genutzt werden kann. Um dies zu verhindern, muss eine Montagelinie so gestaltet sein, dass sie durch Umrüstung auch für ein anderes Produkt genutzt werden kann. Hierbei gelten die gleichen Aspekte wie im vorherigen Abschnitt. Außerdem muss bedacht werden, dass die Umrüstzeit möglichst gering ist und die nicht genutzten Behälter entsprechend gelagert werden müssen.

4.4. Version IV – Montagezeiten

Nachdem die Arbeitsplätze der Montagelinie gestaltet wurden, soll nun der Arbeitsablauf gestaltet werden. Hierfür werden im ersten Schritt Montagezeiten ermittelt und darauf aufbauend die Arbeitsstationen auf die Montagemitarbeiter aufgeteilt. Ergänzt wird dieser Schritt durch eine Kapazitätsplanung.

Die Montagezeiten wurden durch Zeitaufnahmen nach REFA ermittelt. Bei der Gegenüberstellung von Ausgangszeiten zu den neu aufgenommenen Zeiten zeigte sich bereits eine Verbesserung von über 20%. Dieser positive Effekt ist zum einen auf die

Strukturierung durch die 5 S-Methode und zum anderen auf das neue Linienlayout zurück zu führen. Bei den Zeitaufnahmen und der anschließenden Auswertung wurden die Montagemitarbeiter aktiv miteinbezogen und die Ergebnisse wurden im Team analysiert. Durch dieses Vorgehen konnte eine hohe Akzeptanz für die anschließenden Vorgaben in der Kapazitätsplanung erreicht werden.

4.5. Version V – Arbeitssystemanalyse

In Version V wurde das neue Arbeitssystem detailliert analysiert und weiter optimiert. Besonders in der Werkzeugbereitstellungen konnten signifikante Verbesserungen erzielt werden. Nach diesen erfolgten Veränderungen wurden erneut Zeitaufnahmen nach REFA durchgeführt. Nun konnte eine weitere Steigerung um nochmals 12,5% erzielt werden. So ergibt sich eine absolute Steigerung von ca. 32% bei der Montagezeit.

4.6. Version VI – Arbeitsanweisungen

Um eine Arbeitsaufgabe zu erfüllen, bedarf es einer detaillierten Beschreibung der Arbeitsinhalte an den jeweiligen Arbeitsstationen. Arbeitsinhalte geben darüber Aufschluss, welche Art, Umfang, Dauer und Reihenfolge der Aufgaben an einer Arbeitsstation bestehen. (Landau 2007, S. 122) Festgehalten werden die Arbeitsinhalte in Arbeitsanweisungen, die für die Montagemitarbeiter an den jeweiligen Arbeitsstationen jederzeit zugänglich sein müssen. Die Arbeitsstationen für die Montage des AAP wurden entsprechend der Baugruppen bereits in Version III festgelegt, und sollen so beibehalten werden.

In Kapitel 3.1 wurden die Restriktionen bedingt durch eine Kleinserie auf das Arbeitssystem thematisiert. Hieraus resultiert, dass drei Faktoren bei der Erstellung der Arbeitsanweisung mit einbezogen werden müssen; 1. hohe Anzahl an Montageschritten, 2. wechselnde Mitarbeiter und 3. geringe Gewöhnungseffekte. Diese drei Faktoren erfordern einen hohen Detaillierungsgrad der Arbeitsanweisungen über die auszuführenden Arbeitsschritte. Ziel ist es, die Tätigkeiten so darzustellen, dass auch Mitarbeiter, die selten an der Montagelinie des AAP eingesetzt werden, eine fehlerfreie Montage umsetzen können. Deshalb muss die Arbeitsanweisung während des Montageprozesses auf einen Blick verständlich sein. Aus diesem Grund besteht die neue Arbeitsanweisung aus einer deskriptiven und visuellen Beschreibung der Arbeitsaufgaben.

Die deskriptive Beschreibung gibt Auskunft darüber, welches Material an welcher Position gefügt werden soll. Hierbei ist zu beachten, dass leicht verständliche und eindeutige Beschreibungen gewählt werden. Gleiche Objekte und Arbeitsgänge erhalten durchgehend gleiche Bezeichnungen (Landau 2007, S. 123). Die visuelle Beschreibung stellt ergänzend das Material und den Bestimmungsort mit genauer Positionierung dar. Hierbei können schematische Zeichnungen und Fotos zum Einsatz kommen. Wichtig ist, dass Bilder mit entsprechender Auflösung, Helligkeit und Größe verwendet werden.

Nach der Erstellung der Arbeitsanweisungen wurde diese mit den Montagemitarbeitern besprochen und ggf. nachgebessert, um die Verständlichkeit zu erhöhen. Jeder Mitarbeiter, der an den Arbeitsstationen eingelernt ist, hat die Arbeitsanweisungen zu unterschreiben, umso zu bestätigen, dass diese wahrgenommen und verstanden wurden.

4.7. Version VII – Traceability Management

In den letzten Jahren rückte das Traceability Management für produzierende Unternehmen immer weiter in den Vordergrund. Grund hierfür ist das hohe Schadensrisiko, das bei Produktrückrufen besteht. Vor allem in der Automobilindustrie kommt es immer wieder zu umfangreichen Rückrufen (Fischer 2006, S. 175–176). Aus diesem Grund fordern die Fahrzeughersteller von ihren Lieferanten eine Rückverfolgbarkeit über die gesamte Supply Chain. Traceability Management verfolgt zwei Ansätze; zum einem eine Optimierung des Qualitätsniveaus an sich und zum anderen die Transparenz innerhalb der Produktions- und Logistikprozesse. Der Ansatz zur Optimierung des Qualitätsniveaus besagt, dass Produkte, die von Anfang an keine Fehler vorweisen, nicht zurückgerufen werden müssen (Lukmann 2006; Fischer 2006, S. 179). Um dies zu erreichen, können gängige Maßnahmen der Qualitätssicherung, wie beispielsweise Routineprüfungen, durchgeführt werden. Weiter empfiehlt sich eine Rückverfolgbarkeit des Materials durch Kennzeichnung. So können Produkte über die gesamte Supply Chain rückverfolgt, Messverfahren nachvollzogen und Prozesse transparent dargelegt werden (Fischer 2006, S. 180).

Innerhalb des Montageprozesses des AAP bestehen bisher keine Kontrollpunkte an den einzelnen Fertigungsstufen. Es ist somit nicht dokumentiert, ob Montageschritte vollständig ausgeführt wurden und durch welchen Mitarbeiter. Eine Zuordnung welche Motorbaugruppe oder Antriebseinheit letztendlich in das AAP eingebaut wurde besteht ebenfalls nicht. Da ein umfangreiches EDV-System zur Dokumentation der Montagedaten nicht den in Kapitel 3.1 aufgestellten Restriktionen entspricht, wird ein manuelles Prüfprotokoll eingeführt.

Dieses Prüfprotokoll wird durch die Montagemitarbeiter während des Montageprozesses ausgefüllt und durchläuft so das gesamte Arbeitssystem. Die Ausführung der Montagetätigkeiten ist so für das eigene Unternehmen und für den Kunden transparent dargestellt und überprüfbar. Am Ende jeder Arbeitsstation überprüfen die Mitarbeiter ihre eigene Arbeit und bestätigen die korrekte Ausführung. Zudem wurden für Unterbaugruppen laufende Nummern eingeführt, die es möglich, nachzuvollziehen durch welchen Mitarbeiter zu welchem Zeitpunkt die entsprechende Baugruppe des Motors und Antriebseinheit montiert wurde.

4.8. Version VIII – P-FMEA

Die Durchführung einer Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) ist im Bereich des Risikomanagements anzusiedeln. Als Teil einer präventiven Qualitätsmanagementstrategie hat sie das Ziel, etwaige Fehler schon in einer frühen

Projektphase zu identifizieren und frühzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Eine FMEA hat das Potential, Zielabweichungen in einem Projekt zu verringern und so wirtschaftliche Verluste zu vermeiden. (Pfeufer 2015, S. 103)

Bis zum bisherigen Projektverlauf wurde keine P-FMEA für das AAP durchgeführt. Aus diesem Grund wird sie in diesem Projektabschnitt im Ganzen erstellt. Die Organisation und Moderation wird durch einen externen Dienstleister durchgeführt. Ergänzt wird das Team durch eine Vertretung des Vertriebs, der Prozessplanung, der Entwicklung und der Qualitätssicherung.

Das Ergebnis der P-FMEA bezogen auf das Arbeitssystem kann als positiv bewertet werden. Die identifizierten Optimierungsansätze konnten anschließend behoben bzw. angestoßen werden. Bezogen auf das Projekt konnte das Ergebnis der Analyse als Bestätigung der Prozesssicherheit gewertet werden.

5. Zusammenfassung & Ausblick

Ziel des Projektes war es, ein Arbeitssystem unter den Restriktionen einer Kleinserie zu entwickeln und es in die bestehende interne Logistik zu integrieren. In diesem letzten Abschnitt des Exposés wird nun betrachtet, ob das Ziel im Allgemeinen und im Speziellen ausgerichtet an den Zielsetzungen aus Kapitel 1.2 erreicht wurde.

5.1. Zusammenfassung

Die Veränderungen am Arbeitssystem orientierten sich unter anderem an den Methoden von REFA, die durch ein iteratives Vorgehen im Projektmanagement erweitert wurden. In Kapitel 4 dieses Exposés wurde das praktische Vorgehen beschrieben, wie das Arbeitssystem und die interne Logistik optimiert wurden. Das Vorgehen durch Versionenkonzepte ermöglichte es, während der laufenden Produktion Veränderungen an Arbeitssystem und Logistik vorzunehmen. Jede Veränderung wurde so vorgenommen, dass nach Abschluss einer Version das Arbeitssystem und die Logistik vollständig genutzt werden konnten. Während der Planungsphase der nächsten Version konnten bereits die Effekte der Vorgängerversion betrachtet werden.

Betrachtung der Zielsetzungen für die interne Logistik

Die abschließende Betrachtung der Zielsetzungen in Bezug auf die interne Logistik zeigt, dass die Zielsetzung der systematischen Lagerhaltung an der Montagelinie erreicht wurde. Ebenfalls ersetzt wurde die Materialsteuerung auf Zuruf durch die Integration der Montagelinie des AAP in die neu eingeführten Strukturen der Logistik. Das Ziel der systematischen Lagerhaltung im Materiallager konnte bisher nicht abgeschlossen werden.

Betrachtung der Zielsetzungen für das Arbeitssystem

In Bezug auf das Arbeitssystem wurden sieben Zielsetzungen (vgl. Kapitel 1.2) festgelegt. Diese konnten vollständig erreicht werden. Für den gesamten Montageprozess liegt nun eine Dokumentation in Form von Arbeitsanweisungen vor. Diese unterstützt die Montagemitarbeiter im Prozess und schafft für Außenstehende Transparenz. Durch das neue Linienlayout wurde die Verschwendung in Form von Bewegung reduziert und zeichnet nun ein sauberes Bild. Durch die flussgerechte Anordnung der Arbeitsstationen konnte ein One-Piece-Flow eingerichtet werden. Die geforderte Produktionsleistung kann durch die Reduktion der Montagezeiten um ca. 32% durch eine geringere Anzahl an Mitarbeitern erbracht werden. Die Rückverfolgbarkeit von Material und Montage Tätigkeiten ist durch ein Prüfprotokoll gewährleistet.

5.2. Ausblick

Die Zusammenfassung zeigt, dass nahezu alle Zielsetzung theoretisch betrachtet und auch durch eine praktische Umsetzung erreicht werden konnten. Aus diesem Grund wird innerhalb des Ausblicks nicht gezielt auf die Montagelinie des AAP eingegangen, sondern der Fokus auf künftige Projekte mit einer Kleinserie gelegt.

Zu Beginn des Projektes befand sich die Produktion des AAP bereits in Serie. Dies erforderte ein Vorgehen mittels Versionenkonzept. Angelehnt an das REFA Standardprogramm zeigten sich die Vorteile eines solchen Vorgehens in Bezug auf die Optimierungen im Produktionsumfeld. Bei Neugestaltung eines Arbeitssystems, ohne dass sich dieses in Serie befindet, kann auch ein lineares Projektmanagementtool verwendet werden, da hier nicht auf den laufenden Betrieb Rücksicht genommen werden muss. Das zyklisch-iterative Vorgehen in Versionen empfiehlt sich hier trotzdem. Es können beispielsweise Investitionen schrittweise vorgenommen werden, wenn die Notwendigkeit tatsächlich festgestellt werden konnte. Risiken, die bei einer P-FMEA identifiziert werden, oder Erfahrungen der Montagemitarbeiter können so ebenfalls in die Planungen einbezogen werden.

Zentraler Aspekt dieses Projekt, und als Restriktion in Kapitel 3.1 festgehalten, war es, ein Arbeitssystem mit geringen Investitionen zu entwickeln. Aus diesem Grund wurde auf vorhandene Betriebsmittel zurückgegriffen. Mit den vorhandenen Mitteln wurden Arbeitsstationen entwickelt, die auch für andere Kleinserien genutzt werden können. Sollte es innerhalb des Werkes in Zukunft zur Umsetzung von mehreren Kleinserien kommen, empfiehlt es sich, in Werkbänke mit integrierter und flexibler Materialbereitstellung zu investieren.

Bei der Planung und Durchführung des Projektes wurde deutlich, dass eine Arbeitssystemgestaltung in jedem Fall individuell und an die bestehenden Voraussetzungen und Restriktionen angepasst werden muss. Die vorliegende Arbeit spiegelt daher lediglich eine Möglichkeit wider, wie das Arbeitssystem einer Kleinserie entwickelt und in die bestehende Logistik integriert werden kann. Die Basis der individuellen Vorgehensweisen bleiben jedoch die bekannten Methoden von REFA.

6. Abkürzungsverzeichnis

AAP	Aktives Aerodynamikprofil
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EDV	Elektronische Daten Verarbeitung
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
P-FMEA	Prozess-Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung

7. Literaturverzeichnis

- Bandow, G.; Holzmüller, H. H. (2010): „Das ist gar kein Modell!“. Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften: Gabler Verlag. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=hIM1ibNSFuUC>.
- Bea, F. X.; Schweitzer, M. (2011): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre 2: Bd. 2: Führung: UTB GmbH. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=2erRvFb3Py8C>.
- Böhl, Jörn (2001): Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung. Forschungsbericht. Unter Mitarbeit von Univ.-Prof. Dr. Ing. Gunther Reinhart. München: Herbert Utz Verlag (Forschungsberichte / IWB, Bd. 150).
- DIN ISO EN 6385:2016, Dezember 2016: Din-Norm, zuletzt geprüft am 11.07.2017.
- Fischer, Stefan (2006): Traceability Management: Wie Unternehmen die Risiken von Produktrückrufen begrenzen können. In: Corinna Engelhardt-Nowitzki und Elisabeth Lackner (Hg.): Chargenverfolgung. Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungsgebiete. Unter Mitarbeit von Stefan Fischer. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag (Leobener Logistik Cases), S. 175–191.
- Gille, Christian (2013): Gestaltung von Produktänderungen im Kontext hybrider Produkte. Kostenanalyse am Beispiel der Groß- und Kleinserienfertigung im Maschinenbau. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2013. Wiesbaden: Springer Gabler (Springer Gabler Research).
- Landau, Kurt (Hg.) (2007): Lexikon Arbeitsgestaltung. Best practice im Arbeitsprozess. 1. Aufl. Stuttgart: Gentner.
- Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (Hg.) (2012): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis ; mit 18 Tabellen. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg (VDI-/Buch)].
- Lukmann, I. (2006): Traceability Management. Risikominimierung bei Produktrückrufen. München: GBI-Genios Verlag.
- Markus Jordan: mbpassion Blog. Erster Blick auf das aktive Aerodynamik-Profil im Unterboden des AMG GT R. Online verfügbar unter <http://blog.mercedes-benz-passion.com/2016/06/aktives-aerodynamik-profil-im-unterboden-des-mercedes-amg-gtr/>.
- Pfeufer, Hans-Joachim (2015): FMEA. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse. 1. Aufl. München: Hanser (Pocket Power, 64). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3139/9783446441705>.
- VDA 6.3: Prozessaudit.

REFA Bundesverband e.V. (Hg.): Arbeitsplatzgestaltung. Ergonomie. Unter Mitarbeit von Torsten Klanitz. Online verfügbar unter <http://www.refa.de/lexikon/arbeitsplatzgestaltung>, zuletzt geprüft am 28.10.2017.

REFA Bundesverband e.V. (Hg.) (2013): REFA Kompaktkurs 2.0 Das Basis-Knowhow in Industrial Engineering. Darmstadt (REFA-Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung, 2).

Specker, Adrian (2005): Modellierung von Informationssystemen. Ein methodischer Leitfaden zur Projektabwicklung. 2., überarb. und erw. Aufl. Zürich: vdf Hochschulverl. (vdf Wirtschaftsinformatik).

Thonemann, Ulrich; Albers, Marc (2011): Operations Management. Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2., aktualisierte Aufl., [Nachdr.]. München: Pearson Studium (Wi - Wirtschaft).