



Forschungsbereich
Maschinenbau Informatik
und Virtuelle
Produktentwicklung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard

Konzeption eines erweiterten Informationsgewinnungs- und Dokumentationsprozesses im Herstellungsprozess von Motorenkomponenten

Felix Mondl

Mat. Nr.: 0092890



Diplomarbeit

Konzeption eines erweiterten Informationsgewinnungs- und Dokumentationsprozesses im Herstellungsprozess von Motorkomponenten

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs (Dipl. Ing oder DI)

eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Felix MONDL

Mat. Nr.: 00928907

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. -Ing Detlef Gerhard

Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung, E307

begutachtet von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. -Ing

Detlef Gerhard

Institut: E 307

Getreidemarkt 9, 1060 Wien

Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Burkhard Kittl

Institut: E 311

Getreidemarkt 9, 1060 Wien

Ich nehme zur Kenntnis, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen, sind als solche kenntlich gemacht.

Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Wien, November, 2018

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Mein Dank gebührt zunächst meinem akademischen Betreuer Univ.Prof. Detlef Gerhard, welcher durch seine fachliche Expertise und seinen Input wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Dem Unternehmen Rotax danke ich, welches die Verfassung dieser Arbeit durch das Bereitstellen von Ressourcen und finanzieller Unterstützung überhaupt erst ermöglichte. Dies gilt auch und vor allem für das entgegengebrachte Vertrauen und den gewährten Freiraum bei der Erforschung der behandelten Themen.

Ein besonderer Dank bei Rotax gilt DI Anton Stranzinger-Mayrhauser. Mit seiner fachlichen Kompetenz und seinem umfassenden praktischen Wissen auf diesem Gebiet, wurde nicht nur die Ausrichtung meiner Arbeit festgelegt und das organisatorische Vorgehen bei Rotax koordiniert, sondern konnte ich insbesondere seine wertvollen Inputs umsetzen. Danken möchte ich auch allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Interviews für deren Informationsbereitschaft und praxisrelevante Beiträge, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

Kurzfassung

Da Unternehmen sich immer stärker an individuellen Kundenwünschen orientieren, kommt es zu einer größeren Vielzahl an Produktvarianten. Diese Entwicklung macht es für Unternehmen zunehmend schwieriger, wirtschaftlich zu produzieren. Fertigungsstraßen müssen flexibler und diskrete Fertigungen effizienter werden, um dem Druck des Marktes standzuhalten.

Mit dieser Arbeit, welche in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen BRP-Rotax GmbH & Co KG entstanden ist, wird der Wandel etablierter Standards in der diskreten Fertigung untersucht. Mithilfe von Werkzeugen der Digitalisierung, soll agiler und effizienter produziert werden können. Dafür ist die Schaffung einer genauen Überwachung der Produktion unumgänglich. Um unterschiedliche Fertigungsschritte miteinander vergleichbar machen zu können, muss eine Messung der Effizienz mithilfe von Kennzahlen möglich sein. Durch die Messbarkeit können Schwachstellen in der Produktion ausgemacht werden.

Es wird eine objektive Erfassung des Ist-Standes durchgeführt. Begonnen wird mit der Voranalyse, bei der der gesamte Wertstrom des Motors betrachtet wird. Im Zuge dessen hat sich der Fokus bei der weiteren Ist-Stand-Erhebung auf die Komponentenfertigung konzentriert, da hier der größte Mangel an einheitlichem Vorgehen bei der Dokumentation festgestellt wurde. Der Ursprung dieses Problems liegt in der großen Diversität der Produktpalette von Rotax, sowie damit einhergehend dem geringen Anteil an Gleichteilen bei den produzierten Motoren.

Die einzelnen Bearbeitungsstationen sowie der von den Bauteilen zurückgelegte Weg, werden in dieser Arbeit mithilfe einer graphischen Darstellung des Wertstroms im Fabrikhallenlayout begreifbar gemacht. Die dabei in der Produktion von Bearbeitungsmaschinen und von Mitarbeitern benötigten und produzierten Informationen und Daten werden in die Analyse aufgenommen, wodurch die Notwendigkeit der aufgenommenen Daten analysiert werden soll. Das Sammeln der Informationen wurde mittels Interviews der Mitarbeiter durchgeführt. Deren Ziel war nicht nur die Erfassung des jeweiligen individuellen Know-Hows des einzelnen Mitarbeiters über die Produktion, sondern in weiterer Folge auch dessen Vereinen.

Grundsätzlich muss bei jeglicher Bewertung der Prozesse stets im Auge behalten werden, dass bei sämtlichen Abläufen zwischen zwei Motorfamilien unterschieden wird: Air Craft- (AC-Motoren) und Rotax-Motoren. Die gesamte Produktion und Dokumentation der zwei Motorfamilien läuft getrennt ab. Was die Quantität der produzierten Motoren betrifft sei darauf hingewiesen, dass pro Jahr ungefähr 100-mal mehr Rotax-Motoren als AC-Motoren produziert werden.

Abstract

As companies increasingly focus on individual customer requirements, there is a greater variety of product types. This development makes it more and more difficult for companies to produce economically. Production lines must become more flexible and discrete manufacturing more efficient, in order to withstand the pressure of the market.

This thesis, developed in cooperation with BRP-Rotax GmbH & Co KG, examines the change in established standards in discrete manufacturing. With the help of tools of digitization, more agile and efficient production is possible. To achieve this, it is essential to establish close monitoring of production. In order to make different production steps comparable, their efficiency must be measurable using key figures. Weak points in production can be identified by their ability to be measured.

An objective recording of the current status is carried out. The first step is the pre-analysis, which considers the entire value flow of the motor. In the course of this, the focus in the actual recording has focused on component manufacturing, as the greatest lack of consistent documentation procedure has been identified here. The source of this problem lies in the great diversity of Rotax's product range, as well as the low proportion of identical parts in the engines produced.

The individual processing stations and distance traveled by the components are made comprehensible in this work by means of a graphic representation of the value flow in the factory floor layout. The information and data required for employees and production machines are included in the analysis, whereby the necessity of the recorded data must be reviewed. Data collection was carried out by interviewing employees. The goal of these interviews was not only the recording of the know-how on production of each individual employee, but also the consequence of uniting their knowledge.

In principle, any evaluation of the processes must always bear in mind, that a distinction is made between two engine families: Air Craft (AC engines) and Rotax engines. The entire production and documentation of the two engine families runs separately. As far as the quantity of engines produced is concerned, it should be noted that approximately 100 times more Rotax engines are produced per year than AC engines.

Inhaltsverzeichnis

1.1	Motivation & Problemstellung	4
1.2	Zielsetzung	6
1.3	Methodik und Forschungsfragen	6
1.3.1	Forschungsfragen.....	8
1.3.2	Überblick der Vorgangsweise.....	9
2.1	Daten, Informationen und Wissen.....	11
2.2	Datenerfassung und -verarbeitung	15
2.3	IT- Systeme	16
2.3.1	Automatisierungspyramide	16
2.3.2	Weitere IT-Systeme der Industrie	17
2.3.3	Kommunikationsprotokolle	19
2.4	Datenverwaltung und Stammdaten.....	19
2.4.1	Betriebsdatenerfassung.....	22
2.4.2	Daten pro Bauteil	23
2.5	Motivation zur Sammlung von Daten	25
2.6	Daten entlang des Produkt- Lebenszyklus.....	27
2.6.1	Prozess- und Produktdaten	27
2.6.2	Wertschöpfungsprozess	27
2.7	Qualitätsüberwachung von Prozessen und Produkten.....	28
2.8	Referenzmodelle: RAMI 4.0.....	29
3.1	Übergeordnetes Formblatt.....	30
3.1.1	Ziel des Formblattes	34
3.2	Interviews	34
3.2.1	Interviewte Personen.....	35
4.1	Motorgruppen	36
4.1.1	Aircraft-Motoren	36
4.1.2	Rotax-Motoren	37
4.2	Stationen entlang des Wertstroms und der jeweilige Bedarf zur Dokumentation	37
4.2.1	Entwicklung.....	38
4.2.2	Fertigung der Komponenten.....	40
4.2.3	Montage	41
4.2.4	Kundenservice	42
4.2.5	Fazit	43
4.3	Voranalyse	44
4.4	Analyse mithilfe des Fragebogens.....	50
4.4.1	Kurbelwellenfertigung	50
4.4.2	Fertigung Zylinderkurbelgehäuse	51

4.4.3	Kurbelwellen Komplettierung.....	52
4.4.4	Fertigung Aircraft Komponenten.....	52
5.1	Analyse Ist mit möglichem Soll	54
5.2	Mögliche Lösungswege	54
5.2.1	Annäherung von AC- und Rotax-Motoren	55
5.2.2	AC-Messprozess Optimierung.....	57
5.2.3	Einstellvorgang an den Maschinen optimieren.....	58
5.2.4	Vereinzelung der Komponenten	61
5.2.5	Vertikale Produktionssteuerung.....	63
5.2.6	Sammeln von Daten Vorauswertung.....	64
5.2.7	Hindernisse der Automatisierung von Prozessen	65
5.2.8	Skalierung, Auswahl der Daten und Benutzerfreundlichkeit	66
6.1	Resümee:.....	67
6.2	Ausblick:.....	69
7.1	Literaturverzeichnis	71
7.2	Abbildungsverzeichnis	73
7.3	Tabellenverzeichnis.....	74
7.4	Abkürzungsverzeichnis:.....	75
8.1	Fragebogen 903er Kurbelwellen	76
8.1.1	Kennzeichnung & Systeme	76
8.1.2	Zulieferteil	77
8.1.3	Weichbearbeitung.....	77
8.1.4	Induktivhärten	78
8.1.5	Rundschleifen	79
8.2	Fragebogen 849er Blockzylinder	79
8.2.1	Kennzeichnung & Systeme	79
8.2.2	Zukaufteile	80
8.2.3	Plasmabeschichten	80
8.2.4	Honen	81
8.2.5	Bearbeitungszentrum	81
8.2.6	Dichtprüfen	82
8.2.7	Schlusskontrolle.....	83

1 Einleitung

In der Automobilindustrie so wie in vielen anderen Branchen hat sich der Wettbewerb durch die Globalisierung deutlich zugespitzt. Die Produktpaletten der Hersteller müssen immer vielfältiger aufgestellt sein, um auch auf spezielle Kundenwünsche eingehen zu können. Dabei muss aber immer wirtschaftlicher geplant und effizienter mit Ressourcen umgegangen werden. Die Lebenszeit von Produkten wird immer kürzer und in immer kürzeren Abständen drängen neue Modelle auf den Markt. Um das verwirklichen zu können, müssen Entwicklungsprozesse immer schneller durchlaufen werden, ohne dabei auf Qualität und eine wirtschaftliche Umsetzung zu verzichten. Mit der größer werdenden Produktvielfalt und der Bedienung von individuellen Kundenwünschen muss die Fertigung immer flexibler werden. Resultierend daraus müssen Maschinen öfter gerüstet werden und starre Produktionsstraßen werden immer weniger benötigt. Dabei stehen sich zum Beispiel der Kundenwunsch Produktvariation und -vielfalt zu erreichen mit dem Unternehmensziel Produktivitätserhöhung im Weg, welches durch lange und ununterbrochene Maschinenlaufzeiten effektiv erreicht werden kann.

Unter dem Begriff Industrie 4.0 kommen immer mehr Werkzeuge und Methoden zum Einsatz, die diesen Herausforderungen entgegenwirken sollen. Die Grundlage dieser vierten Industriellen Revolution ist die Vernetzung aller beteiligten Akteure entlang des Lifecycles eines Produkts. Um diese Vernetzung zu realisieren, müssen alle Prozesse entlang des Wertstroms digitalisiert werden. Der Digitalisierung liegt immer das Erfassen von Daten und das zentrale Sammeln und Auswerten von diesen zu Grunde. Gesammelte Daten können - wenn sie richtig interpretiert werden - zu Informationen und in weiterer Folge zu neuem Wissen werden.

Sich diese neuen Methoden zu Nutze zu machen, hat sich auch BRP-Rotax GmbH & Co KG in Gunskirchen verschrieben. BRP-Rotax ist ein Tochterunternehmen des in Valcourt, Kanada, ansässigen Unternehmens Bombardier Recreational Products (BRP) und produziert in Mexiko und in Österreich Zweitakt- und Viertakt-Verbrennungsmotoren. Die produzierten Motoren lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Es werden AC-Motoren („Rotax Aircraft Motoren“) und „Rotax Motoren“ für die Fahrzeuge des BRP-Konzerns und für dritte Unternehmen gefertigt. Der Anteil der AC-Motoren an den gesamt produzierten Motoren entspricht circa 1%. Die Flugmotoren werden in Leicht-, Ultraleichtflugzeuge und in Motorsegler eingebaut. Im BRP-Konzern werden die Motoren in Schneeschlitten, in Jet- betriebene Wasserfahrzeuge, Außenborder, ATV's und in Offroad Fahrzeuge verbaut.

1.1 Motivation & Problemstellung

BRP-Rotax unterscheidet die Produktlinien Rotax-Motoren und AC-Motoren. Die fertigungstechnischen Prozesse und die Dokumentation der Produkte und Prozesse sind bislang getrennt. Die Trennung der Motorgruppen bei Rotax auf fertigungstechnischer und dokumentationstechnischer Ebene, soll zwischen Rotax-Motoren und AC-Motoren entschärft werden. Das Ziel des Unternehmens ist es, einheitliche Informations- und Dokumentationssysteme im Unternehmen zu implementieren, um den Aufwand der Wartung dieser Systeme so gering wie möglich zu halten und redundante Anordnungen von Daten zu vermeiden.

Die Motivation und Notwendigkeit und damit der Bedarf zur Dokumentation, ergibt sich aus drei wesentlichen Aspekten:

- **Rechtliche Pflichten:** speziell bei Produkten für die Luftfahrt gibt es strenge Regeln und Vorschriften, die die Dokumentation vorschreiben
- **Außenwirksame betriebswirtschaftliche Gründe:** Garantie und Gewährleistung, Rückrufe können gezielter vorgenommen werden
- **Innenwirksame betriebswirtschaftliche Gründe:** Optimieren der Prozesse, kontinuierlich Prozesse verbessern, Daten sammeln, um Aussagen über die Qualität der Produkte machen zu können

Um das größte Defizit bezüglich durchgängiger Dokumentation entlang des Entstehungsprozesses zu identifizieren, muss der gesamte innerbetriebliche Lifecycle betrachtet werden. Beginnend bei der Entwicklung des Motors, geht es über zur Fertigung der Komponenten weiter über die Montage, in der die Fertigungskomponenten zusammen mit Zulieferteilen zum Motor montiert werden. Anschließend wird der Motor in sein Endprodukt verbaut und wird dem Kunden geliefert. Im Aftersales Bereich, in dem der Schwerpunkt in der Kundenbetreuung und bei der Überwachung der Motoren im Feldbetrieb bis zur Außerbetriebnahme liegt, werden dem Kunden Daten und Informationen zur Verfügung gestellt, um mit dem Fahrzeug einen problemlosen Betrieb zu gewährleisten. Es soll versucht werden, eine klare Strategie für den jeweiligen Lebenszyklus hinsichtlich der Dokumentation zu identifizieren bzw. falls nicht vorhanden, ein Konzept zu erstellen.

Die Voruntersuchung hat gezeigt, dass es in manchen Bereichen schon klarere Strategien zur Datenerfassung gibt, die noch effizienter gestaltet werden können, aber prinzipiell funktionieren. In anderen Bereichen herrschen noch größere Defizite hinsichtlich einer durchgängigen Dokumentation. So hat es sich dargestellt, dass in der Komponentenfertigung, viele produktrelevante Eigenschaften der Bauteile entstehen und aufgenommen werden könnten, aber derzeit nicht aufgenommen werden. Hinzu kommt das unterschiedliche Herangehensweisen zur Datenerfassung herrschen und nicht einheitlich agiert wird. Die Informationen, die dabei gesammelt werden könnten, können in weiterer Folge auf die in der Montage entstehenden Motoren übertragen werden, was einen großen Zuwachs in der Informationsdichte eines Motors ergeben würde. So entsteht zu jedem Motor parallel zum Montagevorgang ein digitaler Zwilling, der virtuell zusammengebaut wird.

Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit speziell die Produktion und Dokumentation auf Komponentenebene betrachtet. Das finale Ziel wäre es Daten für alle Schlüsselbauteile, also Bauteile die eine wichtige technische Aufgabe im Motor übernehmen, zu erfassen und zu speichern was nur durch das vergeben einer Seriennummer realisiert werden kann und somit jedes Bauteil und jeden Motor zu einem eindeutig identifizierbaren Unikat macht. Damit ist auch eine genaue Rückverfolgbarkeit von Komponenten und Motoren im Fall eines Schadens im Feldbetrieb gewährleistet. Mit den gesammelten Daten sollen die einzelnen Prozessschritte genau überwacht und die Produktivität durch schnell erfolgende Optimierungen erhöht und der Ausschuss gesenkt werden können. Durch das Aufbringen maschinenlesbarer Seriennummern auf jedes Bauteil, welche bei jedem Bearbeitungsschritt eingelesen werden können, werden die Komponenten im Stande sein, sich am jeweiligen Prozess an- und abmelden zu können. So lassen

sich alle im Umlauf befindlichen Teile überwachen. Somit kann der Gesamtprozess besser überwacht und besser dem Wertstrom entsprechend geplant werden, da unnötige Wartezeiten und Engpässe sichtbar werden. Das Material im Umlauf kann somit reduziert werden, was zu einer geringeren Kapitalbindung in der Fertigung führt.

Mit diesen Änderungen wird ein durchgängiges Datenmanagement angestrebt. So können redundante Anordnungen aufgedeckt und vermieden werden.

1.2 Zielsetzung

Das Hauptziel dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es, einen Vergleich des Ist und des Soll-Zustandes der Datenerfassung in der Fertigung von Motorkomponenten bei Rotax auf eine möglichst übersichtliche Art darzustellen. Rotax ist ein österreichisches Industrieunternehmen, welches auf die Entwicklung und Herstellung von Verbrennungsmotoren spezialisiert ist. Es können dabei folgende untergeordneten Ziele formuliert werden:

- Erstes Unterziel ist die methodische Erfassung des Ist-Zustands mithilfe von Interviews. Dazu soll ein Fragebogen entwickelt werden, der jeden Prozessschritt dokumentiert und seine Bedürfnisse entlang des Wertstroms aufschlüsselt und wiedergibt. Dabei soll festgestellt werden, wo welche Daten und Informationen gesammelt und gespeichert werden. Was wird beim jeweiligen Prozess benötigt und woher kommen die Ressourcen?
- Als zweites Unterziel lässt sich die Formulierung des individuellen Soll-Zustandes des Unternehmens nennen: Definition der Soll-Prozesse und Soll-Dokumentation. Dabei spielt die Bedarfsermittlung nach einer Dokumentation bei der Motorenherstellung eine wichtige Rolle. Der Soll-Zustand wird durch die Bedürfnisse der Motoren getrieben.
- Als drittes Ziel sollen die Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Dazu wird der Soll- mit dem Ist-Zustand abgeglichen. Dabei soll konzeptionell ein Lösungsweg erarbeitet werden, der das Erreichen des Soll-Zustands ermöglicht. Dieses Delta wird am Ende der Arbeit diskutiert und abgewogen um einen sinnvollen Lösungsweg zu finden.

Die Arbeit umfasst nicht die Implementierung der erarbeiteten Lösungsansätze. Enthalten ist die Analyse und Handlungsempfehlungen. Mögliche Lösungen sollen nach Ausarbeitung der Ergebnisse der Interviews und durch den Stand der Technik im Bereich der Datenerfassung in der Industrie ermöglicht werden.

1.3 Methodik und Forschungsfragen

Als Einstieg in die Arbeit und um sie fachlich einzubetten, soll zu Beginn das Thema bzw. der Begriff „Daten“ im Allgemeinen abgehandelt werden. Dazu zählen auch Themen wie Datenerfassung in der Industrie, Datenanalyse und eine Analyse der IT Systeme, die in der Industrie im Einsatz sind. Diese Thematik bildet den Grundstein der Digitalisierung und soll deswegen in dieser Arbeit als Einstieg behandelt werden. Auch die Kennzeichnung der Komponenten, die Vergabe von Seriennummern und die damit einhergehende Traceability in der industriellen Fertigung werden veranschaulicht. All das soll zu einem erhöhten Verständnis der Problemstellung beitragen, beziehungsweise schon auf Lösungsmöglichkeiten hinweisen. Dazu soll passende Fachliteratur verwendet werden. Durch die Recherche wird auch versucht, einen Überblick der

qualitätsbeschreibenden Prozess- und Produktionsdaten zu erlangen. Wenn möglich, soll ein einheitlicher Überblick aller Daten und deren Verwendungszweck gegeben werden, um eine standardisierte Vorgangsweise der Prozessinterpretation zu erlauben.

Im Laufe der Arbeit soll geklärt werden, welche unterschiedlichen Bedarfe nach Dokumentation es in Unternehmen gibt und wie sie sich einteilen lassen. Bei der Implementierung von neuen und innovativen Fertigungsverfahren in der Produktion zum Beispiel, um die Qualität der Produkte laufend zu verbessern besteht zusätzlicher Dokumentationsbedarf um diese Verfahren zu überwachen. Nach einer allgemeinen Betrachtung soll auf die individuellen Bedürfnisse von BRP-Rotax eingegangen werden.

Die methodische Ermittlung des Ist-Zustandes in der Fertigung mit Fokus auf Datenerfassung, erfolgt mithilfe eines Fragebogens. Die Ausarbeitung der Fragen bzw. des Fragebogens ist in der Voranalyse entstanden, bei der die Prozesse in einem ersten Überblick betrachtet wurden. Im Rahmen dieser vorgelagerten Betrachtung der Prozesse ist die Komponentenfertigung als Kern der Untersuchung gewählt worden. Dabei standen die Schlüsselkomponenten des Motors im Vordergrund des Interesses. Im Fragebogen, der im Zuge von Interviews befüllt wurde, standen die Ermittlung folgender Informationen im Fokus:

- die Kennzeichnung der Bauteile in der Fertigung (Bauteilkennung, Chargenzuordnung, Seriennummern) und die verwendeten Systeme (IT-Systeme) für die Dokumentation von Daten aus der Fertigung
- Ressourcenbedarf und Anforderungen um jeden Fertigungsprozess durchführen zu können: Dazu zählen technische Anforderungen von Maschine, Material, Werkzeug, ... und prüftechnische Anforderungen, um die gewünschte Qualität zu prüfen (Prüfplan, Prüfmittel, ...) Welche Kompetenzen bzw. Qualifikationen müssen die Mitarbeiter mitbringen, um den Prozess richtig durchführen zu können. Damit sollen für jeden Prozessschritt folgende Fragen beantwortet werden: Was brauche ich hier? / Welche Informationen benötige ich dazu? / Wo steht diese aktuell?
- Es soll ermittelt werden, welche Informationen aus der laufenden Produktion auf ein einzelnes Bauteil gespeichert werden. Wenn nicht vorhanden, soll der Bedarf durch die Interviews ermittelt werden.

Der Fragebogen und die Interviews haben neben der Erhebung der in der Fertigung verwendeten Daten und Informationen auch den Sinn, das unterschiedliche Wissen der unterschiedlichen Mitarbeiter zu sammeln. Mitarbeitern sollen alternative Wege und Herangehensweisen aufgezeigt werden und eine mögliche Betriebsblindheit soll ihnen vor Augen geführt werden. Aussagen wie „Das haben wir schon immer so gemacht“ sollen entkräftet werden und Mitarbeitern alternative Wege bei der Bewältigung der bisherigen Aufgaben gezeigt werden. Dabei soll auch die Bereitschaft der Mitarbeiter für eine anstehende Änderung der Prozessabläufe geweckt werden. Erleichterungen durch „digitale“ Unterstützung im Ablauf sollen aufgezeigt werden und dabei eine Bereitschaft zur Implementierung von Neuerungen gestiftet werden. Durch die Veranschaulichung der Herangehensweise der bereits stattfindenden Dokumentation soll es ermöglicht werden, eine generelle Strategie auszumachen, welche sich mit dem gesamten Prozess verträgt. So sollen Prozessdaten und Produktdaten zukünftig in einem System gesammelt werden und unter Umständen gemeinsam ausgewertet werden können.

Durch den Fragenkatalog soll es möglich sein, die Bewertung der Prozesse möglichst neutral durchzuführen. Es sollen durch die Dokumentation, nicht nachvollziehbare Qualitätsprobleme erklärbar gemacht werden. Als Orientierungshilfe in der Selektion der Daten sollen Key Performance Indicators (KPI's) helfen, welche bei der Voranalyse der Prozesse als besonders wichtig ausgemacht wurden:

- Kennzeichnung der Bauteile
- Anzahl der unterschiedlichen Systeme und Schnittstellen
- Anzahl der gleichen Daten, Transparenz, Redundanz auflösen
- Kosteneinsparung bei Datenerfassung (Automatisierung der Datenerfassung)
- Rüstzeiten (Erststückfreigabe)
- Bedarf der Datenerfassung (Kosten/ Nutzen)

Bei der Analyse der Ergebnisse der Interviews und bei der Suche nach Lösungen für das Unternehmen, sollen zusätzlich auch die Vor- und Nachteile der zwei unterschiedlichen Systeme (AC-/ Rotax-Motoren) erarbeitet werden. Darauf aufbauend kann ein Konzept erarbeitet werden, welches die Bedürfnisse beider Motorenfamilien bedient. Effiziente Erfassung von Daten in der Produktion und trotzdem möglichst tiefgehende Informationen pro Einzelteil, bei denen es verlangt wird.

Hierbei sollen einerseits die beiden Systeme der Ist-Situation verglichen werden und andererseits mit anderen möglichen Lösungen verglichen werden.

1.3.1 Forschungsfragen

Um die Arbeit in die richtige Richtung zu leiten und um den roten Faden nicht zu verlieren, sollen die nachstehenden Fragen beantwortet werden und zentral in den Verlauf der Arbeit eingebaut werden. Damit soll im Laufe des Entstehungsprozesses der Arbeit immer wieder „ein Schritt zurück“ vollzogen werden, also die Problemstellung und Lösungsfindung immer wieder mit etwas Abstand betrachtet werden, um den Sinn und Zweck zu hinterfragen und so den Fokus zu überprüfen. Das führt in weiterer Folge zu einer konzeptionellen Erstellung der angestrebten Datenerfassung und gibt Aussicht auf den Bedarf.

- Welche Daten können in der Produktion entlang des Wertstroms gesammelt und gespeichert werden und welche IT- Systeme sind dazu im Einsatz?
- Welche Möglichkeiten gibt es, diese Daten auf ihre Brauchbarkeit und ihren Nutzen im weiteren Informationsfluss zu bewerten?
- Was wird benötigt, um für jede einzelne Komponente benötigte Daten zu erfassen?
- Welche Kontrollmechanismen zur Überprüfung der Qualität der Bauteile sind am effektivsten und wirtschaftlichsten?
- Ist die Zusammenlegung unterschiedlicher Produktionen zielführend?

Die Beantwortung dieser Forschungsfragen soll im Verlauf der Arbeit mithilfe der Analyse des Ist-Zustandes und mit passender Literatur geschehen.

1.3.2 Überblick der Vorgangsweise

Zu Beginn dieser wissenschaftlichen Arbeit wird im ersten Kapitel eine Einleitung in das Thema der Arbeit gegeben. Dabei soll ein Ausblick auf die in dieser Arbeit erhofften Ziele gegeben werden. In Kapitel zwei wird auf die theoretischen Grundlagen im Zusammenhang mit dem Thema Datenerhebung, -erfassung und -speicherung eingegangen. Der Stand der Technik der IT-Systeme und ein aktuelles Model der Industrie 4.0 sollen die Bedürfnisse der Industrieunternehmen darstellen. Mithilfe dieser Grundlage, lässt sich die gewünschte Zielsetzung abschätzen und der Ist-Zustand besser verstehen und kritischer hinterfragen.

Mit dem Ziel des Unternehmens, eine elektronische Motorakte für die Sammlung von Prozess- und Produktdaten, die während der Produktion entstehen, einzuführen, soll diese Arbeit die Schwierigkeiten aufzeigen, die eine solche Implementierung mit sich bringt. Es soll eine ganzheitliche Betrachtung des Unternehmens vorgenommen werden. Zuerst soll eine Voranalyse durchgeführt werden, die dabei hilft das Unternehmen kennen zu lernen und erste Schwächen zu offenbaren. Dabei sollen auch Bedarfe der einzelnen Bereiche definiert werden.

Im dritten Kapitel wird die Situation bei Rotax betrachtet. In einer Ist-Stand Analyse soll auf die kritischen Prozesse der in der Voranalyse ausgemachten Bereiche eingegangen werden. Durch einen für diese Aufgabe erarbeiteten Fragebogen soll die Ermittlung des momentanen Ablaufs der Dokumentation und der bis jetzt benützten Systeme erfolgen. Der Fragebogen wird in Folge im Rahmen von Interviews befüllt. Mithilfe dieses Fragebogens soll gezeigt werden, welche Daten bereits erfasst werden und wo diese zu finden sind. Darüber hinaus soll durch die methodische Erfassung des Ist-Standes ein genaues Datenblatt entstehen, welches den Zustand der ausgewählten Bereiche des Unternehmens wiedergibt.

Durch eine methodische Erhebung der Prozesse mithilfe des erarbeiteten Fragebogens, wird die Datenerhebung in der Fertigung erfasst und auf Mängel geprüft. In weiterer Folge soll analysiert werden ob es möglich ist, den wesentlich höheren Aufwand der AC-Motoren -Dokumentation mithilfe eines effizienten Datenerfassungstools, welches auch für die restliche Produktion eingesetzt werden kann, zu erfassen und so den Aufwand zu verringern.

Um sich einen Überblick zu verschaffen, werden Schlüsselkomponenten aus vier Motoren der insgesamt 22 Motoren umfassenden Produktpalette ausgewählt: ein Vierzylinder Flugmotor 912 mit sehr hohem Dokumentationsbedarf, ein Schneeschlitten Zweizylinder Zweitaktmotor 849 mit diversen „neuen“ und damit heiklen Technologien mit mittlerem Dokumentationsbedarf und ein Dreizylinder Viertaktmotor 903 mit geringem Dokumentationsbedarf.

Dabei wird einerseits ein Blockzylinder untersucht, der einige neue Fertigungstechnologien vereint. Am Beispiel dieses Motors sollen effektive Wege der Prozessoptimierung und der Dokumentation geplant werden. Andererseits werden Kurbelwellen von einem Rotax-Motor und einem AC-Motor verglichen. Die Motivation dabei ist das Aufzeigen einer Annäherung der unterschiedlichen Dokumentationssysteme.

Für diese Motoren und in weiterer Folge für alle Motoren des Unternehmens soll ein einheitlich aufgebautes Dokumentationstool entstehen. Es soll jeder Motor in der für ihn erforderlichen Dokumentationsschärfe dokumentiert werden, es soll also die richtige Datenerfassungsdichte gefunden werden, um alle regulatorischen und prozessoptimierenden Bedürfnisse abzudecken.

Das heißt, dass nach einer wirtschaftlichen Lösung gesucht wird, die bestmöglich die Anforderungen aller Motoren erfüllt. Dabei müssen zur Prozessoptimierung andere Daten erfasst werden als für die Produktbeschreibung, um Aussagen über die Qualität zu machen. Bevor sich die Datenverarbeitung und die daraus resultierenden Optimierungsansätze verwirklichen lassen, muss die fehlerlose Erfassung der Daten gewährleistet sein.

2 Theorie: Datenerfassung und -verwaltung

Mit Schlagwörtern wie Industrie 4.0 mit der die 4. Industrielle Revolution eingeläutet wurde ist schlussendlich das Umsetzen des Konzepts der smarten Fabrik gemeint in der die „Interaktion aller an der Produktion beteiligten Akteure und Ressourcen in Echtzeit“ (Bracht, Geckler, & Wenzel, 2018) gelingt. Diese liegt für die Industrie noch in der Zukunft jedoch ist eine wichtige Voraussetzung dafür die digitale Fabrik, welche bereits in vielen Unternehmen umgesetzt wird. Diese ist definiert als ein „Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen ... die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt“ (VDI 4499, 2008) (Blatt1, S. 3).

Die digitale Fabrik ist in vielen Unternehmen historisch gewachsen. So wurde mit der computergestützten Erstellung von Zeichnungen begonnen und schrittweise immer mehr Systeme zur Modellerstellung und für die Planung von Prozessen eingeführt. Das führt dazu, dass in vielen Unternehmen eine Vielzahl an unterschiedlichen Systemen im Einsatz sind und so ein sehr intransparentes Datenmanagement die Folge ist. Um die Anzahl von Systemen und von Schnittstellen und der damit verbundene Aufwand für Wartung und Instandhaltung so wie beispielsweise Stammdatenpflege so gering wie möglich zu halten muss ein einheitliches System eingeführt werden.

In der industriellen Produktion fallen bei jedem Prozess über den gesamten Lebenszyklus unzählige Prozessparameter an. In den meisten Fällen bleiben diese an der jeweiligen Maschine und dienen nur vor Ort um Fehlermeldungen anzuzeigen und so den Zustand der Maschine zu überwachen. Im Zuge der Vernetzung der Fabrik und somit mit der zentralen Sammlung aller Daten wird nach und nach Maschine für Maschine ans Intranet angeschlossen. So können Maschinen zentral überwacht und gesteuert werden.

Diese anfallenden Daten werden gesammelt, gespeichert und verarbeitet. Dabei kann die Produktion in Echtzeit überwacht werden. In weiterer Folge wird so neues Wissen innerhalb des Unternehmens generieren was zu großen Einsparungen führen kann. In diesem Kapitel soll ein Überblick über alle Daten, die in der Produktion anfallen und benötigt werden gegeben werden. Dabei soll die Motivation zur Sammlung von Daten erläutert werden.

2.1 Daten, Informationen und Wissen

In diesem Kapitel wird eine grundlegende Erklärung zu Daten, Informationen und Wissen in Unternehmen und wie diese Begriffe miteinander verbunden sind gegeben. Wo kommen Daten in der produzierenden Industrie vor und wozu werden sie gebraucht? Wie können sie unterteilt werden? Diese Fragen werden nachfolgend beantwortet. Um die Bedeutung grundlegender Begriffe für diese Arbeit fest zu legen werden nun Definitionen und Erklärungen dafür angegeben.

Daten, Informationen und Wissen:

In der Industrie werden Daten zu Prozessen, Produkten, Qualität, Beschäftigten und aus dem Umfeld erhoben, gespeichert und ausgearbeitet. Daten, Informationen und Wissen sind die Grundlage der Digitalisierung speziell, wenn es darum geht Produkte und Fertigungsprozesse zu optimieren. Daten, Informationen und Wissen werden in der Literatur wie folgt definiert.

„durch Beobachtungen, Messungen, statistische Erhebungen gewonnene [Zahlen-] werte“ (DUDEN online, 2018).

„Daten sind Träger dessen, was durch naturgesetzliche Struktur beschreibbar ist.“ (Kraske, 2018)

„Data is what comes directly from sensors, reporting on the measurement level of some variable. Information is data that has been organized or given structure — that is, placed in context — and thus endowed with meaning “ (Glazer, 1991).

Daten sind nach diesen Definitionen gewissermaßen immer Rohdaten. Sie geben immer den momentanen Zustand an. Sie sind auf naturwissenschaftliche Gesetze zurück zu führen und sollten durch diese auch erklärbar sein. Daten sind eine objektive Darstellung der Wirklichkeit. Daten werden in der Fertigung meist von Sensoren erhoben und an verarbeitende Stellen weitergeleitet. Das sind in erster Instanz in der Industrie meist Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) welche auf die Signale der Sensoren mithilfe von Aktoren den Prozessablauf steuern.

„Informationen sind Daten plus menschliche Wertung.“ (Kraske, 2018)

„Information tells the current or past status of some part of the production system. Knowledge goes further; it allows the making of predictions, causal associations, or prescriptive decisions about what to do.“ (Bohn, 1994)

Sobald man Daten beginnt zu strukturieren oder eine Bewertung einfließen zu lassen werden aus diesen Informationen. Informationen sind aber noch immer rein beschreibend. Aus denselben Daten lassen sich unterschiedliche Informationen ableiten, je nach Betrachtungsweise und Betrachter. Erst wenn sich aus den Informationen Voraussagen treffen lassen ist man dabei neues Wissen zu schaffen. So kann aus erfassten Daten eines Prozesses nicht nur die Feststellung eines nicht erwünschten Zustandes hervor gehen, sondern durch auswerten der Daten und Interpretation der Informationen die Ursache für das Problem identifiziert werden.

In Abbildung 1 ist dieser Zusammenhang noch einmal visuell dargestellt. Hier wird noch eine Ebene weiter unten begonnen. Zeichen benötigen Syntax um als Daten war genommen zu werden. Die weiteren Ebenen sind wie oberhalb beschrieben miteinander verknüpft.

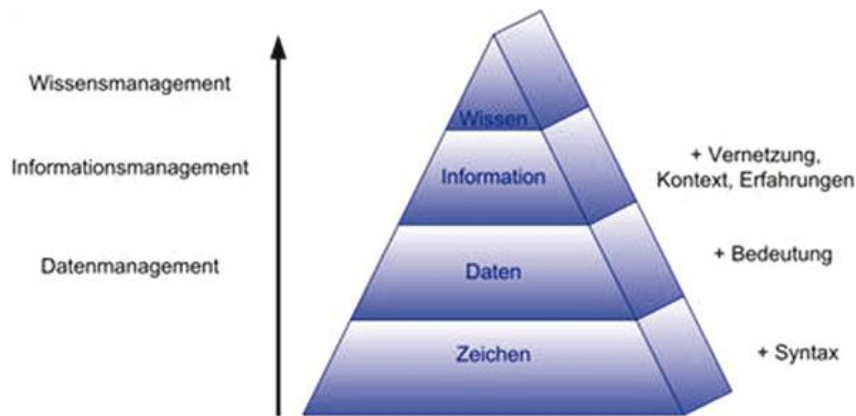


Abbildung 1: Wissenspyramide [Forst, A 1998]

In Unternehmen hat sich eine eigene Disziplin dafür begründet und zwar die des Wissensmanagements. Sie steht über dem Informationsmanagement und dem Datenmanagement wie in Abbildung 1 zu sehen. Mithilfe dieser kann die Ressource Wissen verwaltet werden um den maximalen Nutzen daraus zu ziehen: Die Bedeutung und der Aufbau von fundiertem Wissen über eigene Produkte dient nicht nur der Optimierung dieser und der Prozesse, die sie produzieren, sondern kann auch die Grundlage für potenzielle neue Geschäftsfelder bieten die sich in beratenden Tätigkeiten manifestiert.

Daten werden für die Produktion in Form von 2D-/ 3D-Zeichnungen, Arbeitsplänen, Prüfplänen usw. bereitgestellt und werden in der Produktion erfasst (z.B.: Prozess-, Qualitäts- und Rückmeldedaten) und weitergegeben und verarbeitet. Dabei kann man die (industrielle) Produktion verstehen als „die Erzeugung von Ausbringungsgütern (Produkten) aus materiellen und nicht-materiellen Einsatzgütern (Produktionsfaktoren) nach bestimmten technischen Verfahrensweisen.“ (Günther & Tempelmeier, 2016) Dieser Transformationsprozess mit seinen In- und Outputs ist in Abbildung 2 dargestellt.

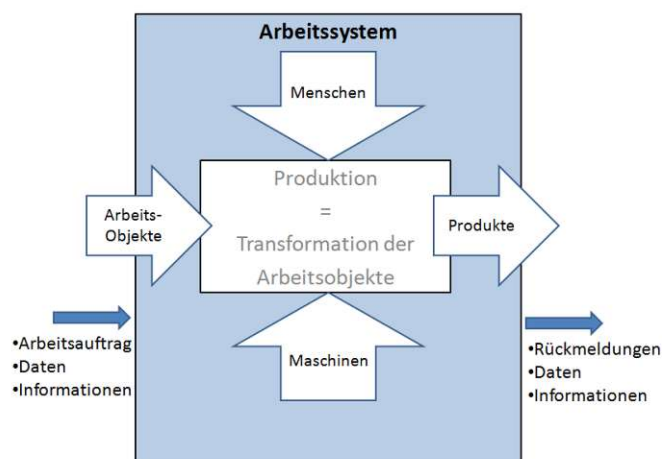


Abbildung 2: Input und Output in der Produktion, ein Arbeitssystem ist die kleinste selbstständig arbeitsfähige Einheit in der Produktion

Ein Arbeitssystem ist die kleinste selbstständig arbeitsfähige Einheit der Produktion. Zur Fertigung eines Produkts reihen sich mehrere Arbeitssysteme hinter einander wobei der Output des

vorgelagerten Arbeitssystems der Input des nächsten darstellt. So variiert abhängig vom jeweiligen Arbeitsplan des Produkts die Anzahl der Arbeitssysteme, die durchlaufen werden müssen bis das gewünschte Endprodukt erreicht ist. Um das zu veranschaulichen ist in Abbildung 3 ein fiktiver Wertstrom dargestellt.

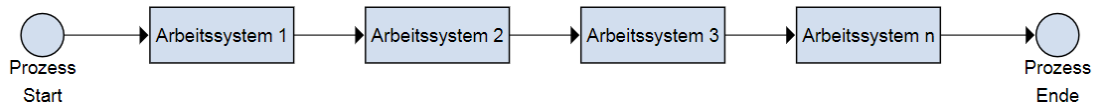


Abbildung 3: Wertstrom eines fiktiven Produkts mit n Arbeitssystemen, Prozess Start kann ausgelöst werden durch die Annahme eines Fertigungsauftrags, Prozess Ende wird durch Erreichen des Endprodukts ausgelöst

Die Produktion ist ein Wertschöpfungsprozess in dessen Fließrichtung Wert durch Bearbeitung hinzugefügt wird. Somit erfährt das Arbeitsobjekt eine Wertsteigerung. Wenn ein Arbeitsprozess nicht planmäßig verläuft entsteht ein fehlerhaftes Produkt welches als Ausschuss dem Prozess entnommen wird. Gründe dafür sind mannigfaltig. Beispiele dafür wären unter anderem: falscher Rüstzustand, verschlissenes Werkzeug oder Prozessparameter, die nicht eingehalten wurden. Umso früher ein Arbeitsobjekt als Ausschuss feststeht desto geringer ist der wirtschaftliche Verlust für das Unternehmen. Ausschusswert eines Bauteils setzt sich aus Materialkosten und Anarbeitskosten zusammen. Daher ist es von Vorteil, wenn jedes Arbeitssystem überwacht wird um Fehler schnellstmöglich festzustellen. So können schadhafte Produkte früh im Prozess ausgeschleust werden und Ressourcen bei nachgelagerten Arbeitssystemen können eingespart werden. Das Vertrauen auf eine Schlusskontrolle am Ende einer Produktion, bei der das Endprodukt kontrolliert wird ist sehr unwirtschaftlich. Dabei scheinen Schäden und Mängel auf, die in Arbeitssystemen entstanden sind, die oftmals weit vorgelagert sind. Betriebswirtschaftlich innenwirksam macht es mehr Sinn laufend die Qualität des Produkts zu prüfen um dadurch Ausschuss früher als solchen zu erkennen. Das soll über vermehrte Datenerfassung an jedem Wertschöpfenden Schritt ermöglicht werden. Mit einer lückenlosen Prozessüberwachung können Endkontrollen eingespart werden.

Im Fokus dieser Arbeit stehen die nichtmateriellen Einsatzgüter und die nichtmateriellen Ausgänge. Die nichtmateriellen Einsatzgüter kommen aus der Entwicklung und der Produktionsplanung. Sie sind als Arbeitsaufträge, Daten und Informationen in der Abbildung 2 eingezeichnet. In ihnen sind alle Soll-Maße, Toleranzen, Passungen und Rauheiten die das entstehende Produkt haben muss festgelegt. Die Kontrollmechanismen um die Qualität der Produkte zu überprüfen sind vor Beginn der Produktion bereits in Prüfplänen ebenfalls fixiert. In Arbeits- bzw. Fertigungsaufträgen ist der Umfang der zu produzierenden Produkte festgelegt. Die Taktung der unterschiedlichen Fertigungslose erfolgt nach Bedarf der Montage, die wiederum nach Erfahrungswerten und nach Abschätzung der Kundenwünsche ausgelegt sind.

Die nichtmateriellen Ausgänge sind als Rückmeldungen, Daten und Informationen in Abbildung 2 gekennzeichnet. Der Begriff Rückmeldung beschreibt das Rückmelden von Ressourcen wie zum Beispiel Maschinen, Arbeitsplätzen und Mitarbeitern und das Rückmelden des fertigen Produkts um es zur Lieferung, für die Montage oder für den nächsten Bearbeitungsschritt bereit zu melden. Bei der industriellen Produktion die nach Möglichkeit dem Stand der Technik

entsprechend angepasst werden kommen durch die Digitalisierung der Fertigung weitere nicht-materielle Ausgänge hinzu. Der Fertigungsprozess soll in Echtzeit verfolgt werden und so überwacht und gesteuert werden. Um das zu ermöglichen müssen Prozessbeschreibende Daten das Arbeitssystem verlassen welche den Prozess wieder spiegeln. Dazu dient die Betriebsdaten- und Maschinendatenerfassung (BDE und MDE). Um sich externe Qualitätsprüfungen zu ersparen und damit auch einen weiteren Prozessschritt können so auch Produktdaten im Arbeitssystem erhoben werden. Diese qualitätsbeschreibenden Daten können auch in Echtzeit überwacht werden und so Eingriffsmöglichkeiten in die Produktion ermöglichen falls ein Maß aus einer Toleranz fällt.

2.2 Datenerfassung und -verarbeitung

Die Datenerfassung und -verwaltung befasst sich mit der Erhebung und Auswertung von Daten. In einer Studie des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wurde unter anderem auch dieses Thema mit Anwendung in der Industrie 4.0 behandelt. Dabei sind viele Ansätze der Betriebsdatenerfassung mit eingebunden. Dort werden als Elemente dieser folgende genannt:

- Kundendaten (CRM, Kundenwünsche, Marktstudien, Feedback, Auftragshistorie)
- Produktdaten (Auftragsdaten, Spezifikationen, Stückzahlen, Lieferzahlen, Produktidentifikation, Produkthistorie, Preise, Liefertermin)
- Produktionsdaten (Fertigmeldungen, Prozessquittierung, Störungen, Stückzahlen)
- Lager- und Bestandsdaten (Transport und Lagerbuchungen, Objektlokalisierung)
- Kapazitätsdaten (Maschinenauslastung, Mitarbeiterereinsatz, Kapazitäten, OEE, Stillstandszeiten)
- Nutzungsdaten (Betriebsdaten, Nutzungsverhalten, Wartungs- und Verbrauchsmaterialbedarfe, Zustands- und Verschleißinformationen für Maschinen, Transporteinrichtungen)
- Qualitätsdaten (Liefertreue, Produktqualität, Ausfälle, Probleme, Rückläufer, Reklamationen)
- Umgebungsdaten (Position, Temperatur, Feuchtigkeit)
- Wissen (Dokumentation von Problemen, Mitarbeiterkommunikation)
- Supply-Chain-Daten (Auslastung, Termine, Verzögerungen)
- (Big-)Data Analysen (u.a. Sensordatenfusion) (z. B. zur Marktanalyse, Produktionsoptimierung etc.)

Wie man sieht lässt sich fast jeder Bereich eines Unternehmens mit einbeziehen. Das zeigt wie umfangreich die Herausforderungen für fast jede Branche sein können. Die in der Studie angeführte Vorgehensweise zielt darauf ab durch stets aktuelle Daten die Produktion in Echtzeit zu planen und zu steuern. Durch die automatisierte Datenerfassung und der damit verbundene Informationsgewinn führt zu einem besseren Verständnis der Abläufe. So können Entscheidungsträger fundierter Handlungsentscheidungen treffen. Durch die automatisierte Datenerfassung ist es möglich „die Prozesse einer ständigen Qualitätskontrolle zu unterziehen und die Fehler in einem frühen Stadium der Fertigung zu eliminieren“ (agiplan GmbH, Fraunhofer IML, Zenit GmbH, 2015). Als Leitfrage wird ausgegeben: „Welche Daten werden erfasst/ generiert

und wofür werden sie verarbeitet?“ Als Schlagwörter in diesem Zusammenhang können noch genannt werden: Sensortechnik/ RFID/ Barcode, Datenanalyse/ Big-Data Analyse, Dokumentation und Datenverwaltung, Simulation und Datensicherheit.

2.3 IT- Systeme

In der Industrie kommen immer mehr IT-Systeme zum Einsatz. Mit der Verbreitung von Konzepten wie Industrie 4.0, Digitalisierung und Smart Factory die kommt einher das immer mehr Arbeitsschritte zentral gesteuert und überwacht werden. Diese Konzepte beinhalten immer Datenerfassung und -verarbeitung. Um das zu schaffen benötigt es immer mehr IT-Systeme. Im Folgenden werden einige wichtige Vertreter der in der Industrie zum Einsatz kommenden IT-Systeme in logischen zusammenhängen nähergebracht. Die IT kann als integraler Bestandteil innovativer komplexer Produkte betrachtet werden.

2.3.1 Automatisierungspyramide

Um den fortschreitenden Wunsch nach Automatisierung verwirklichen zu können muss auf mehrere Assistenzsysteme zurückgegriffen werden. Diese können in der Automatisierungspyramide visualisiert werden, in der den jeweiligen Programmen ihre Hierarchiestufe zugewiesen wird.

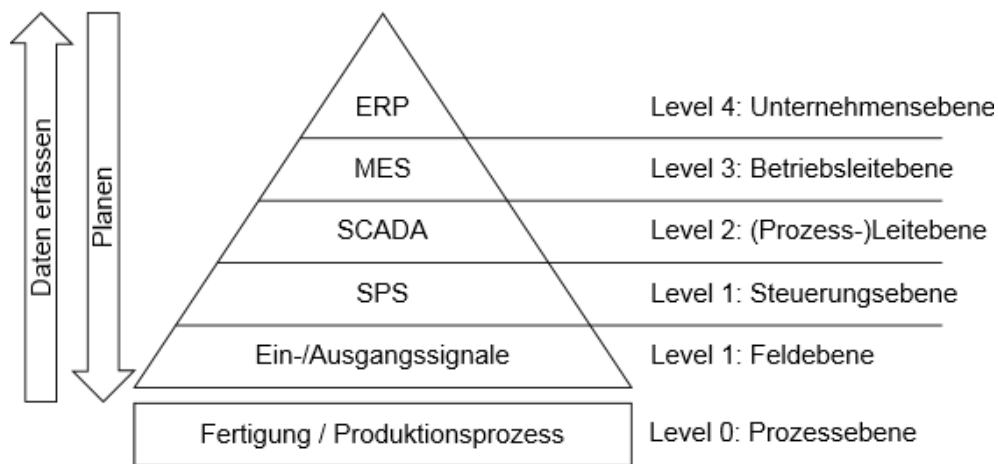


Abbildung 4: Automatisierungspyramide [Quelle: ISA95]

ERP Level 4: „ERP-Systeme sind Informationssysteme, die die Aufgabe haben, die Ressourcen eines Unternehmens (Betriebsmittel, Personal, Kapital) möglichst effizient zu nutzen (ERP = Enterprise Resource Planning)“ (Kletti & Schuhmacher, 2014). ERP Systeme geben der Fertigung vor was zu produzieren ist und in welchen Mengen. Die Rückmeldung von Fertigungsaufträgen erfolgt ebenfalls in ERP-Systemen. Es wird die Grobplanung der Produktion im ERP-System festgelegt. Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (PPS) sind meist im ERP-System integriert.

MES Level 3: Ein MES (Manufacturing Execution Systems) kann in vier Kern Funktionalitäten eingeteilt werden. Die Komponenten sind: Fertigungsleitstand, Betriebs-/ Maschinendatenerfassung, Personal- sowie Qualitätsmanagement (Kurbel, 2016). Für alle Funktionen gilt, dass

sie zwar nicht neu erfunden wurden jedoch durch die Einführung eines MES wurden sie für eine reibungslose Durchführung in der Fertigung in das MES-Konzept integriert. Ein MES System ist darauf ausgelegt wesentlich schneller als ein ERP-System auf unvorhergesehene Einflüsse zu reagieren. In der VDI 5600 ist der Aufgabenbereich eines MES Systems definiert. Dabei sind acht Bereiche identifiziert worden, die ein MES unterstützen sollte. Diese sind: Feinplanung und Feinsteuerung, Betriebsmittelmanagement, Materialmanagement, Personalmanagement, Datenerfassung, Leistungsanalyse, Qualitätsmanagement und Informationsmanagement. Die Planung des Fertigungsgeschehens auf Stunden und Minutenbasis wird hier so wie die laufende Überwachung und Rückmeldung vom MES übernommen. Ein MES System dient meist als Daten- Kollektor welcher Daten aus der Fertigung aufnimmt und in einer Datenbank speichert.

SCADA Level 2: SCADA steht für Supervisory Control And Data Acquisition, also die übergeordnete Steuerung und Datenerfassung. Jede Anwendung, die Betriebsdaten aus einem System erfasst, um dieses System zu steuern und zu optimieren, ist eine SCADA-Anwendung.)

SPS Level 1: Steuerungsebene: PLC/ SPS (Steuerung der Maschine, Eingänge: Sensoren um Prozessfortschritt zu überwachen, Ausgänge: Aktoren um Prozess zu beeinflussen),

Ein-/ Ausgangssignale Level1: Ausgangs- und Eingangssignale

Fertigung/ Produktionsprozess Level 0: Sensoren in Maschinen und Qualitätskontrollen. Das können zum Beispiel Temperaturfühler, Druckmesser oder diverse Prüfmittel sein.

2.3.2 Weitere IT-Systeme der Industrie

Bei Informationstechnischen Systemen (IT-Systeme) welche auch als Informationsverarbeitende System bezeichnet werden können, „die im industriellen Umfeld eingesetzt werden, kann man grundsätzlich unterscheiden zwischen solchen IT-Systemen, die für die konkrete Bearbeitung einzelner Aufgaben im Gesamtprozess durch einzelne Personen verwendet werden, und solchen, die gesamte Prozesse und das übergreifende Daten-, Prozess- und Informationsmanagement unterstützen“ (Gerhard, 2016). Neben den oben genannten Systemen gibt es noch weitere die folgenden kurz erläutert werden sollen:

PDMS Produktdatenmanagementsysteme sind spezielle betriebliche (technische) Informationssysteme, die im Rahmen der virtuellen Produktentwicklung die Basis für das erforderliche Informationsmanagement bilden. PDMS sind zentrale Systeme für das „Product Lifecycle Management“. In PDMS werden Daten von Erzeugerssoftwaresystemen gesammelt wie in Abbildung 5 unterhalb ersichtlich. Ein PDM- System setzt sich aus Anwendungsfunktionen und Systemfunktionen zusammen.

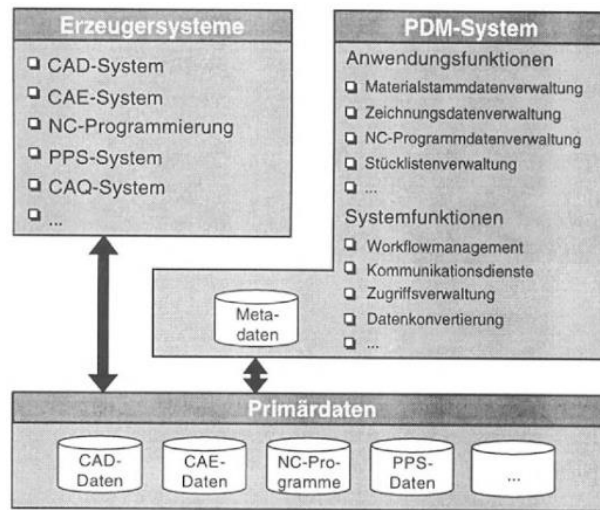


Abbildung 5: Grundkonzept von PDM Systemen

Primärdaten, wie in oberer Abbildung vorkommend, sind Daten in Formaten aus ihren Erzeugungssystemen. Diese können sofern nicht die passende Software am jeweiligen Rechner des zugreifenden Nutzers installiert ist nicht geöffnet werden. Metadaten sind strukturierte Daten die andere Daten beschreiben. Sie weisen den eigentlichen Daten Namen und Eigenschaften zu.

Erzeugersysteme oft auch Autorensysteme genannt sind jene Systeme in der die eigentliche Entwicklung stattfindet. Das sind unter anderem Systeme, die unter CAx Systemen bekannt sind. Damit sind beispielsweise CAD (Computer -aided design), CAE (Computer –aided engineering) oder CAQ (Computer-aided quality) Programme inbegriffen wie in der Abbildung 5 oberhalb zu sehen. Es können aber auch Textverarbeitende Programme, Berechnungs- und Simulationsprogramme oder Programme zur Erstellung von NC-Programmen sein.

CRM- Systeme (Customer-Relationship-Management Systeme) sind Kundenbeziehungsmanagement Systeme, die zur Interaktion mit Kunden zur Verfügung stehen. CRM soll es Unternehmen erleichtern sich nach den Kundewünschen auszurichten und Kunden enger an ihr Unternehmen zu binden. Zusammenfassend kann man sagen das drei Bereiche besonders relevant für CRM sind: Marketing, Verkauf und Service.

Meistens werden die vorgestellten IT-Systeme in Kombination angewandt. Das resultiert daraus das über die Konzeptfindung und Entwicklung bis hin zum Kundenservice eine Vielzahl an unterschiedlichen Systemen gebraucht wird. Wichtig dabei sind die richtigen Schnittstellen zur einfachen Übergabe von Daten. Ein Beispiel dafür soll das Folgende Beispiel zeigen.

Beispiels eines Zusammenspiels von CAx, PDM und ERP

Alle relevanten Daten, von der Produktplanung über Konstruktion, Arbeitsplanung, Herstellung und Vertrieb, sollen in einem integrierten Produkt- und Prozessdatenmodell abgelegt werden. Die Produktstruktur wird nach und nach im PDM-System aufgebaut. Die CAx-Systeme modellieren das Produkt und erzeugen die Elemente der Produktstruktur, die in das PDM-System übernommen und dort geändert, versioniert und archiviert wird. Es soll auch ermöglicht werden die Daten rechnergestützt verwalten zu können. Im ERP-System wird die Fertigung bestimmter

ausgewählter Versionen einer Produktstruktur unterstützt. Die Übergabe von Daten und Dokumenten aus dem PDM-System in das ERP-System erfolgt über eine eindeutige Schnittstelle, welche die Strukturdaten der freigegebenen Version (Produktstruktur, Stückliste, Arbeitspläne etc.) sowie die auftragsbezogenen Daten enthält. (Kurbel, 2016)

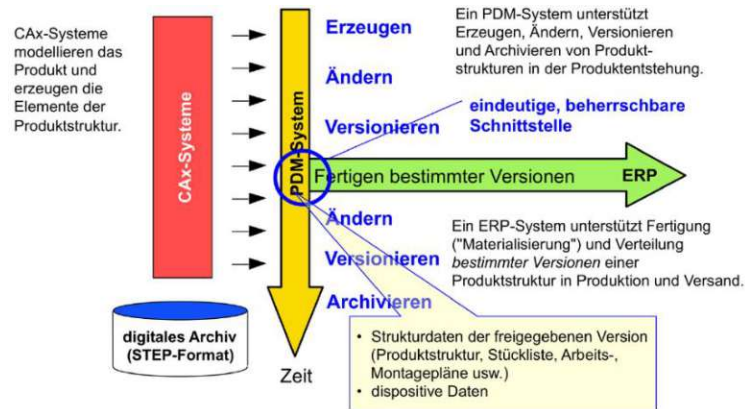


Abbildung 6: Zusammenspiel von CAx-, PDM-, und ERP-Systemen [VDI 2219:2016]

2.3.3 Kommunikationsprotokolle

Dieses Protokoll gibt die Wechselwirkung von Instanzen an, welche sich an feste Regeln halten. „Ein Kommunikationsprotokoll ist eine Verhaltenskonvention, die die zeitliche Abfolge der Interaktionen zwischen den dienstbringenden Instanzen vorschreibt und die Formate (Syntax und Semantik) der auszutauschenden Nachrichten definiert.“ (König, 2003)

Als De-facto-Standard hat sich in der Industrie OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) durchgesetzt. Dieses Protokoll wird zum Daten- und Informationsaustausch eingesetzt und wird in allen Schichten der Automatisierungspyramide eingesetzt. Um Alt-Anlagen zu verbinden kommen Gateway Lösungen zum Einsatz. Diese Gateways dienen zur Umsetzung des alten Protokolls.

2.4 Datenverwaltung und Stammdaten

Neben der Erhebung von Daten in dem operativen Geschäftsfeld eines Unternehmens („Front-end“ (=Dateneingabe, Datenerfassung)) um mehr Informationen über Prozesse zu generieren und sich so einen Wissensvorsprung gegenüber der Konkurrenz aufzubauen ist es auch wichtig die bereits vorhandenen Daten zu verwalten um Fehler in der Datenstruktur zu vermeiden. Wenn alle notwendigen Daten eines Unternehmens gesammelt werden um Entscheidungen zentraler und schneller treffen zu können muss auch das Backend (=Datenbank/ Verwaltung des Datenbestands) funktionieren um daraus Kapital schlagen zu können. Qualitätseigenschaften bezüglich Daten wie: „korrekt, aktuell, relevant, zeitnah und periodengerecht verbucht, konsistent, vollständig sowie redundanzfrei“ (Hildebrand, Gebauer, Hinrichs, & Mielke, 2015) müssen im „Back-end“ erfüllt werden.

Nicht nur die richtige Auswahl der Daten und das anschließende Sammeln verursacht einen großen Aufwand, sondern auch das Speichern und Verarbeiten. Datenbestände müssen gepflegt werden und so ist das Verwalten von Stammdaten in Datenbanken ein nicht unwesentlicher Aufwand. Dabei spielen Stammdaten nicht nur innerhalb eines Informationssystems eine Rolle, sondern heutzutage in unternehmensübergreifenden Systemintegrationen. Dabei sind Stammdaten in Systemen wie: Enterprise Resource Planning (ERP), Supply-Chain Management (SCM), Advanced Planner and Optimizer (APO), Customer-Relationship-Management (CRM), Product Lifecycle Management (PLM) von Bedeutung. Stammdaten können als Grundlage der Informationssysteme angesehen werden. Um diesen Arbeitsaufwand so gering wie möglich zu halten ist es sinnvoll möglichst wenige Datenbanken zu führen. Das verhindert die redundante Datenhaltung in unterschiedlichen Systemen und verringert die Anzahl der benötigten Schnittstellen. Datenbanksysteme beinhalten Datenbankmanagementsysteme und die Datenbank, in der die eigentlichen Informationen gespeichert sind.

In ERP-Systemen bleiben die Stammdaten über den gesamten Prozess erhalten und beeinflussen diesen. Beispielweise werden Materialstammdaten in Stücklisten und weiter in Kalkulationen für die Fertigungsplanung eingebaut. Sie können ebenfalls dem Vertrieb und anderen Abteilungen zugeordnet werden. Dazu ist in Abbildung 7 unterhalb ein Überblick der Einflüsse von Stammdaten in Abläufen von Unternehmen.

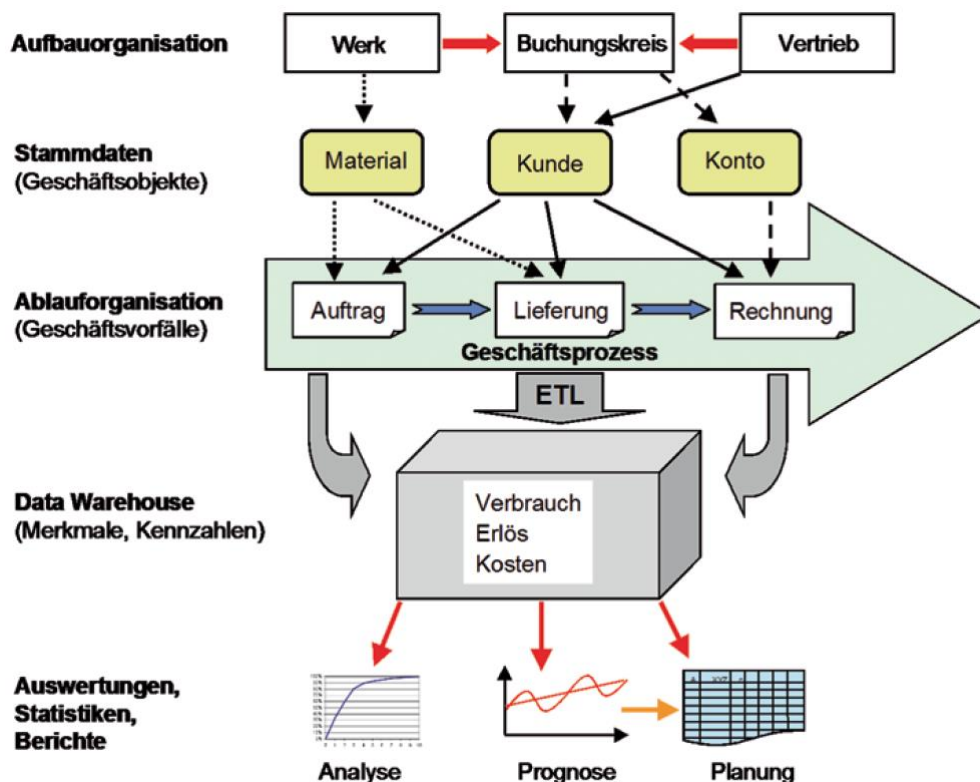


Abbildung 7: Stringente Verfolgung der Stammdaten über abhängige Informationssysteme (Hildebrand, Gebauer, Hinrichs, & Mielke, 2015)

Die aus dem Geschäftsprozess resultierenden Daten, in der Abbildung durch ETL (Extract, Transform, Load) gekennzeichnet vereint die erfassten Daten in ein gemeinsames Data

Warehouse. Der ETL Prozess zeigt dabei die Aufgabe auf Daten aus unterschiedlichen Datenquellen in einer Datenbank zu sammeln.

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** unterhalb ist ein grober Überblick über die Stammdaten und die unmittelbar von ihnen beeinflussten Bewegungsdaten gegeben. Dabei ist der Fokus auf Datenverwaltung in einem Unternehmen. Unter anderem ist die Stammdatenpflege eine wichtige Aufgabe um einen gemeinsamen Zielort der erfassten Daten zu realisieren.

Grunddaten	Stammdaten	Bewegungsdaten
Adresse	Materialdaten	Lagerbestände
Kalender	Ressourcendaten	Bedarfs- und Fertigungsaufträge
	Stücklisten	Betriebsdaten
	Arbeitspläne	

Tabelle 1: Einteilung von Daten

Die nichtmateriellen Produktionsfaktoren des Transformationsprozesses sind wie in Abbildung 2 oberhalb zu sehen, neben der Arbeitskraft und dem individuellen Wissen der Mitarbeiter, Daten und Informationen. Sowohl als Input als auch als Output. Die Bezeichnung und Einteilung der unterschiedlichen Datenkategorien werden in der Literatur nicht einheitlich angeführt. Die an der häufigsten gebrauchten Einteilungen unterscheidet in Grundlage, Stammdaten (=Bestandsdaten) und aus Bewegungsdaten (=variable Daten) und sind Voraussetzung für die tägliche Produktion. Oft werden Grunddaten als Synonym für Stammdaten verwendet, allerdings sind Grunddaten unveränderliche Eingaben, welche nur einmal eingegeben werden so wie Kalender oder Adresse. „Stammdaten beschreiben die Produktstruktur, die Produktionsprozesse und die verfügbaren Kapazitäten. Die Parameter in den Stammdaten steuern zu einem großen Teil die Planungs- und Ausführungsprozesse.“ (Dickersbach & Keller, 2014) Stammdaten sind konstante und langlebige Daten und bilden mit Ressourcendaten, Materialdaten, Stücklisten und Arbeitsplänen das Grundgerüst der Produktionsplanung und -steuerung. Sie geben zum Beispiel der Planung bekannt welche Maschinen zur Verfügung stehen und ob sie für ein bestimmtes Bauteil in Frage kommen. Diese Stammdaten müssen zu Beginn der Produktion gepflegt und auf aktuellen Stand gebracht werden. „So muss zwingend hinterlegbar sein, welche Daten von welchen Maschinen in welcher Form erfasst, wie Ergebnisse berechnet und wie diese dargestellt werden.“ (Kletti, 2015) [S.83] So können Aufträge optimal in der Produktion verteilt werden und Daten haben ein allgemeines Format. Andere Stammdaten entstehen schon viel früher, in der Entwicklung. Dazu zählen zum Beispiel: Stücklisten, Arbeitspläne und Materialstammdaten mit Geometrischen, technologischen Zeichnungsbezogenen und sachbezogenen Angaben. Bewegungsdaten weisen im Gegensatz zu Stammdaten eine gewisse Dynamik auf. Zu Bewegungsdaten zählen Lagerbestände, Bedarfe, Fertigungsaufträge und Betriebsdaten. In Tabelle 1 oberhalb ist eine Übersicht der unterschiedlichen Daten gelistet.

2.4.1 Betriebsdatenerfassung

Die Betriebsdaten sind Daten, die im Laufe des Produktionsprozesses anfallen. Sie sind Ist-Daten aus dem Betriebsgeschehen und dienen zur Erstellung von Plänen, der Aktualisierung von Plänen und um rechtzeitig korrektive Maßnahmen zu setzen. Sie geben Ist-Zustände eines Unternehmens wieder und sind bei der Echtzeitanalyse von großer Bedeutung. Da die schnelle und korrekte Erfassung hier von besonderer Bedeutung ist hat sich der Begriff Betriebsdatenerfassung (BDE) durchgesetzt. Damit wird neben der Definition welche Daten erfasst werden auch angegeben wie diese Daten erfasst und weitergeleitet bzw. gesammelt werden. „Zur Betriebsdatenerfassung (BDE) gehören alle Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Betriebsdaten in maschinell verarbeitbarer Form am Ort ihrer Verarbeitung bereitzustellen.“ (Kurbel, 2016) Zur Betriebsdatenerfassung wird neben der Erfassung der Daten auch eine Aufbereitungsfunktion gerechnet. Bei einer automatischen Erfassung der Daten an der Maschine spricht man von MDE (Maschinendatenerfassung). Daten werden oftmals direkt aus den Anlagensteuerungen entnommen. Für die Erfassung der Betriebsdaten werden zunehmend auch automatisierte Aufnahmeverfahren gewählt. Daher spricht man heutzutage oft von BDE/ MDE in Kombination da kaum noch unterschieden wird. Betriebsdaten sind je nach Anwendungsfall auszuwählen. Ein Anlagenbauer hat gegenüber einer Serienfertigung andere Ansprüche. Daher ist eine einheitliche Übersicht nur unter Vorbehalt zu geben. In Abbildung 8 ist dennoch ein Versuch für eine Aufstellung der Betriebsdaten zu sehen.

In der smarten Fabrik fällt in der Produktion eine Vielzahl an Daten an die durch die Weiterentwicklung der Digitalisierung zentral gesammelt und in weiterer Folge ausgewertet werden. Digitalisiert vorliegende Daten können durch Auswertungen zu wichtigen Informationen für die Optimierung der Produktion werden.

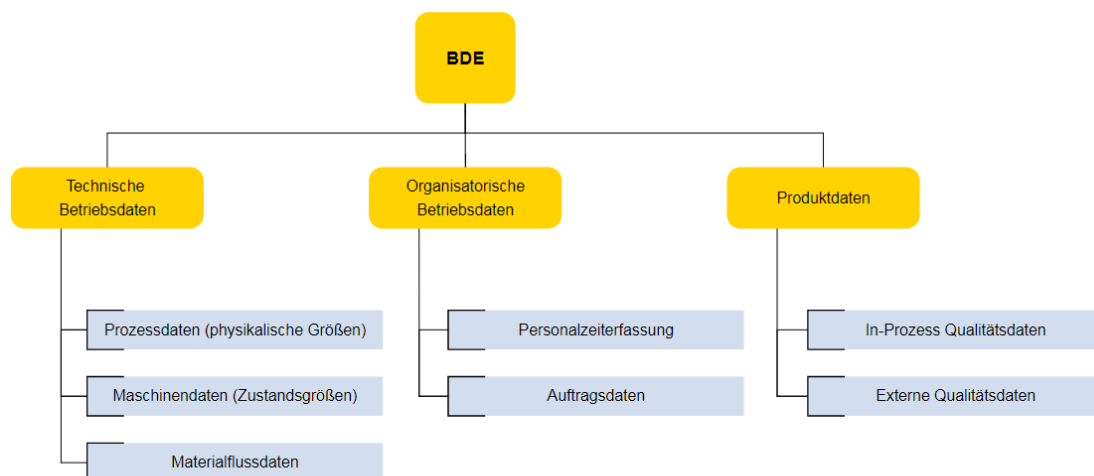


Abbildung 8: Gliederung der Betriebsdaten

Wie in Abbildung 8 zu sehen wurde die Einteilung der Betriebsdaten hier in drei Gruppen vorgenommen. Diese sollen kurz etwas genauer erläutert werden. Die technischen Betriebsdaten

wurden hier in drei Gruppen unterteilt. Die ersten zwei, Prozessdaten und Maschinendaten werden durch Sensoren bzw. durch einen direkten Anschluss an die bearbeitende Maschine erfasst. Die MDE hat sich im Zuge der Einführung der computergesteuerten Maschinen entwickelt. Dadurch ist es möglich geworden Daten und Informationen direkt aus Schnittstellen an der Maschine auszulesen. Prozessdaten werden direkt im Prozess aufgenommen und machen speziell dort Sinn, wenn die Qualität von bestimmten Größen im Prozess abhängen. Prozessdaten werden speziell bei stark automatisierten Prozessen eingesetzt. Materialflussdaten können über Anforderungen und Rückmeldungen von Stationen ermittelt werden. Dazu sind auch Lagereingänge und -ausgänge zu zählen. Sie könnten auch den organisatorischen Betriebsdaten zugeordnet werden da der Materialfluss eine wichtige Größe für den organisatorischen Ablauf einer Fertigung da stellt. Sie dienen zur Fortschrittskontrolle der Prozesse.

Bei den organisatorischen Betriebsdaten wird in Personalzeiterfassungsdaten (PZE-Daten) und in Auftragsdaten unterteilt. Die Personalzeitdaten sind neben An- und Abwesenheitszeiten auch dazu da um eine Zuordnung von Mitarbeitern, Betriebsmitteln und Ressourcen zu ermöglichen. Es können so Leistungen gewissen Kostenträgern zugeordnet werden. Die PZE ist in der Literatur unterschiedlich zugeordnet. Manchmal ist sie Teil der BDE und manchmal ist sie ein eigener Posten. Auftragsdaten beinhalten eine Vielzahl an Zustandsbeschreibungen. Dabei sind unter anderem die gefertigten Stückzahlen, Ausschuss, Start- und Endtermine von Fertigungsaufträgen, Bearbeitungszustände und viele mehr zu beachten. Mit diesen Daten kann eine Fortschrittskontrolle durchgeführt werden wobei speziell die Aktualität der Auftragsdaten entscheidend sind.

Produktdaten sind Qualitätsdaten die sich in „In-Prozess Qualitätsdaten“ und „Externe Qualitätsdaten“ unterscheiden lassen. Sie beinhalten Prüf- und Messwerte. „Externe Qualitätsdaten“ die durch Qualitätskontrollen außerhalb des Fertigungsprozesses gesammelt werden, bedeuten einen Zusatzaufwand für die Mitarbeiter und eine längere Gesamtprozessdauer in der Fertigung. In-Prozess Qualitätskontrollen finden während dem Bearbeitungsvorgang statt. Damit kann unmittelbar korrektiv eingegriffen werden ohne eine Nachbearbeitung zu benötigen. Toleranzschwankungen können ausgeglichen werden und so das Soll-Maß sicher erreicht werden. Dabei wird der Ausschuss minimiert.

2.4.2 Daten pro Bauteil

Um Informationen im Nachhinein zuordnen zu können um die Qualität nachzuweisen wurden und werden in der Industrie meist nur Zeitstempel von Maschinen oder Chargennummern herangezogen. Dies lässt zwar eine ungefähre Zuordnung zu jedoch lässt sich nicht mit Sicherheit sagen welche Qualitätsparameter zu welchem exakteren Bauteil gehören. Um das zu ermöglichen müssen baugleiche Komponenten auseinandergelassen werden. Bauteile lassen sich in unterschiedlichem Detaillierungsgrad kennzeichnen. Die ungenaueste Möglichkeit ist dabei die Herstellerkennzeichnung und eine Materialnummernkennung. Etwas genauer ist die Kennzeichnung mithilfe von Fertigungsaufträgen oder Chargen. Über die Rückmeldung dieser kann ungefähr der Zeitpunkt der Herstellung festgestellt werden. Je kleiner die Anzahl der auf einmal zurück gemeldeten Bauteile umso genauer lässt sich die Zeit ermitteln und desto feiner lassen sich im Nachhinein Eingrenzungen treffen. Das kann im Falle eines Schadens im Feld und einem damit verbundenen Rückruf von Produkten viel an Kosten und Mühe sparen.

Will man noch genauer rückverfolgen können und sogar jedes einzelne Bauteil bei jedem Prozessschritt eingrenzen können, muss mit Serialisierung gearbeitet werden. Das verlangt nach einer Aufbringung von einer Seriennummer, die meist zusammen mit dem Fertigungsdatum aufgebracht wird. Eine Seriennummer ist ein einmaliger alphanumerischer Code, der dazu dient ein Teil unverwechselbar zu machen. In der Industrie wird bei der Implementierung einer Serialisierung oftmals schon mit maschinenlesbaren Formaten gearbeitet. Dafür kommen DMC (Data Matrix Codes), QR-Codes (Quick Response Codes) oder RFID-Chips (Radio-frequency identification Chips) zum Einsatz. Mithilfe dieser Aufbringungsarten können mehr Informationen ohne zusätzlichen Platzverbrauch auf der Oberfläche des Bauteils aufgebracht werden.

Unter Serialisierung versteht man eine eindeutige Seriennummer aufbringen diese im System speichern und für weitere Prozessschritte verwendbar machen, dann spricht man von Serialisieren. Der Begriff „Serialisieren“ kommt in diesem Zusammenhang aus der Pharmabranche. Dort ist es spätestens nach der Richtlinie „2011/62/EU“ zur verbindlichen Regel geworden Medikamente zu Serialisieren um Produktfälschungen entgegen zu wirken. Es wird vorgesehen, dass jedes Medikament eine Seriennummer erhält und dass anhand dieser jederzeit entlang der Lieferkette eine Echtheitsprüfung vorgenommen werden kann.

Nachdem vom Rohmaterial bis zum fertigen Produkt in den meisten Fällen mehrere Unternehmen beteiligt sind findet man auf Bauteilen in vielen Fällen Kennungen von unterschiedlichen Herstellern. Durch Firmenexterne und –interne Beschriftungen kann es sehr unübersichtlich werden. Hierfür könnten genormte Codes, die über den gesamten Produktentstehungszyklus auf dem Bauteil sind und von mehreren Unternehmen verwendet werden Abhilfe schaffen. So könnte eine durchgängige Seriennummer für ein Bauteil über den gesamten Life Cycle bleiben.

Diese durchgängige Beschriftung würde es erleichtern eine Traceability (Rückverfolgbarkeit) im Unternehmen und in der Supply-Chain zu implementieren. „Traceability ist die Möglichkeit, Zugriff auf die für die Traceabilityanwendung relevanten Daten in der entsprechenden Granularität zu haben.“ (Lichtenberger, 2016)

Traceability setzt sich aus den Worten Track und Trace zusammen. Tracking (= Erfassen von aktuellen Informationen) und Traceing (=Nutzen von aufgezeichneten Informationen) (Neugebauer, Dietmar, & Tino, 2008)

Durch das Tracking werden Materialflussdaten gesammelt. Diese bestehen aus Start- und Endzeitpunkten von Produktionsschritten genauso aus Informationen zum Zustand des Werkstücks. Somit können auch Qualitätsdaten entlang des Wertstroms mitgenommen werden.

Mit der Umsetzung von Traceability durch die Serialisierung von Bauteilen können zentral Daten für jede einzelne Komponente erfasst und gespeichert werden. Hierfür ist es sinnvoll einen digitalen Zwilling anzulegen der symmetrisch zu seinem physischen Gegenpart mit Informationen befüllt wird. So ein System bezeichnet man auch als CPS (Cyber-Physikalisches System). Es muss mit jeder Änderung, die am Bauteil vorgenommen wird auch der digitale Zwilling bearbeitet bzw. mit Information befüllt werden. Diese CPS sind beispielsweise bei Bearbeitungsmaschinen in einigen Industrien bereits stark vertreten. Dabei werden virtuelle Maschinenparks ständig mit Informationen der tatsächlichen Maschinen befüllt und aktuell gehalten. So können Anwendungen wie Predictiv Maintenance also das vorhersagen von Wartungsarbeiten an Maschinen realisiert werden. Die acatech Studie AgendaCPS beschreibt ein CPS als ein

eingebettetes System (in Netzwerken, Fertigungsmaschinen, ...) dass mithilfe von Sensoren physikalische Daten erfasst und mithilfe von Aktoren in physikalische Vorgänge einwirken kann. Sie sind mit digitalen Netzen verbunden was ihnen den Zugriff auf Daten und Dienste weltweit erlaubt (Broy, 2010). Daten werden entlang des Materialflusses hinzugefügt. Es wäre zielorientiert diese Daten automatisiert zu erfassen und dem Bauteil zuzuordnen, also mit maschinenlesbarer Beschriftung zu arbeiten. Es soll kein zusätzlicher Arbeitsaufwand für Mitarbeiter entstehen. Fehler bei der manuellen Eingabe von Daten werden so auch vermieden. Für die Prozessüberwachung müssen Daten schnellst möglich an zentrale Stelle gelangen um auf mögliche Störungen im Produktionsablauf reagieren zu können. Dabei werden Maschinenzustände, Stückzahlen, Maße (in Prozess Messung), Temperatur an der Maschine erfasst und dokumentiert. Daher wäre auch dafür eine manuelle Eingabe der Daten nicht sinnvoll.

Alle Daten, die im besten Fall zentral gesammelt werden auch nützen zu können braucht es neue angepasste Werkzeuge, die mit solchen Datenmengen umgehen können. Andernfalls entstehen ohne die Nutzung dieser Daten riesige Datenfriedhöfe, die ihrem Besitzer Kosten verursachen ohne einen Nutzen daraus zu ziehen. Im Zusammenhang mit großen Datenmengen wird oft der Begriff „Big Data“ verwendet! Für den stark verbreiteten Begriff „Big Data“ gibt es keine einheitliche und allgemein gültige Definition. Oft wird jedoch von den drei „V“ gesprochen die für volume (Datenmenge), velocity (Geschwindigkeit) und variety (Vielfalt) stehen um den Begriff zu erklären. Dazu die Definition von Beyer und Laney aus dem Jahr 2012 „Big data is high-volume, high-velocity and/or high-variety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing that enable enhanced insight, decision making, and process automation.“ (Mark A. Beyer, 2012) Also das Datenverarbeiten das kosteneffiziente, innovative Formen der Informationsverarbeitung erfordert, die eine verbesserte Einsicht, Entscheidungsfindung und Prozessautomatisierung ermöglichen.

Jedes Unternehmen muss sich bevor es beginnt Daten zu sammeln klar werden zu welchem Sinn und Zweck es Daten sammelt. In diesem Zusammenhang macht es Sinn Kennzahlen zu definieren. Für jeden betrachteten Prozess können KPI (Key Performance Indicators) gefunden werden mit deren Hilfe man messbare Größen implementieren kann.

2.5 Motivation zur Sammlung von Daten

Daten erfassen, speichern und auswerten kann einem Unternehmen einen nicht unwesentlichen Kostenfaktor bescheren. Neben den zusätzlichen Kosten entsteht auch ein zeitlicher Aufwand. Ein erstes Hemmnis zur Einführung eines Systems zur Datenerfassung ist die genaue Definition der Daten die zu höherer Transparenz und zur Kenntnis der Schwachstellen des eigenen Unternehmens führen. Diese Daten können durch eine Untersuchung der strategischen Ziele des Unternehmens eruiert werden. Das Einführen eines neuen zentralen Erfassungssystems kann erschwert durch unterschiedliche untergelagerte Teilsysteme werden. Dafür werden die richtigen Schnittstellen benötigt um bei allen gesammelten Daten eine Kompatibilität zu gewährleisten. Um diese Schwierigkeiten in Kauf zu nehmen braucht man einen wesentlichen Bedarf um es trotzdem zu wagen. Prinzipiell kann man hier in drei Gruppen unterteilen:

- Gesetzliche Vorgaben zur Dokumentation

- Außenwirksame betriebswirtschaftliche Gründe (interessenspartnermotiviert): um Regress Forderungen besser zu entgegennen, Rückverfolgbarkeit bei Rückrufen oder Zertifizierungen
- Innenwirksame betriebswirtschaftliche Gründe (leistungsmotiviert): Prozesse und Produkte optimieren und so Einsparungen zu erzielen und die Qualität zu steigern. Dazu zählt auch: Forderungen von Kunden besser bedienen zu können

In Vielen unterschiedlichen Branchen gibt es strenge Dokumentationsvorgaben um in den meisten Fällen die Sicherheit für den Endverbraucher zu gewährleisten. So zum Beispiel in der Lebensmittelbranche, der Pharmabranche oder in der Luftfahrt. Viele Dokumentationsvorgaben werden mithilfe von Richtlinien in der gesamten EU umgesetzt. Um EU weite Standards zu schaffen. So gibt es zum Beispiel eine „Maschinenrichtlinie 2006/42/EG“ die die Dokumentation und die Kennzeichnung regelt oder die Richtlinie „2011/62/EU“ die eine strenge Kennzeichnung zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel hinsichtlich der Verhinderung des Eindringens von gefälschten Arzneimitteln in die legale Lieferkette vorsieht. Für andere Bereiche wie die Luftfahrt haben sich eigene Agenturen gebildet um Vorschriften zu erstellen und diese zu kontrollieren. Genaue Anforderungen für die Hersteller von Luftfahrprodukten von Seiten der EASA (European Aviation Safety Agency) wird in der „Implementing Rule Initial Airworthiness im Part 21 Subpart G“ definiert.

Auch durch Normen wird ein Dokumentationsaufwand gefordert. Durch eine Zertifizierung nach ISO 9001 kann beispielsweise eine Notwendigkeit der Dokumentation entstehen. Weiters gibt es: EN 10204 Metallische Erzeugnisse Arten von Prüfbescheinigung, DIN EN ISO/IEC 17000:2005-03 Konformitätsbewertung – Begriffe und allgemeine Grundlagen, VDI 4500 technische Dokumentation.

Wenn jedes Produkt mit all seinen Teilen mit Seriennummern dokumentiert wird und so genau Zeitpunkt der Fertigung, verbaute Teile, Materialchargenzugehörigkeit und diverse andere Daten aus der Fertigung rückverfolgt werden können ist eine genaue Eingrenzung im Fall eines Rückrufs möglich. Das kann enorme Kosten sparen. Gefälschte Ware, die durch die Globalisierung ein reales Problem geworden ist kann leichter identifiziert werden. Auch Leihen können über Rücksprache mit dem Hersteller sich Seriennummern bestätigen lassen. Diese Beispiele zählen zu den außenwirksamen betriebswirtschaftlichen Gründen um eine verstärkte Dokumentation zu implementieren.

Durch den Druck, den eine offene Marktwirtschaft auf jedes einzelne Unternehmen ausübt ist jedes Unternehmen gezwungen sich ständig weiter zu verbessern. Um den besten Preis am Markt bieten zu können ist man gefordert seine Prozesse effizienter zu gestalten um Kosten bei der Herstellung zu sparen. Eine schlanke Produktion ist das Ziel eines jeden Unternehmens. Technologische Weiterentwicklung ist unverzichtbar um sich gegen die Konkurrenz behaupten zu können. Durch neue Technologien müssen auch Produktionsprozesse angepasst werden. Neue Technologien machen in den meisten Fällen am Anfang mehr Probleme als es die bereits über viele Jahre perfektionierte „ältere“ Technologie macht. Um neue Technologien schneller zu verstehen ist es sehr hilfreich den Prozess genau zu dokumentieren um die Schwachstellen schneller aufzudecken.

Verschwendungen müssen vermieden und verborgene Potenziale entdeckt werden. Um solche Verschwendungen sichtbar zu machen hilft es eine Dokumentation des Wertstroms im

Unternehmen zu machen um jeden einzelnen Prozess besser zu beleuchten. Wenn Fertigungsschritte perfektioniert werden und nachweislich so genau wie gefordert produziert werden kann, können viele Kosten eingespart werden.

Wenn Produkte nach dem Verlassen der Produktionshalle weiter Daten liefern können dann können den Kunden der Produkte umfangreiche Services angeboten werden. Mit solchen Ansätzen wird dem Kunden ein bestmöglicher Einsatz des Produkts gewährleistet. Diese Daten können in die Entwicklung der nächsten Generation der Produkte einfließen und so das Produkt an Kundenwünsche anpassen.

Es sei darauf hingewiesen, dass das Sammeln von Daten immer rechtlich zu prüfen ist sobald es um Daten von Mitarbeitern oder Kunden geht um alle Datenschutz Richtlinien zu berücksichtigen. Im Mai 2018 ist die Datenschutzgrundverordnung in Kraft getreten, die eine wesentliche Verschärfung des Datenrechts innerhalb der EU darstellt.

2.6 Daten entlang des Produkt- Lebenszyklus

Unterscheidung in Prozess- und Produktbeschreibende Daten einerseits und andererseits Einteilung entlang des Wertschöpfungsprozesses.

2.6.1 Prozess- und Produktdaten

Dieses Kapitel soll noch einmal grundsätzlich die zwei unterschiedlichen Einsatzbereiche aufzeigen, die es von gesammelten Daten in der produzierenden Industrie gibt. Dabei steht einerseits der Prozess selbst und andererseits der Output des Prozesses also das Produkt im Vordergrund.

Daten zur Prozessoptimierung

Mit Prozessdaten sind jene Daten gemeint, die dazu dienen Prozesse und Prozessabläufe zu beschreiben um diese in weiterer Folge überwachen und beeinflussen zu können. Dabei stehen Maschinendaten, Taktzeiten, Umlaufbestände (Traceability), usw. im Vordergrund. Betriebs- & Maschinendatenerfassung werden zur Beschreibung von Prozessen verwendet. Der Betrieb der Prozesse soll möglichst wirtschaftlich ablaufen, Verschwendungen vermieden werden und ein möglichst großer Output aus einem möglichst geringen Input generiert werden.

Daten zur Produktoptimierung (Qualität)

Mit Produktdaten soll die Qualität, der in einer industriellen Produktion entstehenden Produkte kontrolliert und nachgewiesen werden. Qualitätsprüfungen, technische Dokumentation, After-sales (Kundenservice) zählen dazu. All diese Daten sollen mit einer Seriennummer, welche am Produkt angebracht ist rückverfolgbar sein.

2.6.2 Wertschöpfungsprozess

Mit Lastenheft und Pflichtenheft wird mit der Datensammlung und Verwaltung begonnen. Von anfänglichen Konzepten über CAD-Daten der Entwicklung bis hin zu Stücklisten und weiter zu

Arbeitsaufträgen Prozessdaten und Qualitätsdaten fallen immer mehr Daten entlang des Wertschöpfungsprozesses an.

Konzept Findung:

Den Startschuss zur Entwicklung eines neuen Produkts wird durch die Formulierung von Zielen und Aufgaben eines neuen Produkts getroffen. Dies geschieht durch die Formulierung von Lasten- und Pflichtenheften. Eine funktionelle Festlegung des zukünftigen Produkts wird getroffen.

Entwicklung:

In der Entwicklung werden, die im Konzeptfindungsprozess erarbeiteten vom Produkt zu bewerkstelligten Aufgaben in ein tatsächlich mögliches Konstrukt verpackt. Dabei entsteht die Geometrie des Produkts sowie auch die Materialien gewählt werden. Dabei kommen Programme für CAD, CAE oder auch FMEA zum Einsatz. Diese dabei entstehenden Daten werden in der Regel in PLM/ PDM Programmen gesammelt und zusammengeführt. Dort finden meist auch die Verwaltung der Bauteile und Baugruppen statt. Unterschiedliche Versionen werden freigegeben und gesperrt.

Produktion:

In der Produktion werden Betriebsdaten und Auftragsdaten in ERP- Systemen PPS angelegt und verwaltet. Oftmals kommen heutzutage auch MES zum Einsatz. Durch Betriebs- und Maschinendatenerfassung (BDE und MDE) werden Daten und Informationen aus der Produktion entnommen. Computer Aided Quality (CAQ) dient als Qualitätsmanagement und hilft Qualitätsbeschreibende Daten zu verwalten.

Aftersales:

Im Aftersales Bereich werden Produkte nach dem Verlassen des Werks überwacht. Kunden kann so ein besserer Service geboten werden. Dabei können Betriebsdaten von Produkten gesammelt werden, die zur Auswertung und zur Verbesserung von zukünftigen Produkten verwendet werden kann. Beispielweise sammeln Automobilhersteller umfangreiche Betriebsdaten ihrer Fahrzeuge um Mängel auszumachen und sie so beheben zu können.

2.7 Qualitätsüberwachung von Prozessen und Produkten

Traditionell besteht das Qualitätswesen aus dem reinen prüfen eines Produkts bzw. eines Bauteils. Dabei können beispielsweise Abmessungen oder das Material des fertigen Produkts geprüft werden. Die Entwicklung der Qualitätssicherung hat sich zu einer vorausschauenden Disziplin gewandelt. Heutzutage wird wesentlich früher an Qualitätskennzahlen gedacht. So kann schon bei der Entwicklung verstärkt Qualitätsvorgaben und technische Sicherheiten eingearbeitet werden, die sich stärker am Kundenwunsch orientieren als bisher.

„In Anlehnung an DIN 55350, Teil 11, können die umfassenden Aufgaben der Qualitätssicherung in die Bereiche Qualitätsplanung, -lenkung und -prüfung unterteilt werden. Unter der Qualitätsplanung sind alle Maßnahmen im Rahmen der Auswahl, Klassifizierung und Gewichtung von Qualitätsmerkmalen sowie im Rahmen der Ableitung der entsprechenden Prüfmerkmale im Hinblick auf die korrekte Messung des Erfüllungsgrads der vom Kunden bzw. Produkt gestellten Anforderungen zu verstehen. Die Qualitätslenkung hat die Aufgabe, die Einhaltung der Qualitätsvorgaben (anhand der Ergebnisse der Qualitätsprüfung) zu überwachen und

nötigenfalls mit geeigneten Korrekturmaßnahmen einzugreifen.“ (Dickersbach & Keller, 2014)
 Die Werkzeuge um die Qualitätsziele um zu setzen sind aus den voran gegangenen Kapiteln zu entnehmen.

2.8 Referenzmodelle: RAMI 4.0

Um im Bereich der Digitalisierung und unter dem Begriff Industrie 4.0 Standards zu etablieren wurde das RAMI 4.0 (Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0) geschaffen. Auch eine einheitliche Semantik wird durch die Verbreitung des Modells angestrebt. Es ist wie in Abbildung 9 unterhalb zu sehen ein dreidimensionales Modell entstanden welches als Anwendungsbereich die gesamte industrielle Produktion beschreibt. Ein Produktionsgegenstand über den kompletten Lebenszyklus erfasst und dabei IT seitig einheitlich und durchgängig abgebildet werden kann. Von Komponenten über Maschinen bis zu vernetzten Produktionsanlagen.

Auf den zwei waagrechten Achsen sind die Hierarchie- Ebenen und der Wertstrom abgebildet. In der vertikalen sind die unterschiedlichen Schichten mit Produktionsgegenständen, Daten und Funktionen abgebildet. Die Hierarchie-Ebenen wurden von der Automatisierungspyramide herangezogen und wurden um zwei Stufen erweitert. Als unterste Stufe wurde das Produkt und an oberster die Connected-world (Unternehmensübergreifende Vernetzung) hinzugefügt. Im Wertstrom ist sowohl die Entwicklung mit so genannten Typen als auch die Produktion mit Instanzen abgebildet. Das bereits in der Entwicklung, frühzeitig Daten bereitgestellt werden soll nachgelagerten Partnern im Wertschöpfungsprozess helfen. Auf den sechs Schichten werden Produktionsgegenstände sowie ihre Daten und Funktionen erfasst. Dabei wird die Brücke von realem Produktionsgegenstand und seinem virtuellen Abbild geschaffen was ein zentraler Punkt in der Industrie 4.0 ist.

Das RAMI 4.0 Model wurde von ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) und seinen Partnern entwickelt.

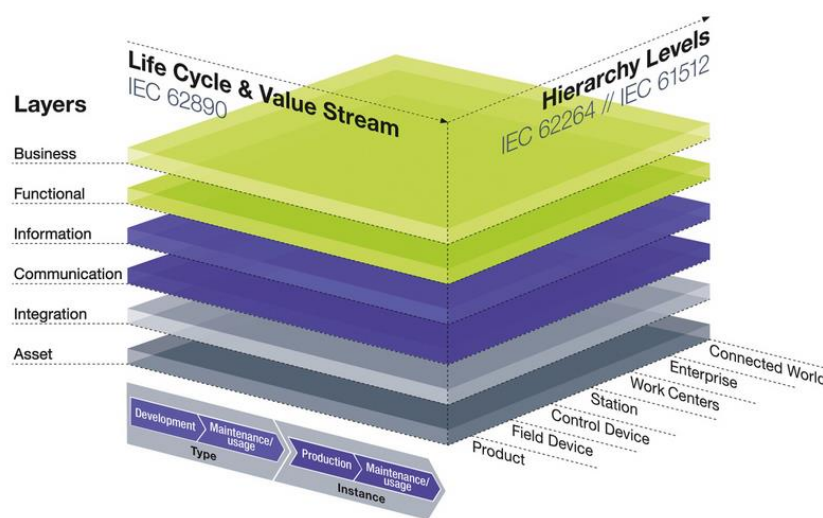


Abbildung 9: RAMI 4.0 (Copyright: Plattform Industrie 4.0) Referenzarchitekturmodell entwickelt von ZVEI

3 Methodik bei der Ist-Stand Erhebung

Es wurde mit einem Fragebogen, der bei Interviews befüllt wurde, der momentane Stand im Unternehmen aufgenommen. Der Fragebogen wurde so gestaltet das er detailliert genug ist um auf die unterschiedlichen Prozesse einzugehen aber trotzdem allgemein genug um die Prozesse miteinander zu vergleichen. Durch den Vergleich der unterschiedlichen Prozesse können die Schwachstellen im Prozessverlauf ausgemacht werden.

3.1 Übergeordnetes Formblatt

Um sich dem Fertigungsprozess begreifbar zu machen wurden die einzelnen Arbeitsschritte vom Arbeitsplan, welcher im ERP System zu finden ist aufgenommen und in einer übersichtlichen graphischen Darstellung mithilfe der Software yEd Graph Editor (yWorks GmbH, Tübingen, Deutschland) veranschaulicht. Dies wurde Wertstrom- und Materialflussorientiert dargestellt wie in Abbildung 10 zu sehen.



Abbildung 10: Vereinfachte Darstellung des Arbeitsplans eines Blockzylinders

Zusätzlich wurde das Layout des Grundrisses der jeweiligen BU (Business-Unit) in der Fertigung genommen und mithilfe der Arbeitsplatznummern und der Equipment-Nummern der Fluss der Komponenten durch die Fabrik skizziert. Das ist symbolisch in der Abbildung unterhalb anhand eines Blockzylinders dargestellt.

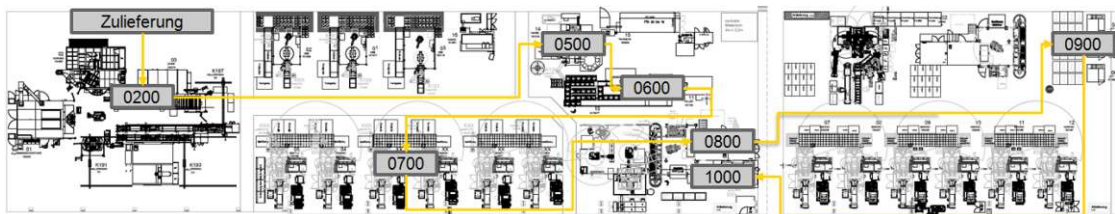


Abbildung 11: Materialfluss des Blockzylinders durch die Fertigung

Die Nummerierung der Arbeitsschritte in der Abbildung 11 wurden aus dem Arbeitsplan in ERP System übernommen. Die einzelnen Komponenten wurden mithilfe von Zeichnungen genauer untersucht. Kritische Merkmale der Bauteile, die auf Zeichnungen zu sehen sind spielen bei der Vermessung des Erststücks um eine Freigabe für die Fertigung eine wichtige Rolle. Alle Daten einer Komponente sind mithilfe der jeweiligen Materialnummer im ERP System zu finden. Materialnummernsprünge sind bei einigen Komponenten nach Bearbeitungsschritten möglich. Dabei ist darauf zu achten, dass es für eine neue Materialnummer auch einen eigenen Eintrag im ERP System gibt und somit auch einen anderen Arbeitsplan. Durch eine nähere Betrachtung der Fertigung soll der genaue Ist-Zustand und eine Änderungsvorgabe bezüglich der

Datenerfassung und -transport erstellt werden. Hierfür wurde ein Fragebogen ausgearbeitet. Dieser wurde in Form von drei Tabellen (siehe folgend) erstellt. Tabelle 2 gibt einerseits einen groben Überblick über die Kennzeichnung der Bauteile und Chargen und andererseits über verwendete IT-Systeme bzw. Aufzeichnung der Produkt- und Prozessdaten. Tabelle 3 ist eine Ist-Stand Erhebung des Ressourcenbedarfs welche in Rüstprozesse und Serienprozesse unterscheidet. In Tabelle 4 wird genauer die Dokumentation der Prozesse betrachtet, der die einzelnen Schritte der Fertigung und die dabei verwendeten Hilfsmittel darstellen soll.

		Schritt 1	Schritt 2
Kennzeichnung	Bauteil-Kennung		
	Charge Zuordnung		
	Seriennummer		
Systeme Produkt- & Prozessdaten	SAP Daten (ECC)		
	MDE & BDE (Daten ohne S#-Bezug!)		
	CAQ/ Q-DAS (Quelle) Daten ohne S#-Bezug		
	Listen & Excel		

Tabelle 2: Kennzeichnung und Systeme

Tabelle 2 gibt einen Überblick über alle Arbeitsschritte einer Komponente. Dabei liegt der Fokus auf der Kennzeichnung von Bauteilen. Es wird in Bauteilkennung, Chargen Zuordnung und Seriennummer unterschieden. Dabei reicht das Spektrum von einer sehr groben bis hin zu einer sehr feinen Kennung der Bauteile. Auch die IT-Systeme in denen Produkt- und Prozessdaten gespeichert werden sollen werden für den jeweiligen Arbeitsschritt aufgelistet. So soll ein Überblick gegeben werden ob und wie viel an Daten in der Fertigung aufgenommen werden und wenn ja wo diese gespeichert werden.

In Tabelle 3 wird der Ressourcenbedarf dokumentiert. Unter der Gruppe der technischen Anforderungen werden die physischen Ressourcen gelistet, die benötigt werden den jeweiligen Prozess richtig durch zu führen. Zusätzlich sollen auch die benötigten Informationen, die für die richtige Durchführung der Prozesse herangezogen werden erfasst werden. Die zu befragende Person die hierbei Auskunft geben kann ist der Industrial Engineer. Dieser ist für den reibungslosen Ablauf der Produktion verantwortlich. Bei Kompetenzen/ Qualifikationen des Mitarbeiters wird auf spezielle Schulungen oder Berechtigungen, die der Mitarbeiter benötigt um den

Prozess richtig auszuführen Bezug genommen. Für Prüftechnische Anforderungen werden alle Informationen zusammengefasst, die eine Qualitätskontrolle erlauben. Auskunft dazu kommt von einem Quality Engineer. Dieser ist verantwortlich dafür die Prüfpläne zu erstellen und diese in der Produktion umzusetzen. In der Spalte „Vorbereitung & Rüsten“ gehören alle Informationen, die benötigt werden um die Fertigung zu starten. In der Spalte „Serie“ werden alle Informationen gesammelt um einen störungslosen Serienbetrieb aufrecht zu erhalten.

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material		
	Maschine		
	Vorrichtung		
	CNC Programme		
	Werkzeugsatz		
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA		
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel		
	Prüfplan		
	Externer Support		
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?)		

Tabelle 3: Ist Stand Erhebung, Ressourcenbedarf, Technische und Prüftechnische Anforderungen, erforderliche Qualifikation der Mitarbeiter

Bei Tabelle 3 sollen für jede Zelle folgende Fragen beantwortet werden:

- Was brauche ich hier?
- Welche Info benötige ich dazu?
- Wo steht diese aktuell?

Diese Fragen sollen für jede Station entlang des Wertstroms der jeweiligen Komponente beantwortet werden. Ein Beispiel für die Antworten der Zelle Material/ Vorbereiten & Rüsten bei der Station Bearbeitungszentrum wären:

- Das richtige Material für diesen Arbeitsschritt
- Hat das Material alle vorgelagerten Bearbeitungsschritte absolviert?
- Material über Charge nur über Fertigungsauftrag identifizierbar, auf dem Laufzettel, der mit dem Material mitgeliefert wird, wird bestätigt das voriger Bearbeitungsschritt absolviert wurde.

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System/ Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an				
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?				
Prozessinformation - manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen				
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate) Maschinenzustand (Neu, verschlissen,...)				
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten				
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)				
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#				

Tabelle 4: Ist Stand Erhebung, Dokumentation

In Tabelle 4 wird die Dokumentation je Teil analysiert. Also was wird tatsächlich für jedes einzelne Bauteil, das durch die Fertigung läuft erfasst. Der Inhalt der Zeilen wird unterhalb erklärt und die zu erwarteten Ergebnisse werden kurz erläutert:

- „Check in“: Werkstück meldet sich bei Maschine an. Wird das zu bearbeitende Werkstück an der Maschine angemeldet? Gibt es einen Nachweis wann die Bearbeitung für ein bestimmtes Teil begonnen wurde?
- „Prozess readiness“: Richtiges Werkstück? Richtiger Zustand? Werden das Werkstück und dessen Zustand vor der Bearbeitung an der jeweiligen Maschine überprüft? Stimmt das Werkstück mit dem Rüstzustand überein? Kann nach Fertigungsauftrag produziert werden?
- „Prozessinformation - manuell über HMI (Human Maschine Interface)“: Information (aus Mitarbeiter - Zuordnung SCAN (Personalnummer); wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (Tabelle 3), Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen. Betriebsdatenerfassung
- „Prozessinformation“: Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate) Maschinenzustand (Neu, verschlissen, ...)
- „Q-Sonderinformation“: „Mascherl“, Auffälligkeiten, allfällige Informationen die in sonst keine Zeile passen.
- „Quality Control“: (Produktbeschreibend), (automatisch oder Info: Stichprobe), Wie wird die Qualität überprüft und wie dokumentiert?
- „Check out“: für nächstes Check-in bereit, eventuell neue Materialnummer, Wird das Werkstück von einem Prozessschritt abgemeldet?

Als Vorlage für die Entstehung des Formblatts wurde sich an einem Wertstrom orientiert. Es wurden alle Prozessschritte von Anlieferung bis Schlusskontrolle durchlaufen und zu jeder Station Interviews geführt. Der Frageraster ist in einer vorgelagerten Phase entstanden, bei der es darum ging die grundlegenden Abläufe kennen zu lernen. In dieser Phase sind erste Mängel bei der Datenaufnahme bemerkt worden die geholfen haben bei der weiteren Erstellung der Fragen den richtigen Fokus zu legen. Nach den ersten Interviews wurden manche Fragen hinzugefügt andere wurden nachgeschärft um expliziter auf Inhalte einzugehen.

3.1.1 Ziel des Formblattes

Mit dem Fragebogen, der in Form von Tabellen vorliegt soll versucht werden die sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen und Bedürfnisse der einzelnen Bearbeitungsstellen in der Fertigung in ein allgemein gültiges Muster zu bekommen. Viele der Informationen, die in diesen Tabellen vereint wiedergegeben werden sind in den einzelnen Abteilungen und Systemen bekannt wurden aber bis jetzt nicht zentral zusammengefasst. Um einen allgemein gültigen Standard für das Unternehmen zu schaffen soll hier die Grundlage entstehen. Ein zusätzliches Ziel der Ist-Status Erhebung ist die Personenunabhängige Dokumentation von vorhandenem Wissen, Fehler sollen nur einmal begangen werden. Durch Bestimmung von Einflussfaktoren und deren Bewertung können mögliche Fehlerursachen aufgedeckt werden und Verbesserungsmaßnahmen so zielgerichtet implementiert werden.

3.2 Interviews

Bei den Erhebungsmethoden lässt sich in einmalige und in periodische Erhebung unterscheiden. Bei den einmaligen Erhebungsmethoden gibt es die Möglichkeiten der Befragung/ Interviews, der Beobachtung oder des Experiments. Interviews lassen sich unterscheiden in freie, strukturierte und standardisierte Interviews. Bei einem standardisierten Interview sind alle Schritte der Informationsgewinnung und -verarbeitung reglementiert. „Die Fragen sind hinsichtlich Wortlaut und Reihenfolge vollständig vorgegeben und als geschlossene Fragen formuliert. Die Auswertung ist zentraler Bestandteil des standardisierten Interviews.“ (Lehmann, 2004) Dem gegenüber stehen die freien Interviews welche sich durch ein Minimum an Standardisierung Auszeichnen. Die strukturierten Interviews lassen sich dazwischen einordnen. Es wird neben Ziel und Thema der Befragung ein Fragengerüst vorgegeben. Das Formblatt wird als so ein Fragengerüst bei den Befragungen verwendet. Im Gegensatz zum standardisierten Interview wird jedoch bei der genauen Fragenstellung Freiraum gelassen. Aufgrund der unterschiedlichen Prozesse und der damit einhergehenden Varianz bei den Fragen lassen sich nicht alle Prozesse gleich gut mit dem Fragenkatalog bearbeiten. Es wird jedoch damit der Versuch unternommen zu jeder Station der Wertschöpfungskette ähnliche Informationen zu gewinnen.

Die Interviews wurden als Vieraugengespräche geführt. Die Bereitschaft und das Interesse der zu Interviewenden war meist sehr groß. Bei mehreren Gesprächen hat es sich als sehr hilfreich erwiesen vor Ort -also in der Produktion- sich Abläufe erklären zu lassen. Es wurde versucht Punkt für Punkt des Fragebogens ab zu arbeiten. Dies hat sich als schwierig heraus gestellt da die zu Interviewenden sich in ihren Ausführungen sehr ausführlich und umfangreich geäußert haben und so mehrere Punkte durcheinander beantwortet haben. Dabei war es schwierig die

richtigen Informationen heraus zu filtern und in die vorgegebene Tabelle zu integrieren. Mit diesen Erkenntnissen aus den ersten Interviews wurde der Fragebogen immer wieder angepasst. Dadurch haben sich die Fragen geschärft und die Ergebnisse der Interviews verbessert. Es wurde von dem Fragenden am Anfang jedes Interviews der Kontext und das Ziel der Befragung erläutert. Die allgemeine Bereitschaft auf Themen des Fragebogens so wie Datenerfassung, Informationsfluss und der Nachvollziehbarkeit der Prozesse einzugehen war gegeben. Bei unterschiedlichen Interviews ist aufgefallen, dass die befragten Personen sich unterschiedlich viel bzw. wenig mit diesen Themen bereits auseinandergesetzt haben. So haben manche Interviewpartner nicht die gestellten Fragen direkt beantwortet, sondern sind vermehrt auf andere Bereiche abgedriftet.

3.2.1 Interviewte Personen

Es wurden unterschiedliche MA (Mitarbeiter) mit unterschiedlichen Zuständigkeitsbereichen befragt. Davon waren manche für den Prozessablauf und andere für die Kontrolle zuständig. Folgend sind die Profile der interviewten Personen kurz dargestellt:

BU-Leiter: Bei Rotax unterteilt man die Fertigung in BU's (Business Units). Die Leiter dieser Bereiche sind dafür verantwortlich, dass alles für eine reibungslose Produktion zur Verfügung steht. Es müssen die Produktionsabläufe koordiniert werden und Planung gewährleistet sein.

Fertigungsleiter: Hat viele Überschneidungen mit dem BU-Leiter jedoch muss er sich „nur“ um die fertigungstechnischen Aufgaben der Produktion kümmern.

Industrial Engineer: Sein Aufgabenbereich ist die Gestaltung, Planung und Optimierung von Arbeitsabläufen in der Produktion. Als Beispiel dafür wäre das Erreichen der richtigen Toleranzen in der Fertigung. Aus der Entwicklung wird vorgegeben welche Toleranzen zu erreichen sind. In der Arbeitsvorbereitung muss der Industrial Engineer gewährleisten können das unter den in der Fertigung verfügbaren Mitteln das Ziel erreicht wird. In den einzelnen Prozessschritten bis zur Erreichung der endgültigen Geometrie müssen jeweils andere Toleranzen festgelegt werden. Dies liegt auch im Aufgabenbereich des Industrials Engineer.

Technologen: Sind spezialisiert auf ihre Bereiche der Fertigung und kümmern sich um die Programmierung der Maschinen. Ihr Aufgabenbereich umfasst meistens nur einen Prozessschritt (z.B.: Honen).

Quality Engineer: Er ist dafür verantwortlich, dass alle als kritisch angesehenen Bauteile des Motors ausreichend in den Prüfplan berücksichtigt werden. Neben der Erstellung des Prüfplans ist er auch für die Durchführbarkeit der Qualitätsprüfung verantwortlich. Prüfmittelplanung unterliegt auch seinen Aufgabenbereich.

4 Ist-Stand

Die Vision ist es eine die gesamte Produktion umspannende elektronische Motorakte zu implementieren. Beginnend beim Wareneingang bis hin zur Auslieferung des fertigen Motors. Es soll ein einheitliches IT-System für die Dokumentation aller Arbeitsschritte eingesetzt werden welches möglichst wirtschaftlich in der Produktion zum Einsatz kommen kann und keinen Zusatzaufwand erzeugt. Vorhandene Systeme sollen vereint und dadurch Schnittstellen reduziert werden. Das erklärte Ziel wäre es nur noch ein System zur Datenaufnahme und Speicherung zu haben. Dadurch würde viel administrative Arbeit sowie Stammdatenpflege in mehreren Systemen wegfallen. Die Schwierigkeit dabei könnte die vielfältige Produktpalette von BRP-Rotax darstellen. Viele unterschiedliche Motoren mit unterschiedlichen Einsatzgebieten und unterschiedlichen Bedürfnissen hinsichtlich einer Dokumentation. Neben den Produktdaten, die zur Qualitätsüberwachung der Produkte gesammelt werden sollen auch Prozessdaten zur Überwachung der Produktion gesammelt werden können, die eine schnelle Analyse und Behebung der Störungen ermöglicht. Wie bereits bei den Flugmotoren soll es auch bei den restlichen Motoren möglich sein Daten zu einer bestimmten Komponente zu speichern und diese später ab zu rufen. So sollen beispielweise Daten aus der Einzelteilerfertigung in der Montage mit dem Motor vereint werden. Es soll dabei zu einer Zunahme und Absicherung der Qualität kommen. Bei Motoren, bei denen bereits eine hohe Dichte an Daten erfasst wird, soll durch effektivere Ansätze bei der Erfassung eine wirtschaftlichere Lösung gefunden werden. Die Grundlage dafür stellt die Erfassung von Prozess- und Produktdaten in der Einzelteilerfertigung oder der Montage da, welche in einem späteren Arbeitsschritt wieder der Komponente oder dem Motor zugewiesen werden können. Das wiederum setzt eine eindeutige Kennzeichnung der Bauteile und der Motoren voraus.

4.1 Motorgruppen

Das Vorgehen in der Produktion und bei der Dokumentation unterscheidet sich bei den zwei Motorgruppen grundlegend voneinander. Zwar sind beide Gruppen Hubkolben-Verbrennungsmotoren und somit ist die grundlegende Technologie dieselbe, jedoch werden sie durch ihre unterschiedlichen Einsatzgebiete vollkommen getrennt voneinander hergestellt. Flugmotoren machen zirka ein Prozent der gesamt produzierten Motoren bei Rotax aus. Diese vergleichsweise geringe Zahl macht eine Automatisierung der Flugzeugmotorenproduktion sehr unwirtschaftlich.

4.1.1 Aircraft-Motoren

Um einen Flugmotor neu zuzulassen müssen viele Stationen durchlaufen werden. Es ist Zeit intensiv, aufwendig und teuer. Die in der Produktion zu überprüfenden Eigenschaften der Bauteile und der Motoren, bestehend aus Maßen, Toleranzen, eingebauten Teilen (mit Seriennummer), werden dabei festgelegt. Diese müssen in weiterer Folge gespeichert werden um zu einem späteren Zeitpunkt wieder dem Motor zuordbar zu sein. Es ist nicht jeder Wert, der überprüft werden muss in der Norm bzw. im Europäischen Luftfahrtgesetz „Part 21“ fixiert,

sondern werden die zu dokumentierenden Werte erst bei der Zulassung des Motors zwischen Behörde und Unternehmen verhandelt und beschlossen. Das Sammeln von Daten wird sehr ineffizient durchgeführt. Es werden rein manuell lesbare Beschriftungen aufgebracht, welche eine Automatisierung nicht zulassen. Die Motorkomponenten und der Motor in seiner Zusammensetzung sind ein sehr statisches Konstrukt. Damit ist gemeint, dass der Motor nicht einfach optimiert oder Teile weiterentwickelt werden dürfen, weil es dann einer neuerlichen Zulassung der Luftfahrtbehörde bedarf. Daher gibt es nur sehr beschränkt unterschiedliche Versionen dafür aber umso mehr Varianten. Diese Varianten der Motoren zeichnen sich besonders durch ihre Anbauteile, die benötigt werden um sie in unterschiedliche Flugzeuge einbauen zu können aus. Die Motoren haben einen sehr geringen Anteil an Zukaufteilen da viele Zuliefererbetriebe nicht die geforderten strengen Auflagen erfüllen können.

4.1.2 Rotax-Motoren

Als Rotax-Motoren werden alle Motoren verstanden, die entweder in ein BRP-Fahrzeug eingebaut werden oder für ein anderes Unternehmen produziert werden und Rotax die Rolle eines OEM einnimmt. All diese Motoren haben als Einsatzgebiet nicht den Flugverkehr. Diese Motoren sind in der Entwicklung wesentlich flexibler da die Zulassung nicht so aufwendig ist wie bei AC-Motoren. Aus diesem Grund und um sich gegen eine immer größere Anzahl an Mitbewerbern durchzusetzen kommen viele neuartige Fertigungstechnologien zum Einsatz die die Fertigung allerdings komplexer machen. Diese helfen die Qualität und den Wirkungsgrad der Motoren stetig zu verbessern und die Effizienz in der Produktion zu steigern.

Um die Fertigungsprozesse und die produzierten Bauteile besser überwachen zu können sollen Komponenten frühest möglich im Fertigungsprozess vereinzelt werden um ihre Entwicklung über die einzelnen Fertigungsschritte besser verfolgen und beurteilen zu können. Es soll einerseits die Prozesse schneller und besser überwacht werden um den Regelkreis zu verkleinern und schneller reagieren zu können. Um das möglich zu machen soll mit Maschinen lesbaren Informationsträgern gearbeitet werden. Dieser Ansatz ist auch als Traceability geläufig. Der Materialfluss kann mithilfe dieser Methoden besser geplant und überwacht werden was zu einer niedrigeren Leerlaufzeit bei Maschinen führen kann.

4.2 Stationen entlang des Wertstroms und der jeweilige Bedarf zur Dokumentation

In einem ersten Überblick sollen in diesem Kapitel die einzelnen Stationen am Weg zu einem neuen Rotax-Motor durchlaufen werden. Dabei ist die Entwicklung, die Fertigung der Komponenten, die Montage und der Aftersales Bereich zu nennen. Es soll dabei ein erster Überblick gegeben werden um die Situation in den einzelnen Bereichen beurteilen zu können und der Bedarf nach Dokumentation in den einzelnen Bereichen erläutert werden. Wie bereits im Theorie teil erwähnt und aufgelistet gibt es drei grundlegende Ursachen, die den Bedarf nach dem Sammeln von Daten auslösen. Diese kommen aus rechtlichen/ regulativen Vorschriften, betriebswirtschaftlich außenwirksamen und innenwirksamen Gründen. Unter außenwirksamen betriebswirtschaftlichen Gründen werden Gründe wie Kundenzufriedenheit stärken oder Regressforderungen eindämmen verstanden. Bei innerwirksamen betriebswirtschaftlichen

Gründen spricht man von Ausschuss reduzieren oder Effizienz im Allgemeinen optimieren. Der Bedarf ist abhängig vom Einsatzgebiet des Motors und von den verwendeten Technologien bei der Fertigung. So haben Motoren für die Luftfahrt einen umfangreichen Bedarf aus rechtlicher Sicht und Motoren bei denen anspruchsvolle Fertigungstechnologien zum Einsatz kommen, einen erhöhten Bedarf um den Prozess schneller und besser absichern zu können und so einen größeren Ausschuss zu vermeiden. In den folgenden Absätzen werden die Dokumentation und der Bedarf danach für die einzelnen Lebenszyklen beschrieben.

4.2.1 Entwicklung

Ist-Stand

In der Entwicklung ist PTC Creo & PTC Windchill (PTC, Needham, USA) im Einsatz. Creo ist eine design Software (CAD-Programm) und Windchill ein PLM (Product Lifecycle Management) System. Die in der Entwicklung entstandenen Daten fließen in Windchill zusammen. Neben 2D und 3D Zeichnungen werden auch Stücklisten erstellt. Die Zeichnungen und Stücklisten werden an SAP-ECC übergeben und stehen dort für die Fertigung und die Montage zur Verfügung.

Der NPD-Prozess (New Product Development Process) beschreibt alle Aktivitäten aller beteiligten Abteilungen im Zuge eines Produktentwicklungsprojektes, unterteilt in mehrere Projektphasen. Jede Projektphase wird mit einem Gate abgeschlossen. 10 Gates müssen abgeschlossen werden. Damit wird eine möglichst genaue Standardisierung der Entwicklung verwirklicht. In der frühen Phase bekommen Komponenten 9-stellige Versuchsnummern. Spätestens bei der Erstmusterprüfung bei der die fertigungstechnische Machbarkeit geprüft wird erhalten die Komponenten eine 6-stellige Nummer die sie auch für den Serienbetrieb als Materialnummer behalten und welche auf die Komponenten kommt.

In dem NPD-Prozess sind mehrere wichtige Werkzeuge integriert. Einige der wichtigsten sind folgend kurz erklärt:

Als wichtiges Werkzeug sind FMEAs (Fehlermöglichkeits- und Fehlereinflussanalysen) sie sind eine effektive Möglichkeit und frühzeitig Fehler auszumachen und diese zu beheben. Es gibt sowohl eine Design FMEA die in einer frühen Phase der Entwicklung durchgeführt wird um alle Funktionen des Motors gewährleisten zu können und eine Prozess FMEA die vor der Umsetzung der Komponenten in der Fertigung durchgeführt wird um die Serienfertigung sicher zu stellen. Dabei wird die produktionstechnische und qualitätssichernde Machbarkeit geprüft. Beide dienen dazu Fehler im Idealfall zu vermeiden bevor sie auftreten um sich Kosten in einer späteren Phase zu ersparen.

Es gibt Unternehmensinterne Verfahrensanweisungen wie die VA 08-001/H welche die Vorgehensweise bei der Definition und der Bewertung von KC (Key Characteristic) Merkmalen vorgibt. Dies dient dazu, kritische Merkmale im Entwicklungsprozess zu erkennen und zu definieren und diese bei der Herstellung der Produkte zu messen und dabei die Prozessfähigkeit aufzuzeigen bzw. zu bewerten.

AA FT-002: Diese unternehmensinterne Arbeitsanweisung beschreibt wie es zu einem Arbeitsplan in SAP-ECC kommt. Den Anstoß zur Planung eines neuen Arbeitsplans und den dazu gehörenden Prüfmerkmalen erfolgt über die Arbeitsvorratsliste. Für das neue Produktionsteil

wird ein Arbeitsplan erstellt: erforderliche Arbeitsvorgänge erstellt, Prüfmerkmale und Fertigungshilfsmittel werden zugeordnet, Prüfanweisungen angelegt, Freigabe und Archivierung in SAP-ECC. Im Zuge dieses Vorgehens werden die verfügbaren Ressourcen des Unternehmens mit dem zu umsetzenden Arbeitsplan verglichen. So soll die wirtschaftlichste Möglichkeit erarbeitet werden und zur Umsetzung kommen.

Es gibt neben Vorschriften und Anweisungen auch Unternehmensinterne Normen, so genannte RON's (Rotax-Normen). In der Entwicklung und in weiterer Folge in der Qualitätsüberwachung spielen die RON 303 und RON 150 eine wichtige Rolle. Die RON 303 legt Teile- und Merkmal-klassen nach Qualitäts- und Design- Gesichtspunkten fest. Die unterschiedlichen Qualitätsklassen geben an ob und wie ein Teil kontrolliert werden muss. Dabei können Teile mit geringer Aufmerksamkeit bis hin zu Bauteilen mit Dokumentationspflicht vorkommen. Die RON 150 kommt immer in Verbindung mit laut RON 303 funktionskritischen Bauteilen oder Dokumentationskritischen Merkmalen vor. Dabei legt sie die Kennzeichnung der Teile zur Rückverfolgbarkeit fest. Es wird versucht mit dieser RON einen einheitlichen, durchgängigen und maschinenlesbaren Standard zu etablieren.

Prozesssicherheit vs. Prüfsicherheit → Fertigungskomponenten: Wenn neue Komponenten in die Produktion kommen gilt es diese genauer zu prüfen da keine Erfahrungswerte zur Prozesssicherheit gegeben sind. So wird eine Prüfsicherheit durch häufigeres prüfen gewährleistet. Ergeben die Ergebnisse der Prüfungen einen stabilen Prozess mit leichten Schwankungen, welche sich nur innerhalb der Toleranzen bewegen so kann die Prüfintensität zurückgefahren werden.

Die Vorgehensweise in der Entwicklung ist sehr genau vorgegeben, die richtigen Abläufe und Werkzeuge zur Sicherung der Qualität sind bereits im Prozess implementiert und der Übergang von der Entwicklung in die Serienfertigung ist durch mehrere Vorschriften gesichert. Es besteht möglicherweise Bedarf den sehr stark regulierten Ablauf etwas zu vereinfachen um keinen unnötigen Mehraufwand zu erzeugen da sich oftmals unterschiedliche Vorschriften und Anweisungen in ihrem Geltungsbereich überschneiden und somit einen Mehraufwand verursachen.

Bedarf

In der Entwicklung werden CAD Zeichnungen mit Stücklisten in einem PDM Programm gesammelt. Diese Daten werden im Zuge der angehenden Fertigung von Prototypen und in weiterer Folge für die Planung der Serienfertigung an das ERP Programm übergeben. Es besteht eventuell Bedarf bei der Verbesserung der Schnittstellen so dass kein manuelles nacharbeiten der überspielten Daten notwendig ist. Prinzipiell gibt es aber einen gut funktionierenden Ablauf. Im unternehmensinternen Entwicklungsumfeld werden alle Motoren gleichbehandelt. Flugmotoren müssen eine aufwendige Zulassung durch die Luftfahrtbehörde durchlaufen was für das Unternehmen sehr kostspielig ist. Daher ist der Entwicklungsprozess bei AC-Motoren sehr statisch. Es gibt kaum unterschiedliche Versionen da diese jedes Mal wieder von der Luftfahrtbehörde geprüft und abgenommen werden müssen.

4.2.2 Fertigung der Komponenten

Ist-Stand

Es liegt eine diskrete Fertigung vor. Das heißt es werden bei jedem Bearbeitungsschritt bearbeitete Teile auf Fertigungsaufträge zurückgebucht. Genauso werden Fertigungsaufträge von Bearbeitungsstationen angenommen. Die Losgrößen hängen von dem Medium (Paletten, Körbe, usw.) mit dem das Material durch die Fertigung gefördert wird ab. Dieser Vorgang wiederholt sich vom Wareneingang bis zur Schlusskontrolle. Einlagerung zwischen Fertigungsschritten kann je nach Kapazität des Maschinenparks als Puffer vorkommen. Fertigungsaufträge durchlaufen je nach momentanen Rüstzustand und vorhandenen Kapazitäten den Maschinenpark. Wird neues Material bei einem Bearbeitungsschritt benötigt welches sich noch nicht im Umlauf befindet wird es über SAP-ECC angefordert und von der Logistik bereitgestellt. Qualitätskontrollen finden teilweise vor Ort statt und teilweise in einem eigenen Labor.

Bevor die endgültigen Geometrien bei den finalen Bearbeitungsschritten entstehen wird bei Bearbeitungsstationen ein Übermaß an den zu bearbeitenden Flächen stehen gelassen. Für diese Stationen werden Arbeitsschrittzeichnungen benötigt, die die Information des jeweiligen Soll-Zustandes der Bearbeitungsstation beinhaltet. So wird nach und nach das endgültige Maß und die Oberflächenqualität des Bauteils erreicht. Diese Zeichnungen entstehen bei der Produktionsplanung.

Datenerhebung und Informationsweitergabe in der Komponentenfertigung wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch genauer behandelt. Im Kapitel der methodischen Ist-Stand-Erhebung wird im Detail auf die einzelnen Bereiche eingegangen.

Bedarf

In der Fertigung von Komponenten müssen die Komponenten der unterschiedlichen Motoren getrennt betrachtet werden.

Bei Flugmotoren gibt es aus rechtlichen Forderungen die Pflicht der sehr strengen Dokumentation der einzelnen Bauteile. Es werden sehr viele Produktdaten gesammelt so wie zum Beispiel Maße und Passungen. Diese werden am Ende der Fertigung vermessen. Prozessdaten werden in der Fertigung keine ermittelt und demnach nicht beachtet. Die Maße werden manuell auf die Bauteile aufgebracht und müssen anschließend manuell der Datenbank übergeben werden.

Bei dem 903er der ein robuster Motor ist und bei den ausgereiften Fertigungstechniken zum Einsatz kommen gibt es aus Prozessüberwachender Sicht keinen Bedarf zu dokumentieren. Um Ineffizienzen sichtbar zu machen und so effizienter zu Produzieren ist es erstrebenswert in der Komponentenfertigung die Prozesse zu dokumentieren. So soll entlang des Wertstroms Einsparungspotenzial aufgedeckt werden.

Der 849er hat bei der Fertigung der Komponenten einen erhöhten Überwachungsbedarf. Das resultiert aus Fertigungstechniken deren Stabilitäten noch nicht dem Soll entsprechen. Die Folge daraus ist zu hoher Ausschuss. Um die entscheidenden Faktoren für die Prozess- und Produktqualität besser eingrenzen zu können wäre es wichtig Daten zu qualitätsentscheidenden Prozessen zu sammeln. Um Kosten durch erhöhten Ausschuss einzusparen wäre es von Vorteil Prozesse in Echtzeit überwachen zu können um rechtzeitig steuernd einzugreifen. Bei

auftretenden Problemen im Feld kann durch Dokumentation in der Produktion eine genaue Eingrenzung der fehlerbehafteten Teile vollzogen werden. So können auch Regressforderungen besser bearbeitet werden.

4.2.3 Montage

Ist-Stand

Die Montage ist als Fließfertigung ausgelegt, die zu montierenden Produkte werden mithilfe von AGVs (Automated Guided Vehicle) und Förderbändern zur nächsten Montagestation geführt. Die AGVs sind mit einem RFID-Chip (radio-frequency identification) bestückt der mit der SFCN (shop floor control number) beschrieben wird welche am Ende der Montage durch eine offizielle Motornummer ersetzt wird, welche auf den Motor geprägt wird.

Jede Montagestation stellt dem ankommenden Motor seine Ressourcen zur Verfügung. Jede Station hat andere Ressourcen (z.B.: fügen, handhaben, prüfen) und zu verbauende Motorteile, die zu Verfügung gestellt werden. Es werden Daten von Prüfständen und Daten zu Komponenten, welche in der Fertigung gesammelt werden in SAP-ME hinterlegt. Diese werden durch Scannen von DMC erfasst und auf die SFCN hinterlegt.

Die Montage wird mit SAP-ME unterstützt. Die Kommunikation mit SAP-ME läuft beispielsweise so ab: Wenn ein Motor zu einer Montagestation kommt meldet sich das AGV mithilfe seines RFID Chips an. Durch die Anmeldung weiß SAP-ME welcher Motor als nächstes montiert werden muss. SAP-ME stellt sogleich dem Mitarbeiter die richtigen Schraubprogramme und den Arbeitsplan für die Station zur Verfügung. Die zu verbauenden Teile werden, wenn möglich gescannt. Durch das Scannen des DMC werden Daten aus der Fertigung der Komponenten auf den Motor übertragen. Geringfügig werden auch Komponenten von Zulieferern gescannt und Daten erfasst wie z.B.: Injektordaten. Diese können nach Fertigstellung und Auslieferung des Motors weiter zu geordnet werden und stehen bei dem Einbau des Motors in ein Vehicle zur Verfügung.

Die Rückmeldung von Prüfständen erfolgt mit i.O. (in Ordnung) oder n.i.O. (nicht in Ordnung). Es gibt vor der Fertigstellung eines Motors eine Reihe von Tests. Bei manchen werden zusätzlich Daten erfasst und wieder auf die SFCN gespeichert. Alle Daten, die mit dem Motor an die Fahrzeughersteller geliefert werden haben einen funktionellen Zweck. Meist für Steuergeräte. Qualitätsbeschreibende Daten werden nicht übermittelt.

Der Aufwand für Mitarbeiter bezüglich der Datensammlung und -zuweisung im Montageprozess ist sehr gering. Das zuweisen von weiteren Daten würde keinen großen Mehraufwand bedeuten

So groß die Vorteile einer zentral gesteuerten Montage und der Sammlung von Informationen entlang der gesamten Linie, gibt es doch auch Nachteile, die man nicht außer Acht lassen darf. Die Montage ist von der ununterbrochenen Unterstützung von SAP-ME abhängig. Das Programm wiederum ist von der Verbindung mit dem Server abhängig. Der Server stellt bei jeder Montagestation, die mit SAP-ME arbeitet Informationen und Freigaben bereit. Falls die Verbindung mit dem Server ausfällt steht die gesamte Montage.

Unterschiedliche Technologien der Aufbringung der DMC (Data Matrix Code) wie in RON 150 (Rotax-Norm) beschrieben führen zu Schwierigkeiten beim Scannen. Die Aufbringung erfolgt

mittels Laser oder Nadelprüfer. Erschwerend kommt hinzu, dass unterschiedliche Scanner im Einsatz sind. Nicht alle Scanner können alle Codes gleich gut lesen.

Alle Daten der Komponenten, welche im SAP-ME gespeichert sind, werden erst dann kontrolliert, wenn bei einem Motor im Feld etwas passiert oder wenn in einem Audit diesbezüglich etwas beschlossen wird. Aus diesem Grund und weil oftmals die Daten unangetastet bleiben währt sich die Montage gegen eine Datenflut, die keinen Mehrwert bringt.

Abseits des Hauptmontagebands werden Baugruppen vormontiert. Dabei werden auch Daten erfasst, die weiters mit dem Motor verbunden werden. Beispielsweise wird das Getriebe mit Seriennummer in Form eines Strichcodes beschriftet wo zusätzlich der Montage Zeitpunkt gespeichert wird.

Konflikte kommen in der Montage durch Materialnummern zustande welche von SAP-ME nicht erkannt werden. Bei manchen Materialnummern kommt es zu Materialnummernsprüngen während der Fertigung und nach der Einlagerung. Hinzu kommen Probleme mit unterschiedlichen Revisionsständen. Unterschiedliche Revisionsnummern werden nicht übernommen und dadurch kommt es zu Konflikten mit SAP-ME.

Ein weiterer Kritikpunkt der Montage an der Komponentenfertigung ist das undurchsichtige sammeln von Daten. Es wird in mitten der Fertigung einer Komponente begonnen Informationen zu sammeln. Diese werden zusätzlich noch in unterschiedlichen Systemen abgefragt und gespeichert (Bsp.: Kurbelwelle/ Pleuel).

Bei den AC-Motoren gibt es keinen Datenkollektor wie SAP-ME in der restlichen Montage. Die Datenerfassung erfolgt manuell durch den Mitarbeiter. Dieser muss die Werte, welche am Ende der Fertigung auf die Komponenten aufgebracht wurden in einer Liste sammeln umso zu dokumentieren welche Teile in welchen Motor eingebaut wurden. Die Dokumentation ist kein unwesentlicher Arbeitsaufwand, den der Mitarbeiter bei der AC-Montage leisten muss.

Bedarf

Die Montage wird mit SAP-ME gesteuert. Der prinzipielle Ablauf ist vorgegeben und es können Daten der Komponenten (sofern vorhanden) mit SAP-ME auf den Motor übergeben werden um eine Zuordnung des fertigen Motors auf die Fertigung zu haben. Es besteht noch Potenzial diese Abläufe zu verbessern jedoch hat sich die vorhandene Vorgangsweise bewährt und soll beibehalten und ausgebaut werden.

In der Montage der Aircraft Motoren wird mithilfe eines Formulars Daten von einem Mitarbeiter dokumentiert. Im Anschluss werden die Daten einer Datenbank übergeben. Das Potenzial, das sich in diesem Prozess Fehler bei der Dokumentation einschleichen ist recht groß und man muss sich auf das gewissenvolle arbeiten des Mitarbeiters verlassen. Der zusätzliche Aufwand, den die Mitarbeiter durch die Dokumentation zu leisten haben soll verringert werden.

4.2.4 Kundenservice

Ist-Stand

Im Kundenservice wird mit einer Software von Salesforce (San Francisco, USA, 1999) gearbeitet. Salesforce bietet mit "Sales Cloud" eine auf Cloud-Computing basierende CRM (Customer-

Relationship-Management) Anwendung. Die Daten werden in Salesforce dargestellt wobei je nach Befugnis/ Recht des Benutzers Informationen zu einem bestimmten Motor eingesehen werden kann. Über eine Schnittstelle werden Daten von SAP-ECC importiert. Zurzeit werden hauptsächlich Daten von AC-Motoren und von Kart-Motoren in Salesforce dargestellt. Der Grund dafür ist, dass bei Flugmotoren und Kart-Motoren nicht wie andere Motoren Konzernintern in Fahrzeuge verbaut werden, sondern an den Endverbraucher oder an andere Unternehmen geliefert werden, die den Motor in das jeweilige Endprodukt verbauen. Motoren, die im BRP-Konzern in Fahrzeuge eingebaut werden, werden von dem jeweiligen Tochterunternehmen in Salesforce betreut.

Da AC-Motoren ein Einsatzgebiet haben, das erhöhte Kontrolle erfordert werden hier am meisten Informationen für den Motorhalter zur Verfügung gestellt. Die Daten zu serialisierten Komponenten werden in Filemaker gesammelt und weiter nach SAP-ECC importiert. Diese Schnittstelle ist nicht optimal gelöst und benötigt Mehraufwand bei dem manuellen nachtragen von Daten. Motorenhalter können benachrichtigt werden, wenn Motoren zu warten sind oder wenn eine Generalüberholung durchzuführen ist. Es werden hauptsächlich die Zustände der Motoren überwacht und Änderungen vermerkt. Es sollen Servicearbeiten, die am Motor vorgenommen werden dokumentiert werden. Falls es zu einem Wechsel von Bauteilen kommt werden die neu eingebauten Teile in Salesforce vermerkt.

In Salesforce wird eine Liste der serialisierten Teile, die in einem Motor eingebaut werden angezeigt. Dabei werden keine Daten über die Qualität der Komponenten abgespeichert so wie Maße oder Oberflächenrauheit. Die Montage ist, wenn man so will der am weitesten zurück liegenden Lebensabschnitt des Motors, der in Salesforce erfasst bzw. abgebildet wird.

Für zukünftige Ambitionen gilt: Daten in guter Qualität zu den richtigen Komponenten sind immer erwünscht. Leistungen von Prüfständen des Motors, Maße für Toleranzen der Komponenten und in weiterer Folge für Motoren wären, wenn sie einen Mehrwert für Kunden darstellen interessant.

Bedarf

Der Service für Kunden wird mit Salesforce gewährleistet. Kundenrelevante Informationen werden über SAP- ECC und SAP- ME in Salesforce zur Verfügung gestellt. Der Bedarf an Dokumentation hängt damit zusammen welche Daten man dem Kunden zur Verfügung stellen will.

4.2.5 Fazit

Aus dem jeweiligen Bedarf, der sich an den einzelnen Stationen ergibt lassen sich bereits Verbesserungspotenziale erkennen. Sowohl für die AC-Motoren als auch für die Rotax-Motoren. Die Vereinheitlichung der Prozesse scheint nur durch großen Aufwand realisierbar zu sein. In vielen Bereichen wird noch nach einem einheitlichen Vorgehen gesucht.

Im folgenden Kapitel der Voranalyse soll nach den Bereichen mit dem größten Handlungsbedarf gesucht werden. Weiter soll versucht werden unterschiedliche Prozesse in Bezug auf die Datenerfassung vergleichbar zu machen. Wie mit den neu gesammelten Daten in Zukunft umgegangen werden soll und welche Veränderungen herbeigeführt werden sollen soll am Ende der Arbeit erörtert werden.

4.3 Voranalyse

In der Voranalyse soll sich mit allen Unternehmensinternen Abläufen die im Kapitel 4.2 oberhalb gelistet sind beschäftigt werden. Es soll oberflächlich analysiert werden welche der Bereiche am kritischsten ist bzw. in welchen Bereichen es bereits eine klare Strategie oder ein logisches Vorgehen bei der Datenerfassung und Auswertung gibt. Folgend sollen die Stationen, welche von jedem Produkt durchlaufen werden und von einer elektronischen Motorakte betroffenen wären aufgelistet und die Spezifikationen und Schwächen aufgezählt werden. Dabei soll herausgefunden werden wo die größten Defizite liegen und was in weiterer Folge für Schritte gesetzt werden müssen, um dem Ziel einer elektronischen Motorakte näher zu kommen.

Diese Bereiche werden chronologisch, der entsprechend Stationen in der Fabrik durchlaufen. Dabei werden: Entwicklung, Fertigung (von Motor Komponenten), Montage und Aftersales gelistet. Vorgelagert wird noch der Bereich Lieferanten analysiert, dabei handelt es sich um die Kommunikation mit Zulieferern. Es werden zu jedem Abschnitt die größten Kritikpunkte angeführt.

Die Einbindung von **Lieferanten** erfolgt sowohl in der Fertigung durch die Anlieferung von Rohteilen als auch in der Montage durch die Anlieferung von einbaufertigen Zukaufteilen. Zukaufteile haben unterschiedliche Kennungen auf Bauteilen, welche nicht vereinheitlicht sind. Ein Wildwuchs an alphanumerischen Codes, DMC und QR-Codes liegt vor. Dabei ist die Bedeutung und die Information, die hinter diesen Kennzeichnungen steckt nicht am Bauteil selber erkennbar. Zusatz Informationen, die zu den jeweiligen Kennzeichnungen auf den Bauteilen vorhanden sind können nur über zusätzliches anfragen beim Lieferanten angefordert werden. Allgemein kann gesagt werden das mit den Zulieferern keine Daten ausgetauscht werden. Ausnahme ist, wenn ein neuer Auftrag an einen Zulieferer vergeben wird. Dabei werden anfangs genaue Toleranzen festgelegt, die nachgewiesen werden müssen. Im Serienbetrieb wird darauf vertraut, dass diese Werte weiter eingehalten werden.

Die **Kritikpunkte** an dem momentanen Vorgehen kann in drei Unterpunkte geteilt werden. Erstens werden die Unternehmensinternen Regeln für die Kennzeichnung von Bauteilen nicht umgesetzt. In manchen Teilen werden andere Beschriftungen benützt. Zweitens besteht kein Austausch mit Lieferanten was zu einer Vielzahl an Kennzeichnungen auf den Bauteilen führt und keine Informationen zu den Kennzeichnungen ausgetauscht werden. Wenn der Aufwand innerhalb des Unternehmens betrieben wird um möglichst viele aussagekräftige Daten pro Bauteil zu sammeln sollten auch zugekaufte Teile eine mit Informationen belegt sein. Drittens werden chargenbezogene Informationen von Lieferanten nicht gleichbehandelt. Informationen, die bereits von Lieferanten bezogen werden, werden unterschiedlich im Unternehmen behandelt.

Die **Entwicklung** ist die Voraussetzung aller weiteren Stationen. Es wird die Geometrie aller Komponenten fixiert, durch ihr Einsatzgebiet die Materialwahl bestimmt und so auch ihre Herstellungsverfahren gewählt. Die Entwicklung ist jedoch nicht von der Erfassung von Daten für explizite Einzelteile der Produktion betroffen. Es gibt mehrere Werkzeuge und Methoden, die das Vorgehen der Mitarbeiter eingrenzt und hilft zielorientiert die gewünschten Ergebnisse zu erreichen. Dabei wird beispielsweise frühzeitig in der Entwicklung eine Design FMEA (Fehlermöglichkeits- und Fehlereinsatzanalyse) durchgeführt um die funktionellen Anforderungen des Motors zu überprüfen. Unternehmensinterne Normen und Anweisungen geben den Weg und

die zu erreichenden Ziele vor. Dabei entstehen Bauteile, die von sehr kritisch bis wenig kritisch eingeteilt werden können. Kritische Bauteile weisen kritische Merkmale auf die in weiterer Folge in der Produktion genau geprüft und dokumentiert werden müssen. Mit Zeichnungen und Stücklisten entstehen die Vorgaben für die Fertigung. Diese entstehen für alle Motoren in denselben Programmen müssen dann jedoch mit unterschiedlichen Schnittstellen in zwei unterschiedlichen Systemen bereitgestellt werden. In Filemaker für AC-Motoren und in SAP für Rotax-Motoren.

Kritikpunkte an dem Vorgehen der Entwicklung ist die zu ungenaue Ausführung und Anwendung der Methoden und Systeme. So werden manche Qualitätssichernde Maßnahmen nicht oder nur sehr schleißig durchgeführt. Weiters ist die Bereitstellung der Fertigungsinformationen in zwei Systeme bereits ein vermeidbarer Mehraufwand.

Die **Fertigung** ist durch die Vielzahl der möglichen Bearbeitungsschritte und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten beim durchlaufen dieser Stationen am komplexesten. Es werden unterschiedliche Systeme benützt um Prozess- und Produktdaten abzufragen und zu sammeln. Außerdem wird wiederum unterschieden in AC- und Rotax-Motoren. Die Kennzeichnung ist nicht einheitlich gelöst, es gibt kein klares Vorgehen. Bei ein paar Ausnahmen werden DMCs aufgebracht was jedoch teilweise inmitten eines Wertstroms geschieht, also nicht am Anfang um den gesamten Fertigungsprozess eines Bauteils aufzuzeichnen. Darüber was aufgezeichnet werden soll herrscht Uneinigkeit.

Als **Kritikpunkt** in der Fertigung ist das uneinheitliche Vorgehen bezüglich Kennzeichnung und Datenerfassung zu nennen. Welche Komponenten serialisiert gehören und welche Daten aus den Prozessen aufgezeichnet gehören ist nicht einheitlich geregelt. Ab welchem Prozess macht es einen Sinn bezüglich der Qualität Daten zu erfassen und ist es dann auch wirtschaftlich umsetzbar? Wie können die Daten erfasst und später in der Montage den Bauteilen wieder zugeordnet werden?

In der **Montage** sind zwei unterschiedliche Systeme im Einsatz. In der AC-Motor Sparte ist Filemaker im Einsatz. Es ist sehr unwirtschaftlich zu befüllen und bereitet Schwierigkeiten bei der Konfiguration. Anhand der im System hinterlegten Information ist die genaue Konfiguration schwer nachvollziehbar. Die Dokumentationsschärfe ist sehr genau. Bei den restlichen Motoren ist SAP-ME als Daten Kollektor im Einsatz. Dabei werden Daten von Komponenten gesammelt und Motoren zugeordnet. Die Identifizierung der Motoren ist in der Montage von Anfang bis Ende gegeben.

Kritikpunkte sind die mangelnde Systemstabilität bei SAP-ME, der große Aufwand bei der Benutzung von Filemaker und dass zwei Systeme im Einsatz sind.

Im Bereich des **Aftersales** werden bei Rotax nur jene Motoren betrachtet, die nach dem Verlassen des Werkes direkt an ihren Endkunden gelangen. Motoren, die innerhalb des Konzerns in Fahrzeuge verbaut werden, werden vom jeweiligen Unternehmen, welches die Endfertigung vornimmt betreut. Relevante Daten werden aus unterschiedlichen Systemen in das ERP System geladen und gelangen über eine weitere Datenschnittstelle in Salesforce.

Der einzige **Kritikpunkt**, der dabei anzumerken ist, ist das eine bessere Zusammenarbeit unter den Unternehmen im Konzern stattfinden könnte. Dadurch würde sich der Service für den Kunden mit wenig Aufwand verbessern lassen.

Eine übersichtliche Bewertung der genannten Bereiche wurde unterhalb in Form einer Tabelle durchgeführt.

	Entwicklung	Zukaufteile	Fertigung	Montage	Aftersales
Serialisierung	---	X	~	✓	✓
Materialkennung	---	~	✓	✓	~
Dokumentation auf Seriennummer	---	X	~	✓	✓
Dokumentation auf Charge	---	~	~	✓	✓
Dokumentation auf Zeitstempel	---	✓	~	✓	✓
Anzahl der IT Systeme	1	1	3	2	1

Tabelle 5: Auswertung zur Schwächen Identifikation (x... nicht vorhanden; ✓...vorhanden; ~...teilweise vorhanden; 1,2, 3, ... Anzahl; ---... nicht möglich in diesem Bereich)

In der Tabelle 5 oberhalb wurden die unterschiedlichen Bereiche gegenübergestellt. Die Bewertung ist mit „vorhanden“, „nicht vorhanden“ und „teilweise vorhanden“ erfolgt bzw. in „nicht möglich in diesem Bereich“ (siehe dazu Beschriftung der Tabelle 5). Bei Anzahl der IT Systeme wird die Anzahl der Systeme angegeben, welche parallel Daten sammeln bzw. die gleiche Aufgabe übernehmen, also eine redundante Aufgabenverteilung.

Wie oberhalb zu sehen und in den darüber ausgeführten Beschreibungen mit den jeweiligen Kritikpunkten der einzelnen Bereiche, herrschen die größten Schwachstellen in der Fertigung von Motorkomponenten. Mitunter auch deswegen da hier die komplexeste Struktur im Unternehmen herrscht. In den Bereichen Montage und Aftersales, sind schon zu einem großen Teil einheitliche Strukturen geschaffen worden. Im Bereich der Entwicklung sind einige Probleme aufgefallen, die jedoch zum größten Teil aus Unstimmigkeiten der unterschiedlichen Abteilungen in der Entwicklung selber entstehen. Bei Zukaufteilen ist die größte Hürde einheitliche Standards mit Lieferanten zu schaffen. Speziell bei der Kennzeichnung der Bauteile macht es Sinn entlang der Supply-Chain zusammen zu arbeiten und so mehr Informationen zu Bauteilen zur Verfügung zu haben um damit eine nachweisbare Qualität zu erhalten. Zusätzlich weisen die Bauteile dann keinen Wildwuchs an Kennzeichen auf. Diese einheitliche unternehmensübergreifende Beschriftung und Markierung der Bauteile kann dann in der Komponentenfertigung übernommen werden bzw. können bewährte Beschriftungen aus der Komponentenfertigung mit Zulieferern geteilt werden. Die Komponentenfertigung hat einige interne Problemstellungen zu lösen bei denen keine für das Unternehmen allgemein gültige Vorgangsweise existiert.

Speziell bei der Sammlung von Daten wird unterschiedlich vorgegangen und Prozesswissen gesammelt und geteilt. Dieser Bereich ist auch am stärksten betroffen von der unterschiedlichen Vorgangsweisen bei der Fertigung der beiden Motorgruppen.

Um den größten Defiziten entgegen zu wirken wird in weiterer Folge der Fokus auf die Komponentenfertigung gelegt. Nach der Festlegung auf die Komponentenfertigung muss im zweiten Teil der Voranalyse dieser Bereich genauer betrachtet werden um sich einen Überblick zu verschaffen und die wichtigsten Stellgrößen kennen zu lernen.

Es wurde dabei auf drei möglichst unterschiedliche Motoren zurückgegriffen um die unterschiedlichen Ansprüche der Produktpalette zu repräsentieren. Diese unterscheiden sich bezüglich ihres Bedarfs an die Dokumentation. Der Bedarf der Motoren beruht auf unterschiedliche Motivationen und verlangt unterschiedliche Genauigkeit der Dokumentation.

Um einen Überblick über die drei Motoren und damit über die Produktpalette der Rotax-Motoren und den zugehörigen Schlüsselkomponenten zu bekommen wurde folgend Tabelle 6 und Tabelle 7 angelegt. Die beiden Tabellen gehören zusammen und wurden hier getrennt um sie besser darstellen zu können. Es sollen darin die wichtigsten Eigenschaften und Bedürfnisse der Motoren gegenübergestellt werden. Die 200% Stückliste beim 912er Motor ist als Stückliste mit zusätzlicher Information für alle möglichen Varianten zu verstehen. Mit diesem Informationsumfang gelangen die Stücklisten in die Produktion. In der Zeile „Anforderungen vom Markt und interne Q-Vorgaben“ sind kompakt die wichtigsten Informationen untergebracht, die bezüglich der Dokumentation zu beachten sind. Dabei unterscheiden sich besonders die AC-Motoren vom restlichen Feld. Genauere Informationen dazu wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch gegeben. Im Allgemeinen kann man jedoch in den Tabellen sehen, dass der Aufwand der Dokumentation bei AC-Motoren nach Möglichkeit reduziert werden soll. Da hier unwirtschaftlich gearbeitet wird. Bei den zwei anderen Motoren besteht großes Potenzial durch die genaue Überwachung der Prozesse Ausschüsse zu reduzieren und so die Produktion effizienter zu gestalten.




		849		903		912	
Kontext	100% Stückliste, Zweizylinder Zweitaktmotor, Schneeschlitten (Lynx, Ski-Doo), heikle Technik dadurch Dokumentationsbedarf		100% Stückliste, Vierzylinder Viertaktmotor, viele Einsatzgebiete, solide Technik, niedriger Dokumentationsbedarf		200% Stückliste, vierzylinder Viertaktmotor, 800 Varianten, regulatorischer Datenerfassungsaufwand sehr hoch da Aircraft-Motor		
Sparten	Untervarianten: -Arbeitsschlitten (Lynx) -Sportschlitten (Ski-doo) -Sportschlitten für hohe Höhen (Ski-doo)		Segmente: -Wasser -Schnee -Straße -Wasserpumpe		Leicht- und Ultraleichtflugzeuge		
Anforderungen vom Markt und interne Q-Vorgaben	innovativer zuverlässiger Motor mit guter Performance, Bei der Produktion Ausschuss verringern, Q-Kontrolle besser Dokumentieren		zuverlässiger Motor, in vielen Bereichen einsetzbar, erfasste Daten sammeln und zuordbar machen um Produktion zu optimieren		Nach part 21 (regulative Anforderung) verpflichtet Daten zu sammeln, Effizienz steigern, möglicherweise in restliche Produktion integrieren		
IT/ IS System, DHR	SAP-ME, SAP-ECC, (Marbos, QDAS)		SAP-ECC, (Marbos, QDAS)		Filemaker, SAP-ECC, (Q-DAS)		
Zukaufteile	Injektor mit S# auch mit SAP-ME: Beide Injektoren werden mit Scanner in Montage dem Motor zugeordnet. Sonst keine.		Werden mit Chargenzuordnung gebucht, nicht mit SAP-ME erfasst.		teilweise durch Lieferanten im Filemaker dokumentiert		
Zylinder, Gehäuse	Status quo	2x Gehäuse, 1xBlockzylinder, 2x Teile Plasma-beschichtet!! , Q-Probleme, SAP-ME (Zylinderblock mit QR-Code versehen und mit Prozessdaten beschrieben)		Zylindergehäuse Oberteil/Unterteil, keine Dokumentation		4 Zylinder, 2 Gehäuse Dokumentation: Ineffizient, Filemaker	
	Challenge/ Vision	Ausschuss reduzieren, Prüfung der Plasmaschicht sehr wichtig!!! Prozessdaten in Echtzeit auswerten um Prozess besser zu überwachen.		durch Maschinenlesbare Beschriftung automatisiert Daten erfassen, Traceability, Erfassung über alle Prozessschritte		Dokumentation effizienter gestalten, Maschinenlesbare Beschriftung?! Leichtere Dokumentation	

Tabelle 6: -Auflistung der Motoren Teil1-

Kurbeltrieb	Status quo	Pleuel	Pleuel gecrackt mit Nadellager, beim cracken mit QR-Code versehen	gecracktes Pleuel mit Gleitlager	nicht gecrackt daher wie die restlichen KW Teile zu betrachten
		Einzelteile Kurbelwelle	semi- zusammengebaute KW	Kurbelwelle aus einem Stück	jedes Teil wird im Messraum einzeln vermessen und dokumentiert
		KW komplett	Pleuel werden zusammen mit restlichen Teilen zu einer KW verbaut QR-Code von MS Pleuel wird QR-Code der KW Komplett	Kurbelwelle mit Anschlusszapfen je nach Ausführung unterschiedlich, wird geschraubt oder gepresst	zusammengebaute Kurbelwelle, 25% leichter
	Challange/ Vision	Pleuel	Pleuel hat sowohl harte als auch weiche Materialeigenschaften, cracken heikel	Pleuel auch mit QR-Code versehen um automatisch Daten zu erfassen	Wie Einzelteile der KW
		Einzelteile Kurbelwelle	trackbar machen mittels QR-Code, saubere Zuordnung möglich	KW auch mit QR-Code versehen um automatisch erfasste Daten zuordbar zu machen	Dokumentationsaufwand reduzieren und somit Kosten sparen oder in den Prozess einbauen, automatisierte Dokumentation
		KW komplett	Daten der Pleuel werden auf KW übertragen, schärfere Dokumentation, Optimierungspotenzial ausschöpfen	Daten der vormontage ebenfalls auf KW S# speichern	Dokumentationsaufwand reduzieren
Montage	Status quo	Fließband, AGVs, strenge Taktzeiten, Daten in SAP-ME sind: Komponentendaten von KW und Blockzylinder, Prüfstand, Shotdaten, Injektor und Dichtprüfung	Fließband, AGVs, strenge Taktzeiten, mit SAP-ME werden einige Daten erfasst (z.B.: Motor steuerungsgerät)	Werkbankfertigung, fast Manufaktur	
	Challange/ Vision	Dokumentations Umfang vergrößern ohne zusätzlichen Aufwand, Nur relevante Daten mit nehmen, Bewertung vor dem abspeichern	Dokumentations Umfang vergrößern ohne zusätzlichen Aufwand, (Optimierung Prozesse und Produkte)	zusammenlegen mit der Montage der anderen Motoren (damit auch Filemaker aufgeben)	
After Sales		Wenn Vorfall im Feld nach Möglichkeit Daten nach weiteren Schadhafte Motoren durchsuchen.	Wenn Vorfall im Feld nach Möglichkeit Daten nach weiteren Schadhafte Motoren durchsuchen.	Salesforce: wichtiger Service für Flugzeug Halter (bis zum grounden eines Flugzeuges), Daten aus Filemaker	

Tabelle 7: -Auflistung der Motoren Teil2-

4.4 Analyse mithilfe des Fragebogens

Es wurden zwei der fünf Business-Units untersucht und mithilfe des Fragebogens der Ist-Stand der Fertigung in diesen Bereichen analysiert. Dabei ist der Fragebogen der in Kapitel 3 vorgestellt wurde zum Einsatz gekommen. Es wurde die Kurbelwellenfertigung und die Zylinderblockfertigung dokumentiert. Diese Bereiche beinhalten nicht die Fertigung der AC-Motor Komponenten. Die Ergebnisse liegen in Form von ausgefüllten Tabellen vor welche in diesem Kapitel zusammengefasst und gedeutet werden sollen. Die Tabellen des Fragebogens sind im Anhang vollständig beigefügt.

4.4.1 Kurbelwellenfertigung

Die genaueste und umfangreichste Analyse hat im Bereich zur Produktion von Kurbelwellen stattgefunden. Man kann diesen Bereich in zwei Gruppen unterteilen. Weichbearbeitung und Hartbearbeitung. Diese werden logischerweise vom Prozess des Härtens getrennt. Dieses wird Unternehmensintern durch Induktivhärten oder Unternehmensextern durch Nitrierhärten durchgeführt. Das durchlaufen dieses Bereichs ist mit Ausnahme der AC-Motoren für die unterschiedlichen Kurbelwellen fast ident. Beispielhaft für alle Kurbelwellen wurde eine KW 903 ausgewählt um diese BU zu untersuchen. Die unterschiedlichen Stationen, die diese durchlaufen muss sind unterhalb in Abbildung 12 zu sehen.

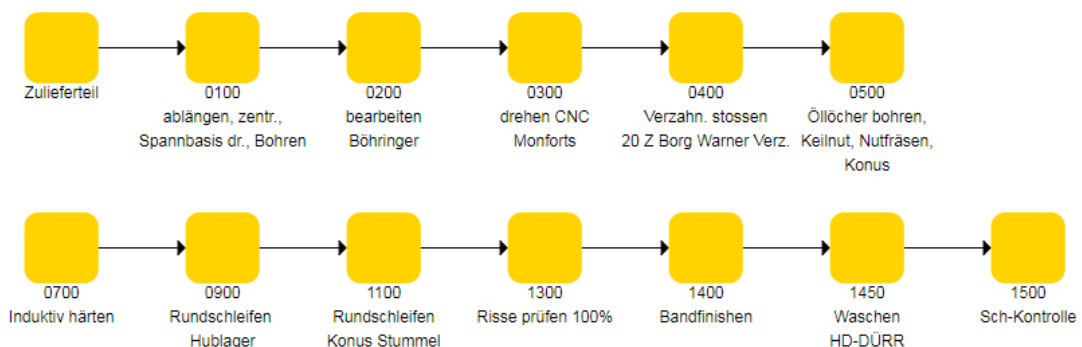


Abbildung 12: Kurbelwellen Fertigung 903er Weich- & Hartbearbeitung

In der oberen Zeile der Abbildung 12 ist das Weichbearbeiten und in der unteren Zeile das Hartbearbeiten dargestellt. Den Ablauf, die Bezeichnungen und die vierstelligen Nummern der Arbeitsschritte sind dem Arbeitsplan aus SAP-ECC entnommen worden.

Die Analyse der „Kennzeichnung & Systeme“ siehe 8.1.1 (Anhang) gibt einen Überblick über die vorhandenen Systeme und über den Stand der Kennzeichnung der Komponenten. Das Rohteil der KW (Kurbelwelle) hat bei Anlieferung eine Rohteilkennung zur eindeutigen Feststellung des Materials und eine Gesenk-Nummer, welche vom Schmiedevorgang stammt. Bei der Wareneingangsbuchung wird das Material eingchecked und Materialberichte zur erhaltenen Charge gespeichert. Die Eingangskontrolle wird laut Prüfplan durchgeführt. Bei den weiteren Bearbeitungsschritten wird immer sehr ähnlich vorgegangen. Die Maßkontrolle von Teilen um die Qualität zu garantieren geschieht mittels Erststückprüfung. Nach dem rüsten einer Maschine muss ein Erststück im Messlabor vermessen werden um die Freigabe für die Produktion zu bekommen. Werden die Soll-Maße nicht erreicht muss nachgerüstet werden und erneut vermessen werden. Dieser Ablauf muss so oft wiederholt werden bis die vorgegebenen

Toleranzen eingehalten werden. Durch das Einstellen der Maschinen fällt kein unwesentlicher Anteil des Ausschusses an. Dieses Erststück dient als Referenz für das gesamte Fertigungslos. Neben dem Erststück werden im Serienbetrieb ebenfalls Bauteile im Messlabor geprüft. Wie oft das passieren muss steht im Prüfplan. Bei stabilen Prozessen nimmt die Frequenz der zu messenden Teile ab. Die Messdaten werden in einer Qualitätsdatenbank gespeichert und in weiterer Folge statistisch ausgewertet. Sie werden allerdings nicht mit dem Fertigungsauftrag verlinkt. Es werden also keine Informationen zu den Komponenten gespeichert, sondern nur Daten zur Auswertung der Fertigungsprozesse gesammelt. Dieses Vorgehen ist im Weichbearbeitungs- als auch im Hartbearbeitungsbereich gleich.

Beim der Induktivhärtestation werden die KW vereinzelt. Es werden Datum und eine fortlaufende Nummer aufgebracht. Mit der Aufbringung dieser eindeutigen Seriennummer könnten Daten zu dem Bauteil auf der Maschine gespeichert werden. Gespeichert werden dabei Prozessparameter, Rundlauf der KW (Schlag) und der Zahnlauf. Diese werden nur vor Ort auf dem internen Speicher der Maschine gespeichert. Dieser Speicher wird, wenn er voll ist gelöscht was ungefähr jeden Monat passiert. Die eindeutige Identifizierung der KW wird im restlichen Fertigungs- und Montageprozess nicht berücksichtigt. Die restliche Identifikation bzw. Zuordnung der Bauteile geschieht über den Materialbeleg des Ladungsträgers und über die Rückmeldung des Fertigungsauftrags. Also über die Fertigungslose. Es werden also keine Daten für einzelne Bauteile gesammelt. Lediglich die ungefähre Zuordnung der Produktionszeit ist möglich.

Die Mitarbeiter in der Produktion prüfen ebenfalls vor Ort an der Maschine vorgegebene Maße. Der Intervall -bei KW muss jedes 10 Stück kontrolliert werden- ist ebenfalls im Prüfplan festgelegt. Diese Kontrolle wird jedoch nicht dokumentiert oder überprüft. Ob sie wirklich durchgeführt wird und ob die Maße dem Soll entsprochen haben ist im Nachhinein nicht feststellbar.

Neben den Abmessungen werden beim Induktionshärten Materialprüfungen durchgeführt. Diese können nur durch zersägen der KW und durch prüfen der gehärteten Schichten erfolgen. Die Berichte dazu werden in Excel Tabellen (Microsoft, Washington, USA) und handgeschriebenen Tabellen gespeichert. Auch hier muss eine Freigabe des Prozesses erfolgen. Im Serienbetrieb wird wieder wie im Prüfplan festgelegten Abständen geprüft. Durch die zerstörende Werkstoffprüfung entsteht ein unvermeidbarer Ausschuss. Ein großer Teil des Ausschusses fällt bei rüsten und einstellen der Maschinen an. Das passiert durch negative beurteilte Erststücke die sich nicht mehr korrigieren lassen und so zu Ausschuss werden.

4.4.2 Fertigung Zylinderkurbelgehäuse

Die zweite BU in der der Ist-Stand genauer erhoben wurde ist zuständig für die Fertigung von Zylinderkurbelgehäusen und Blockzylindern. Es wurde der 849er Blockzylinder als Beispiel herangezogen da er alle wichtigen Prozessschritte dieses Bereichs beinhaltet.



Abbildung 13: Wertstrom 849er Blockzylinder

Hier ist die Plasmabeschichtung der problematischste Prozess. Er ist ganz am Anfang des Wertschöpfenden Prozesses. In Abbildung 13 ist die Plasmabeschichtung als APS ausgewiesen. Die Beschichtung läuft völlig automatisiert ab. Für den Prozess wird der Blockzylinder auf eine Adapterplatte fixiert. Es werden über einen RFID Chip, der sich auf der Adapterplatte befindet Daten des Prozesses erfasst und auf eine Seriennummer gespeichert. Diese werden am Ende des Beschichtens in SAP-ME übergeben. Da die Adapterplatte mit samt dem RFID Chip nach der Beschichtung von dem Bauteil getrennt wird muss ein QR-Code aufgebracht werden um weiter die gesammelten Daten zuordnen zu können. Der RFID Chip wird beim Montieren der Adapterplatte beschrieben. Darauf befinden sich Informationen welches Bauteil zur Bearbeitung bereit steht und wie es bearbeitet werden muss. Diese Informationen werden beim befüllen der Maschinen durch Roboter ausgelesen. Beim entladen werden wiederum die Prozessparameter auf den RFID Chip übergeben. Im weiteren Fertigungsprozess wird der QR-Code nichtmehr verwendet. Erst bei der Montage werden die Daten auf die Motornummer übergeben. Die restliche Fertigung bis zum einbaufähigen Zustand wird wieder über Erststückprüfungen kontrolliert. Die Schlusskontrolle hat die Aufgabe den montagefertigen Zustand zu kontrollieren. Mängel, die zwischen Anlieferung des Rohteils bis zum Dichtprüfen entstehen scheinen falls nicht schon früher im Prozess bemerkt auf. Falls möglich werden Teile für eine Nachbearbeitung aussortiert. Falls kein Nacharbeiten möglich ist gelangt es in den Ausschuss.

4.4.3 Kurbelwellen Komplettierung

Bei der Komplettierung der Kurbelwellen werden bei den meisten KW nur Anschlussstück aufgeschraubt oder aufgedrückt. Dabei wird das Losbrechmoment überprüft, welches im Einsatz gewährleistet werden muss.

Bei der 849er KW, welche aus Antriebsseite und Abtriebsseite verpresst wird, wird ebenfalls das Losbrechmoment überprüft. Die Pleuel, die bei der Komplettierung vormontiert werden sind mit QR-Code versehen und werden gescannt. Die Daten werden einer Qualitätsdatenbank übergeben und die Materialnummern in SAP-ME bereitgestellt. Wobei die Materialnummer des antriebsseitigen Pleuels auch als Materialnummer für die gesamte vormontierte KW genommen wird. Diese Lösung kann in weiterer Folge zu einem Problem werden da das System unter demselben Code einmal ein Pleuel und einmal eine vormontierte Kurbelwelle gespeichert hat.

4.4.4 Fertigung Aircraft Komponenten

Bei den Flugmotoren beginnt die Datensammlung erst nach der Fertigstellung der Einzelteile. Sie werden alle nach Prüfplan vermessen und die Werte auf die Komponenten geschrieben. Dies geschieht indem sie manuell auf die Teile graviert werden. Bei der Vormontage und der Montage muss der Monteur parallel zum montieren alle Werte in eine vorgefertigte Tabelle

eintragen. Diese werden gescannt und in Filemaker geladen. So wird nach und nach eine Datensammlung des Flugmotors erstellt. Diese umfasst eine genaue Auflistung der verbauten Komponenten mit ihren jeweiligen Maßen. Es werden keine Prozessdaten der Komponentenfertigung erfasst, also werden während der Herstellung gar keine Daten aufgenommen. Eine Erststückprüfung zur Einstellung der Maschine findet ebenso statt und wird für eine statistische Auswertung der Prozessgenauigkeit verwendet.

5 Verbesserungsmöglichkeiten

5.1 Analyse Ist mit möglichem Soll

Der Ist-Stand wurde mithilfe von Fragebögen in Interviews ermittelt. Die Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Befragungen ist im vorherigen Kapitel abgebildet. Die Motivation, den Ist-Stand zu verändern, ist nicht nur eine Folge der Bedürfnisse der unterschiedlichen Motoren, sondern findet ihren Ursprung auch in aufgedeckten Mängeln aus der Analyse sowie der prinzipiellen Motivation, die Prozesse effizienter zu gestalten.

Eine der grundlegenden Ideen ist, die Fertigung der Komponenten sowie die Montage der unterschiedlichen Motorklassen zu vereinen. Auf diesem Weg sind jedoch viele Hürden zu überwinden. Aus der Vereinigung ergibt sich die Notwendigkeit nach einer einheitlichen Methodik zur Datenerfassung in der Produktion. Es soll möglich sein, sowohl Produktdaten zur Qualitätsbestimmung der Bauteile als auch Prozessdaten zur Überwachung der Prozesse zu erfassen. Diese Veränderungen würden automatisch eine Vielzahl an weiteren Verbesserungen ermöglichen, da so die Produktion wesentlich transparenter ablaufen würde.

5.2 Mögliche Lösungswege

Definition aller Bestandteile eines Idealzustandes, der aus den Erkenntnissen der Ergebnisse resultiert und ein fiktives Datenerfassungs- und Verarbeitungssystem darstellt:

- zuverlässige Erfassung für die als wichtig eingestuft Prozessdaten
- zentrale Bündelung der wichtigsten prozessbeschreibenden Daten und deren Visualisierung (kurze Reaktionszeit, Echtzeit-Monitoring)
- Einbindung der Produktdaten, effizientere Vermessung der Bauteile und Speicherung auf Seriennummer, wenn gefordert
- Korrelation der Produkt- und Prozessdaten: Schwachstellen der Prozesse können identifiziert, überarbeitet und dynamisch angepasst werden
- Big Data Auswertungen zu genaueren Voraussagen; das betrifft unter anderem Werkzeuge wie „predictive maintenance“ (geringstmögliche Maschinenwartung während Betriebszeiten um Stillstände zu verhindern)

An einer Produktionslinie soll es ermöglicht werden, eine große Vielzahl an unterschiedlichen Varianten zu fertigen. Das soll ohne bzw. mit geringstmöglichen Rüstaufwand geschehen. Das finale Ziel in der Produktion wären dezentrale Regelkreise, welche eigenmächtig auf unvorhergesehene Änderungen reagieren können. Dies wäre ein sich selbst regelnder Fertigungsablauf, der zentral überwacht und geplant werden muss. Diese autonome Fertigung müsste nur noch manuell gewartet werden, wenn das System einen Defekt anzeigt.

5.2.1 Annäherung von AC- und Rotax-Motoren

Bei der für die AC-Motoren bereits in Verwendung befindlichen Motorakte werden ausschließlich Produktdaten und keine Prozessdaten gespeichert. Allerdings wird eine 100% Überprüfung angewandt. Diese besteht aus der Vermessung jedes Einzelteils. Der Umfang der Dokumentation muss im AC-Bereich erhalten bleiben da dies rechtlich so festgelegt ist.

Bei der Produktion der Motoren für BRP-Fahrzeuge besteht die Möglichkeit große Mengen an Prozessdaten für jeden einzelnen Motor bzw. Komponente zu sammeln. Diese werden mittels eines MES Programms, welches als Datenkollektor fungiert, bei der jeweiligen Produktionsanlage abgefragt und zentral abgespeichert. Diese Daten werden im Fall einer Störung im Feld auf Auffälligkeiten untersucht. Eine Vermessung der Motorkomponenten wie bei den AC-Motoren wird nur an einem Werkstück beispielhaft für die gesamte Charge durchgeführt. Dies geschieht um die Genauigkeit und Güte des Fertigungslos zu bestätigen und die Fertigung für die Serie frei zu geben. Wenn die Maße des Erststücks innerhalb der Toleranzen liegen wird auf die Stabilität der Genauigkeit der Bearbeitungsmaschine vertraut. Manuelles messen wird ja nach Prüfanweisung durchgeführt jedoch in den meisten Fällen nicht dokumentiert.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten bzw. Ausprägungen der Zusammenführung der unterschiedlichen Motorgruppen:

- Fertigung und Montage der AC-Komponenten und Motoren im Bereich der restlichen Fertigung und Montage
- Montage der AC-Komponenten im Bereich der restlichen Montage
- Fertigung der AC-Komponenten im Bereich der restlichen Fertigung
- Beibehaltung der Trennung, jedoch Änderung der Motorakte im AC-Bereich mit effizienteren Produktdatenaufnahme, Steigerung der Effizienz in der Fertigung

Der Umbau der Fertigung würde einen weit größeren Aufwand bedeuten als die Eingliederung der AC-Motoren in der Montage da wesentlich mehr Arbeitsschritte notwendig sind. Bei der Zusammenlegung der Komponentenfertigung würde es zu folgenden Vorteilen kommen:

- Fertigung der AC-Komponenten auf moderneren Maschinen, bessere Prozessüberwachung möglich, höheres Maß an Automatisierung
- Eine Annäherung bzw. Zusammenlegung der Fertigung auf die gleichen Bearbeitungsmaschinen würden einen extra Maschinenpark für die Produktion der AC- Motoren einsparen.
- Höhere Auslastung der Maschinen
- Einheitliches handhaben aller Bauteile

Die Nachteile der Zusammenlegung wären:

- Kompatibilität aller Maschinen und Bauteile muss realisiert werden, Investitionen für Umrüstung notwendig
- Zusätzliche Belastung der einen Fertigungslinie, Bildung von „Bottlenecks“
- Stabilität des Systems muss garantiert werden. Daher großer Aufwand für Testläufe und

Umstiegs Phase.

- Das integrieren der Flugzeugkomponenten in die restliche Fertigung würde bedeuten, dass an den Maschinen öfter als bisher gerüstet werden muss.

Die Beschriftung der Flugzeugkomponenten müsste der der restlichen Bauteile angepasst werden. So könnte das vorherrschende System welches Daten über Scanner erfasst auch für AC-Motoren verwendet werden. Bei diesem Vorgehen wird in der Montage parallel zum „echten“ Montage Vorgang virtuell ein Motor zusammengesetzt.

Vermeidung von Bottlenecks:

Durch die Zusammenlegung der Fertigung werden mehr Bauteile über ein und dieselbe Fertigungslinie geschleust. Dadurch besteht die Gefahr das sich Flaschenhälse in der Fertigung bilden, die einen kontinuierlichen Materialstrom durch die Fertigung gefährden. Möglichkeiten dieser ungewollten Entwicklung entgegen zu wirken sind unterhalb aufgelistet sowie in Abbildung 14 grafisch dargestellt.

Entgegnung der Flaschenhalsbildung

- Produktion stärker entlang des Wertstrom ausrichten (mit Partnern vernetzen)
- Harmonisierung der Aktivitäten und Kapazitäten (Arbeitsinhalte teilen für optimale Taktabstimmung, zusätzlich Kapazitäten erweitern wo notwendig)
- Kopplung der Prozesse
- Zusätzliche Kapazitäten aufbauen wo notwendig

Positive Folgen aus diesen Veränderungen:

- weniger Material im Umlauf
- kürzere Durchlaufzeiten
- zusätzliche Flexibilisierung der Fertigung

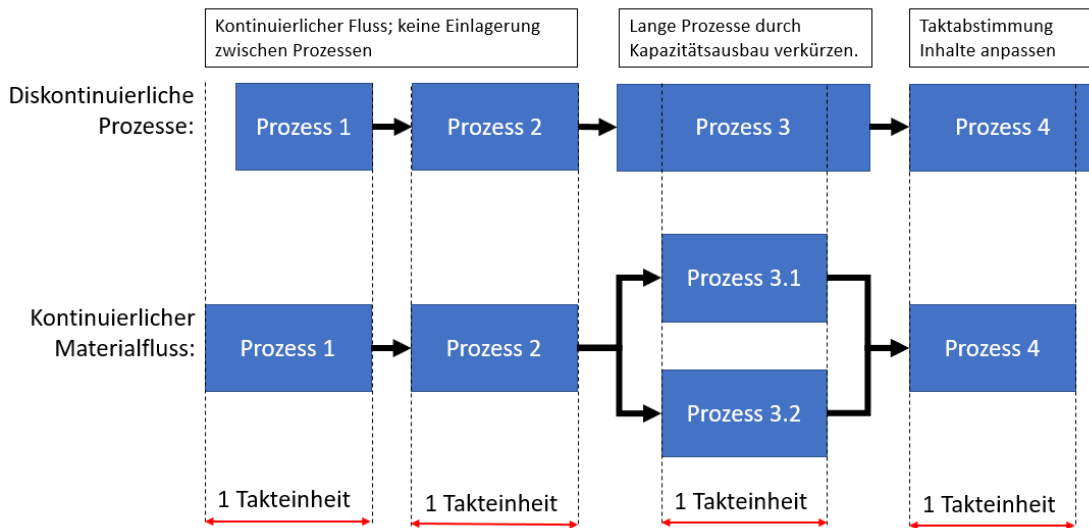


Abbildung 14: Anpassen von Taktzeiten, schaffen eines kontinuierlichen Flusses, Kapazitätsausbau von überlasteten Prozessen

Ziele dieser Entwicklungen sind: Gesamteffizienz steigern, keine Verschwendung, überwachen des Fortschritts mithilfe von an- und abmelden der Bauteile an Bearbeitungsstationen, Produktionssystem auf Wertstrom ausrichten.

5.2.2 AC-Messprozess Optimierung

Bei der Herstellung der AC- Komponenten werden 100% der Bauteile vermessen. Das fertige Bauteil wird mit hohem manuellem Aufwand vermessen und beschriftet. Die Aufbringung von kritischen Werten dient der Zuordnung der passenden Teile um die richtigen Passungen zu erreichen. Dabei lassen sich durch bessere Prozessgestaltung große Optimierungen erzielen. Die Aufbringung einer maschinenlesbaren Beschriftung würde eine Automatisierung des Prozesses erlauben und einiges an Prozesszeit einsparen. Die Ist- und Soll Zustände sind unterhalb aufgelistet sowie die umzusetzenden Verbesserungen. In der Abbildung 15 ist die Umgestaltung des Prozesses skizziert.

Ist-Situation:

- Manuelles Handhaben der Bauteile
- Vermessung der Bauteile
- Bauteile mit beiliegenden Vermessungsprotokoll wird zu nächster Station gebracht
- Manuelles Gravieren der Bauteile (Aufbringen der Maße)
- MA sucht die an den besten zueinander passenden Komponenten für einen Motor zusammen. Handschriftliche Dokumentation.

Soll-Situation:

- Bauteile erhalten während der Fertigung bereits eine Seriennummer (Maschinenlesbar)
- Automatisierte Beladung des Messgeräts
- Vermessung der Bauteile mit gleichzeitigem hinterlegen der Werte auf Seriennummer

- Automatisierte Zuordnung der bestmöglichen Passungen. Zuordnung über Datenbank aller vermessenen Teile

Verbesserungen:

- Konsistentere Datenhaltung
- Ersparnis von Laufzetteln
- Verkürzung von der Prozesszeit (Messen)
- Einfachere Findung der bestmöglichen Passungen
- Zusammenführung der Komponenten zu einem Motor über einscannen der Bauteile (Fehleranfälligkeit erheblich gesenkt)

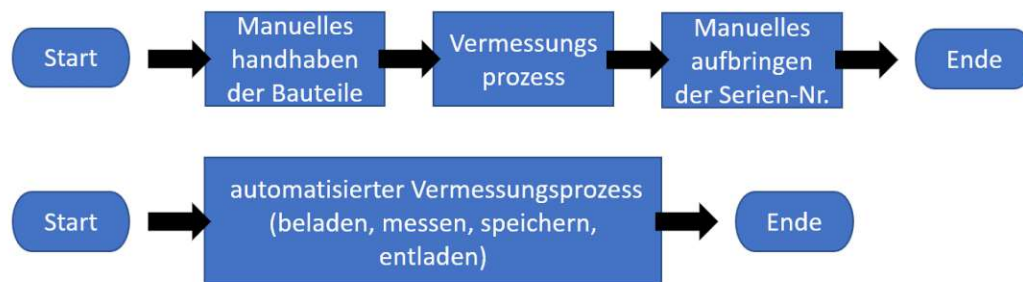


Abbildung 15: Umgestaltung der Erfassung von Produktdaten (in diesem Fall 100% Vermessung der Bauteile)

5.2.3 Einstellvorgang an den Maschinen optimieren

Einer der Umstellungen die einen verhältnismäßig geringeren Eingriff in die bestehende Arbeitsweise vornimmt jedoch einen großen Mehrwert durch die Gewinnung von wertschöpfender Arbeitszeit mit sich bringt ist im Bereich des Rüstens und Einstellens von Maschinen vorhanden.

Es wird versucht Trotz Produktvielfalt Fertigungslose möglichst groß zu halten. Schnelles Rüsten ist entscheidend, um Losgrößen reduzieren zu können ohne die Stückzahlausbringung zu verringern. Ein Ziel ist es auf Großserienanlagen flexibel einzelne Produkte oder unterschiedliche Serien fertigen zu können, damit soll näher an den Kunden gerückt werden.

Durch das Rüsten und Einstellen der Maschinen geht sowohl Arbeitskapazität an den Maschinen verloren und durch nicht korrekt getätigte Einstellvorgänge wird zusätzlicher Ausschuss produziert. Nach dem einstellen der Maschine muss überprüft werden ob die gewünschte Qualität produziert werden kann. Ein Erststück wird durch das Messlabor auf einhalten aller Maßtoleranzen geprüft bevor in Serie produziert werden darf. Dieses Vorgehen birgt Verbesserungspotenzial in sich. Beim Rüsten lassen sich interne Rüstzeit verkürzen indem externes Rüsten verstärkt angewandt wird. Hierbei haben sich bereits viele unterschiedliche Methoden und Werkzeuge erprobt und als hilfreich erwiesen. Einer der wichtigsten ist SMED (single minute exchange of die) welche in Abbildung 16 veranschaulicht ist. Dabei ist unter anderem ein Ziel den Rüstvorgang schneller ablaufen zu lassen und so Bestände in der Produktion einzusparen.

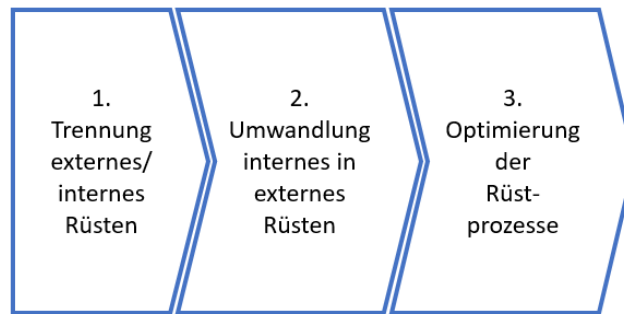


Abbildung 16: Die drei Grundschritte von SMED.

Die Rüstzeit ist bei einer diskreten Fertigung und kleiner werdender Fertigungslose in Gefahr immer größer zu werden (=unproduktive Nebenzeit). Daher gilt hierauf besonderes Augenmerk um Zeit und Kosten einzusparen. Daher empfiehlt es sich Mitarbeiter dahingehend bestmöglich zu schulen mit beispielsweise einem SMED-Workshop. Auch Werkzeugoptimierung und Verbesserung der Informationsbereitstellung der Werkzeugeinrichtungsparameter kann helfen.

So wie in Abbildung 16 muss die Trennung von externem und internem rüsten vollzogen werden. Anschließend müssen die internen Schritte in externe umgewandelt werden. Die Rüstschritte die als interne über bleiben müssen möglichst reduziert werden bzw. optimiert.

Externes rüsten:

- Vorbereitung parallel zur Bearbeitung
- große Werkzeugmagazine
- externes bestücken eines Bauteilträgers
- Auswahl der geeignetsten Maschine

Internes rüsten:

- wenn möglich internes rüsten vermeiden
- autonomes rüsten bzw. einstellen

Eine weitere Reduktion des Rüst- und Einstellaufwands kann durch die Vielzahl der zur Verfügung stehende Bearbeitungsmaschinen gewährleistet werden. So kann durch eine zentrale Steuerung der Status der unterschiedlichen Maschinen abgefragt werden und die für das anfragende Bauteil am günstigsten eingestufte -also die mit am wenigsten Umrüst-Bedarf ausgewählt werden. Die beste Reihenfolge der unterschiedlichen Fertigungsaufträge kann hier ebenfalls Auswirkungen haben.

Automatisches Einstellen von Maschinen:

Lassen sich bei konventioneller Rüstzeitoptimierung keine Verbesserungen mehr erzielen muss an eine völlige Automatisierung des Rüstens und Einstellens gedacht werden. Durch automatisiertes Messen und Einstellen der Maschinen lassen sich im Idealfall externe Mess- und

Einstellprozesse einsparen. Externe Überprüfungen werden durch genauere Prozesskontrollen überflüssig. Maschinen könnten sich selbstständig für den neuen Fertigungsauftrag rüsten. Dabei wäre eine Entlastung des Messlabors die Folge und schnellere Freigaben der Serienfertigung möglich. Dabei kann wie folgt vorgegangen werden.

- für neue Bauteil → Einstellung der Maschine durch MA
- bei weiterem FA des gleichen Teils, Einstellungen übernehmen
- Ausschuss durch falsch eingestellte Maschinen nichtmehr möglich
- messen im Prozess, prozessnahe Messtechnik

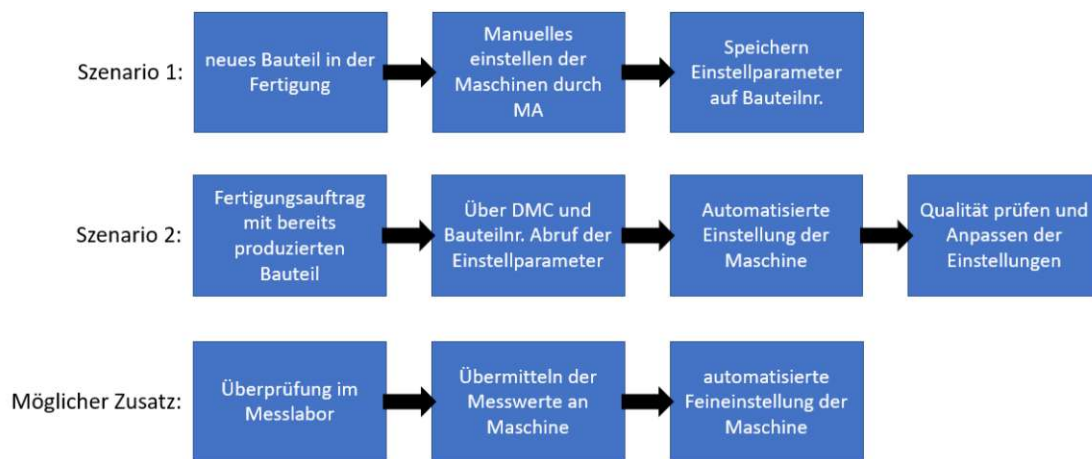


Abbildung 17: Einstellvorgang der Maschinen optimieren, externes Prüfen reduzieren.

Durch das genauere Einstellen der Maschinen was durch ständige Überwachung und einem kleinen Regelkreis realisiert werden kann ist es möglich genauere Toleranzen zu erreichen ohne dabei zusätzliche Kosten zu verursachen. Wenn nachgewiesen werden kann das Toleranzen nicht ausgeschöpft werden kann das bei vorgelagerten Fertigungsschritten zu engeren Fertigungsmaßen kommen was dann wiederum die Bearbeitungszeit in nachgelagerten Schritten deutlich verringern kann. Wenn bei einer Dreh- oder Fräsbearbeitung bereits mehr Material abgetragen werden kann muss im nachgelagerten Schleifprozess nur noch weniger abgetragen werden um das Soll-Maß zu erreichen was zu einer Verkürzung der Prozesszeit führt.

Durch die zusätzliche Einbringung von Sensoren und Aktuatoren lassen sich Prozesse zunehmend automatisieren. Dazu ist unterhalb, das prinzipielle Vorgehen gelistet bzw. was alles vorhanden sein muss um einen selbstgeregelten Prozess zu ermöglichen. Das Zusammenspiel der Produktdaten und der Prozessdaten, die in einem Bearbeitungsschritt erfasst werden ist in Abbildung 18 zu sehen. Dabei ist der Regelkreis geschlossen und kann so oft durchlaufen werden bis der optimale Zustand der Bauteile erreicht ist.

- Prozessdaten an Maschinen mit wenig stabilen Prozessen erheben
- Zusätzlich automatisierte Qualitätskontrollen nach kritischen Fertigungsschritten, kritische Kennzahlen für jeweiligen Prozess erheben

- Monitoring der Prozess- und Produktdaten
- Diagnose der Maschinen-, Werkzeug- und Bauteilzustände
- Maschineneinstellungen optimieren, Fehlerquellen ausmachen, Prozesse wenn nötig adaptieren
- Selbstregelung anstreben

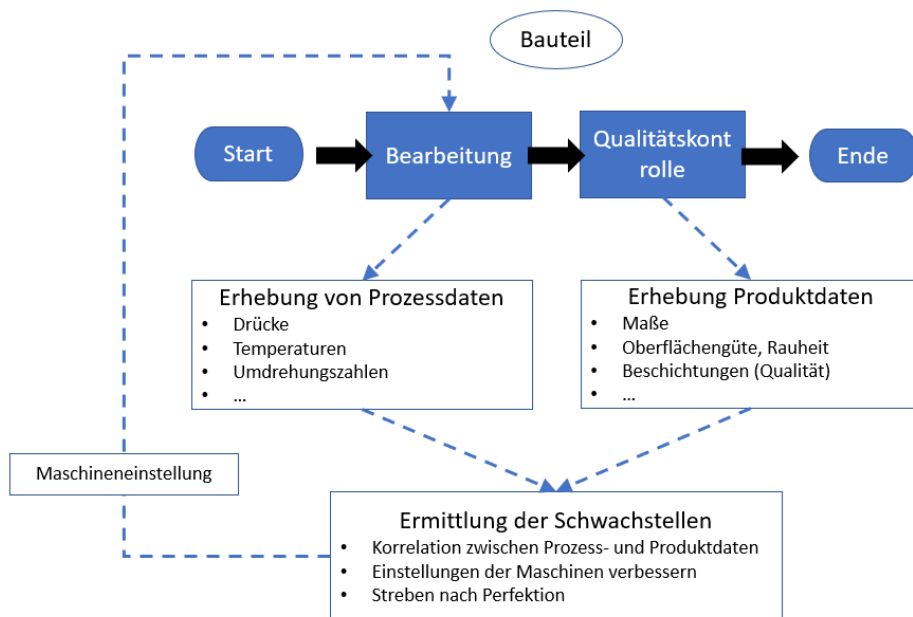


Abbildung 18: Regelkreis an einer Maschine in der Fertigung

5.2.4 Vereinzlung der Komponenten

Bei der Fertigung der Flugzeugkomponenten wird mit viel zusätzlicher Arbeitszeit jedes Bauteil vermessen und mit einer Seriennummer versehen. Die Einführung von maschinenlesbaren Beschriftungen würden es erlauben diese Schritte zu automatisieren. Die jetzigen Anforderungen der AC-Motoren verlangen es die finalen Abmessungen der Komponenten zu sammeln.

Durch die Aufbringung von maschinenlesbaren Beschriftungen ist es möglich zu jeder einzelnen Komponente Daten und Informationen zu sammeln und diese zu einem späteren Zeitpunkt denselben wieder zu zuordnen. Es wäre zielführend diese Aufbringung möglichst früh im Herstellungsprozess zu realisieren. Im Idealfall bereits beim Zulieferer. Dabei wären bereits Daten von halbfertigen Zulieferteilen und einbaufertigen Teilen vor der finalen Bearbeitung oder Montage im Werk erfasst. Dazu siehe unterhalb Abbildung 19. Daten und Informationen werden entlang der supply chain mit Partnern geteilt. So kann möglichst früh begonnen werden Daten zu sammeln und die Kommunikation unter den Unternehmen wird verbessert.

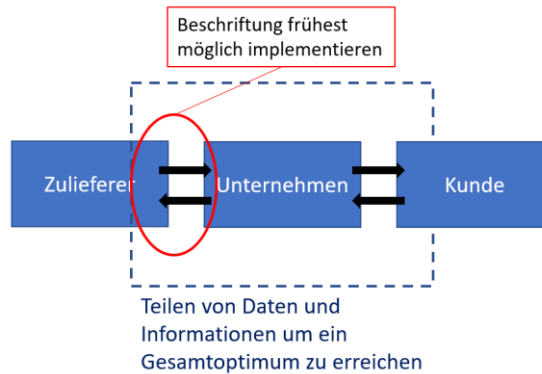


Abbildung 19: Bauteilbeschriftung möglichst früh im Wertstrom aufbringen, Datentransfer und Kommunikation mit Zulieferern erleichtern

Prozessdaten sollten nur dann zu einem Bauteil gespeichert werden, wenn dadurch ein Mehrwert geschaffen wird. Im Endeffekt muss der Kunde davon profitieren. Es muss unterschieden werden in Prozessdaten, die erhoben werden um die Prozesse zu optimieren und in Prozessdaten die einen Rückschluss auf die Qualität eines Bauteils zulassen. Nur die letztgenannten würden auf eine Seriennummer gespeichert werden. Dabei ist es wichtig die richtige Auswahl zu treffen und vorab zu selektieren da sonst zu jeder Komponente Daten erfasst werden, die nicht weiter ausgewertet werden können.

Mit automatischen Einlese-stationen vor jedem Fertigungsprozess lassen sich ohne einen zusätzlichen Arbeitsschritt Prozessdaten sammeln und ein genaues tracking der Einzelteile durch die Produktion verwirklichen. Dies geschieht wie in Abbildung 20: selbstständiges an- und abmelden von Bauteilen an Bearbeitungsmaschinen, ermöglicht durch maschinenlesbare Beschriftung und Lesestationen. Abbildung 20 skizziert durch das einlesen des Codes zu Anfang des Prozesses und durch die Übergabe von relevanten Daten an die Motorakte.

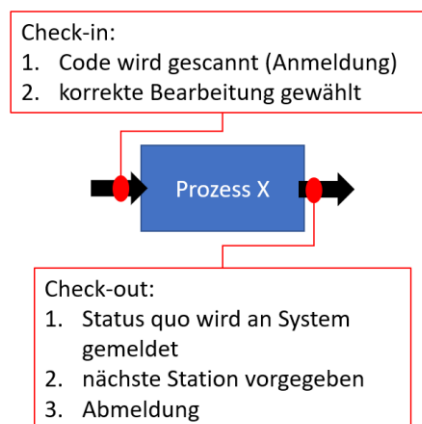


Abbildung 20: selbstständiges an- und abmelden von Bauteilen an Bearbeitungsmaschinen, ermöglicht durch maschinenlesbare Beschriftung und Lesestationen

Da dies nicht nur nach dem finalen Arbeitsschritt umgesetzt werden kann, wie es die Dokumentationsqualität der Aircraft Motoren verlangen würde, sondern auch nach vorgelagerten Bearbeitungsschritten könnte eine Korrelation mit Prozessdaten zu einer feineren Einstellung der Maschinen führen. Dabei können sich Maschinen im Serienbetrieb immer feiner einstellen womit eine Optimierung in der laufenden Produktion ermöglicht wird. Ein externer Arbeitsschritt zur Vermessung von Teilen wäre nichtmehr notwendig da dieser bereits in die Bearbeitungsprozesse selbst eingebracht wäre. Um sich nicht nur auf die Prozessstabilität verlassen zu müssen können im gleichen Arbeitsschritt auch Produktdaten erfasst werden um die Qualität nach zu weisen. Dabei müsste im Prozess oder direkt daran anschließend eine Vermessung der Komponenten vorgenommen werden. (Dazu siehe Abbildung 17)

Bei einer Zusammenlegung der Fertigung ist eine einheitliche Beschriftung aller Bauteile anzustreben. Damit kann zusätzlich ein Standard für die Zusammenarbeit mit Zulieferern geschaffen werden (Austausch von Informationen, Planung über Unternehmensgrenzen).

Was dazu erfüllt sein muss:

- maschinenlesbar (DMC, QR-Code) siehe Abbildung 21
- möglichst früh im Wertstrom implementieren
- einheitliche Kennzeichnung ermöglicht einheitliche Hardware und Software
- Integration in die bestehenden Prozesse
- fördert transparenteren Wertstrom durch scannen der Bauteile



Abbildung 21: maschinenlesbare Beschriftung; Zwei unterschiedliche Standards: QR...Quick-Respons und DMC... Data Matrix Code

5.2.5 Vertikale Produktionssteuerung

Ist die Automatisierungspyramide durch die vertikale Kommunikation von Produktionsebene und Top-Floor geschlossen, lassen sich Steuerungen von ganz oben durch OPC-UA oder vergleichbare Kommunikationsprotokolle vornehmen. In der Vision bestimmt das Produkt selbst den Weg durch die Produktion. Damit ist eine große Vielzahl an unterschiedlichen Varianten bis hin zur Losgröße eins möglich. „Bei der Umsetzung spielte die nahtlose Integration zwischen Shop-Floor, MES und ERP auf der Basis von OPC-UA eine wesentliche Rolle. An jedem Arbeitsschritt wird das Produkt anhand seiner eindeutigen Produktsteuerungsnummer (PSN) identifiziert.“ (Hoppe, 2014)

Durch die geschlossene vertikale Kommunikation lässt sich die Automatisierung über ein ganzes Unternehmen bis hin zur Steuerung einer einzelnen Maschine realisieren. Informationen zur Fertigung eines einzelnen Produkts kann vom Fertigungsauftrag im ERP System ausgehen. Dieser FA wird von dem sich anmeldeten Bauteil abgerufen und auf die Steuerung der Maschine übertragen. Die gesamte Kommunikation läuft automatisch ab ohne das manuelles nacharbeiten an Schnittstellen erforderlich ist. Dies kann mit Selbstregelung in einzelnen Fertigungsabschnitten ergänzt werden.

5.2.6 Sammeln von Daten Vorauswertung

Die verfügbaren Daten in der Industrie verlangen immer nach mehr Speicherplatz auf den Servern der Unternehmen, was zu einem kostspieligen Problem werden kann. Speziell diese Daten zu strukturieren und zu verwalten um sie weiter einsetzen zu können beansprucht viel Arbeitszeit für sich. Ein sehr wichtiger Punkt bei der Sammlung von Daten und Informationen ist es eine Vorauswahl zu treffen. Dabei sollte wie folgt vorgegangen werden:

Sammeln → Strukturieren → Aggregieren → Analysieren → Kombinieren → Entscheiden

Daten und Informationen müssen gesammelt und in strukturierter Weise gespeichert werden. Durch die richtige Aggregation kann eine aussagekräftige Analyse gestartet werden. Diese können so kombiniert werden das die richtigen Entscheidungen getroffen werden.

Ein konkretes Beispiel dazu könnte so zur Umsetzung kommen: Beim Plasmabeschichten werden sehr viele Prozessdaten erfasst und in weiterer Folge nicht mehr weiterverarbeitet (Status Quo). Die Beschichtungen sind sehr heikel und es kommt zu einer großen Ausschussmenge. Die Qualitätsbestimmenden Parameter konnten noch nicht ausgemacht werden was keine Eingrenzung der zu sammelnden Daten zulässt. Abhilfe sollen Zylinderinspektoren schaffen, sie sollen in der geschlossenen Fertigungszelle jeden einzelnen Zylinder untersuchen und mit den Prozessdaten vergleichen. So werden die Prozessdaten den qualitätsbestimmenden Produktdaten gegenübergestellt um Fehler im Prozess zu finden. Bei einem ungenügenden Ergebnis eines Zylinders sollen die Prozessdaten und der Vergleich zu anderen Zylindern und deren Parameter Aufschluss über den Grund des Mangels geben. Dieser Schritt hilft den Prozess so gut kennen zu lernen das im Idealfall innerhalb der Fertigungszelle eine selbstständige Regelung möglich ist. Um diesen Prozess besser begreifbar zu machen, sind Unterhalb die wichtigsten Schritte noch einmal zusammengefasst. In Abbildung 22 ist der Prozess zusätzlich veranschaulicht.

Zusammenfassung Vorgehen Plasmabeschichtung:

- Prozessdaten erfassen
- Zylinderinspektor oder andere Sensorik zur Qualitätskontrolle der Beschichtung einsetzen.
- Daten erfassen von erstem kritischem Schritt bis zur spätmöglichsten Entdeckung eines Mangels.
- Auswertung der gesammelten Daten, Abweichungen ausmachen und Fehlerquellen beseitigen

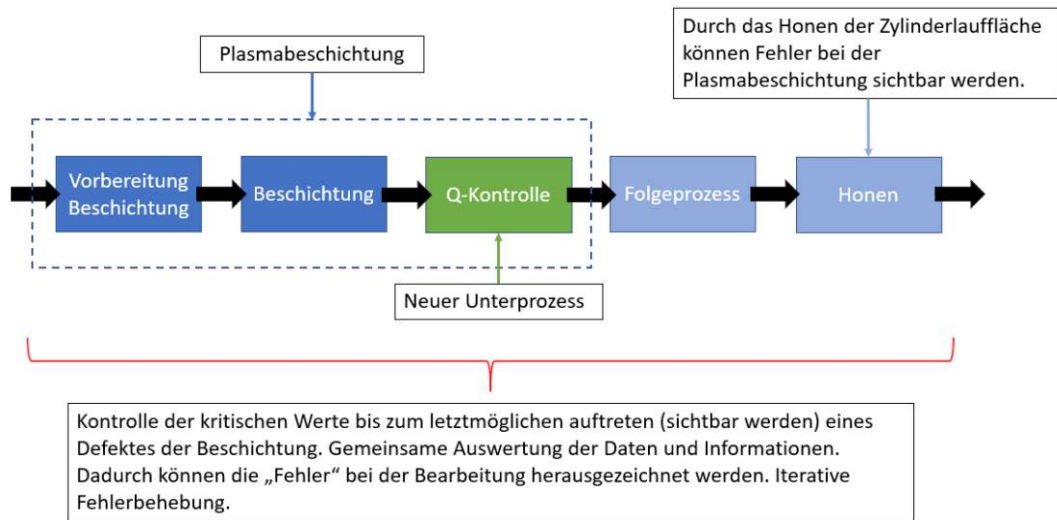


Abbildung 22: Optimierung Beschichtung von Bauteilen

5.2.7 Hindernisse der Automatisierung von Prozessen

In diesem Kapitel sind die größten Hindernisse der Automatisierung in der Produktion chronologisch angeführt.

Als Grundlage um den Änderungsprozess zu starten müssen die zur Automatisierung gewählten Prozesse beherrscht werden. Die eingesetzten Technologien müssen ausgereift sein und ihre Schwachstellen identifiziert werden. Speziell bei neuen Technologien kann es hier zu Problemen kommen. Daraus resultierend muss es zu einer Bauteil- und Prozessstandardisierung kommen. Eine möglichst große Zahl an gleichteilen erleichtert die Umsetzung. Darauf aufbauend muss eine Identifikation der Bauteile und der Werkzeuge bei jedem Arbeitsschritt möglich sein. Dadurch wird die Aktualität der Produktdaten und somit eine Datendurchgängigkeit garantiert. Das Einbeziehen der Mitarbeiter darf bei all der Automatisierung nicht vergessen werden. Mit Ihnen steht und fällt das gesamte umzusetzende Projekt. Große Investitionen in die Hardware und Software ist dabei meist das größte Hindernis. Maschinen müssen mit Sensoren und Aktoren nachgerüstet werden um die richtigen Informationen senden und Befehle ausführen zu können. Ein Problem ist der Austausch von Daten und Befehlen zwischen SPS- und IT-Welt. Dazu kommt erschwerend hinzu, dass die meisten Unternehmen einen sehr heterogenen Maschinenpark besitzen. Was die Kommunikation zwischen den Maschinen erschwert.

Offenheit ist ein entscheidender Faktor da nur „offene und herstellerübergreifende Standards bei der Programmierung und dem Datenaustausch können Maschinen direkt untereinander kommunizieren. Nur mit standardisierten Schnittstellen ist ein nahtloser Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Maschinen und der IT-Welt möglich.“ (Bürger & Tragl, 2014) Um eine zentrale Steuerung zu realisieren muss es möglich sein über offene Schnittstellen Daten austauschen und verarbeiten zu können.

Die Effizienz der Wertschöpfung und der Innovationsgrad von Maschinenkonzepten wird durch die Weiterentwicklung von Unternehmens IT noch stärker beeinflusst als bisher. Diese Entwicklung führt immer mehr zu CPS (cyber physical systems) welche die Vernetzung der realen und der virtuellen Welt darstellen.

Viele Unternehmen haben Schwierigkeiten Investitionen in Automatisierung richtig zu bewerten. Das wirkt ebenfalls verunsichernd auf Entscheidungsträger in Unternehmen und führt zu einer Verzögerung von Investments.

Zusammenfassend kann man festhalten das Fertigungsunternehmen grob drei Phasen durchlaufen. In der Ersten steht die Nutzung der vorhandenen Technologien für eine möglichst weitgehende Digitalisierung in Vordergrund. Danach wird, die Integration und Vernetzung neuartiger Assistenzsysteme und Sensoren umgesetzt. Am Ziel der Automatisierung sollten IT-Systeme in der Lage sein, dezentrale autonome Entscheidungen zu treffen.

5.2.8 Skalierung, Auswahl der Daten und Benutzerfreundlichkeit

Durch die Realisierung eines digitalen Abbildes des Wertstroms, welcher mithilfe von Daten aus Sensoren aktuell gehalten wird stellt sich die Frage, welche Daten und Informationen für eine Motorakte relevant sind und auf Seriennummer gespeichert zu werden. Alle Daten, die während der Herstellung entstehen, so wie Prozessdaten oder Produktdaten aus der Vermessung und der Materialprüfung müssen zentral gesammelt werden. So sind sie zu einem späteren Zeitpunkt, beispielsweise bei der Montage wieder abrufbar.

In der Motorakte sollten nur Produktbeschreibende Daten gespeichert werden. Diese sollen ein zusätzlicher Service für den Kunden sein. Dabei ist der Umfang der Motorakte bei den Rotax Motoren nicht vorgegeben so wie bei den AC-Motoren. Die Auswahl der „richtigen“ Daten für die Motorakte ist bei jedem Motor unterschiedlich und kann je nach Bedarf angepasst werden. Der Umfang der Motorakte muss skalierbar sein und sich an die Bedürfnisse des jeweiligen Motors anpassen lassen.

Die Datenhaltung wird in der Industrie zunehmen zu einem Problem. Immer mehr Daten in kürzerer Zeit fallen in den Fabrikhallen an. Diese müssen auch genutzt werden, will man einen Datenfriedhof vermeiden. Daher ist es sehr wichtig bereits eine Vorauswahl zu treffen um den späteren Aufwand so gering wie möglich zu halten. Diese Vorauswahl sollte jedoch flexibel sein da sich im Laufe der Produktion zusätzliche Daten als interessant herausstellen könnten. Die wichtigsten Kennzahlen für den jeweiligen Prozess bzw. für den jeweiligen Motor lassen sich nicht bei allen Fällen im Vorhinein festlegen.

Um eine große Menge an Daten für den jeweiligen Benutzer übersichtlicher zu machen ist es zielführender mit unterschiedlichen Profilen zu arbeiten. Für den jeweiligen Aufgabenbereich des Benutzers soll das Interface angepasst werden. So bekommt der Benutzer der Motorakte nur die für ihn notwendigen Daten. Das Ziel ist das Aufträge zielgerichteter bearbeitet werden können, ohne den jeweiligen Benutzer mit einer Datenflut zu überfordern.

6 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Erkenntnisse aus der Ist-Stand-Erhebung und mögliche Lösungsszenarien dargestellt und diskutiert. Dabei soll im ersten Schritt eine kurze Zusammenfassung mit den Ergebnissen der Zustandserhebung und anschließend die Erwartungen und Prognosen für die Zukunft erörtert werden. Die zu Beginn der Arbeit gestellten Fragestellungen sollen - falls noch nicht zu genüge beantwortet - in diesem Kapitel noch einmal aufgegriffen werden.

6.1 Resümee:

Fehlende Transparenz und Vergleichbarkeit der einzelnen Prozessschritte hat den Anlass gegeben, die Ist-Stand-Erhebung für die einzelnen Prozesse durchzuführen. Dabei wurden Informationen aus allen zur Verfügung stehenden Quellen erfasst. Es wurden alle für die Durchführung der Prozesse notwendigen Informationen gesammelt und ferner wurde festgehalten, bei welchen Prozessen wichtige Informationen für eine das Endprodukt beschreibende Motorakte entstehen bzw. aufgenommen werden können. Ein möglicher Soll-Zustand wurde aus den Bedürfnissen der Motoren abgeleitet, wobei sich die Motorkategorien dabei unterscheiden. Unterschiedliche Motoren stellen unterschiedliche Ansprüche an die Produktion und an die Dokumentation. Teile, die in AC-Motoren verbaut werden müssen gesetzlich genau dokumentiert und mit einer Seriennummer versehen werden, um eine Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten. Diese Teile in die Produktion der anderen Komponenten einzubauen, wäre zukünftig das Ziel.

Mithilfe einer Voranalyse wurde anfangs der gesamte Wertstrom bis hin zum fertigen Produkt analysiert. Anschließend wurde ein Vorgang zur Erfassung der Ist-Situation mit besonderem Augenmerk auf Dokumentation von Prozess- und Produktbeschreibender Daten in der Komponentenfertigung entwickelt. Dies wurde mithilfe eines Fragebogens bewerkstelligt, welcher dazu dient, alle Informationen über den jeweils betrachteten Arbeitsschritt zu vereinen und zusätzlich nicht festgehaltenes Wissen zu erfassen. Die Fragebögen wurden mithilfe von Interviews befüllt. Dabei wurde zu jedem Prozess mindestens eine Person befragt. Alle zur Verfügung stehenden Informationen wurden erfasst und festgehalten.

Es wurden bei der Analyse unterschiedliche Stadien der Qualitätskontrolle festgestellt. Diese sind in aufsteigender Genauigkeit folgende:

- Kontrolle ohne Dokumentation
- Externe Kontrolle in Labor
- Kontrolle im Fertigungsbereich mit manueller Ausführung
- Kontrolle im Prozess integriert (automatisiert)

Dabei werden erfasste Daten mit Zeitstempel, auf eine Chargennummer oder auf Seriennummer gespeichert.

Die Dokumentation von Motoren der AC-Produktion erfolgt auf einem wesentlich höheren Level als die der restlichen Produktion. Die Zusammenlegung der Produktion ist speziell in der Fertigung der Motorkomponenten mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Die Angleichung der

Prozesse in der Fertigung und in der Montage sind für Rotax jedoch trotzdem auf längere Sicht gesehen erstrebenswert. Die momentan im Einsatz befindliche digitale Motorakte der AC-Motoren steht kurz vor ihrem Auslaufen. Die Einführung einer neuen Motorakte sollte meines Erachtens dafür genützt werden, eine Umgestaltung der Prozesse anzustreben. Dabei sollte die Datenerfassung erleichtert und optimiert werden.

Das Zusammenlegen der unterschiedlichen Produktionen muss unter dem kritischen Aspekt betrachtet werden, dass die Zahl der produzierten AC-Motoren nur einen kleinen Anteil der Gesamtproduktion ausmachen. Allerdings sollten zumindest die technischen Abläufe angenähert werden. Dazu gibt es diverse innenwirksame, betriebswirtschaftliche Gründe. Bei einer Annäherung der unterschiedlichen Systeme, kommt es zu einer Erleichterung bei der Instandhaltung. Weniger unterschiedliche Abläufe erleichtern den Mitarbeitern (MA) die Arbeit. Prozesse werden vereinheitlicht und so Fehler reduziert was zu einer höheren Qualitätssicherheit führt.

Durch die Vereinzelung der AC-Komponenten und da auf lange Sicht der Wunsch einer Zusammenlegung der Produktionen besteht, soll daraus die Vergabe von Seriennummern auf alle Bauteile ausgeweitet werden. Daher wird die Vereinzelung der Komponenten vorangetrieben. So können bei Durchlaufen jeder Station folgende Aspekte überprüft werden:

- Hat das Bauteil alle vorangehenden Arbeitsschritte richtig laut Arbeitsplan durchlaufen?
- Ist der momentane Arbeitsschritt der richtige?
- Ist die Maschine korrekt gerüstet?
- Wurde bei dem momentanen Arbeitsschritt die gewünschte Qualität erreicht?
- Wohin muss das fertig bearbeitete Bauteil geschickt werden?

Diese "Prozess-readiness" kann bei jedem Schritt zum Schutz der Maschinen und zum reibungslosen Ablauf des Prozesses abgefragt werden. So kommt es zu weniger Werkzeugschäden. Die gesammelten Informationen der Sensoren, die während der Prozesse gesammelt werden können, direkt Einfluss auf die Einstellung der bearbeitenden Maschinen und auf die weitere Bearbeitung des Produkts haben.

Um eine Handlungsempfehlung für die wichtigsten Bereiche zu geben sind folgende Punkte unterhalb gelistet. Dabei ist der Fokus einerseits auf die Vereinheitlichung der Prozesse und andererseits auf die Möglichkeiten einer maschinenlesbaren Beschriftung gerichtet.

- Vermessung und Erfassung der AC-Komponenten automatisieren
- Kennzeichnung der Bauteilbeschriftung vereinheitlichen und möglichst früh im Wertstrom aufbringen (Lieferanten einbinden)
- Zusammenlegung Fertigung: Testläufe der AC-Komponenten auf Maschinen durchführen, schrittweises eingliedern und zusammenführen
- instabile Prozesse mit zusätzlichen Sensoren ausstatten, Qualitätskontrollen unmittelbar nach Prozess, (Alles was messbar ist kann auch vergleichbar gemacht werden!), Fehlersuche
- Dokumentation nur dort auf Seriennummer speichern wo ein Mehrwert dadurch entsteht (mit MES als Daten-Kollektor)
- Nachverfolgung aller Teile ermöglichen, an- und abmelden mit DMC/QR-Code

- Maschineneinstellung: Einstellvorgang für MA erleichtern, Überprüfung wenn möglich vor Ort durchführen

6.2 Ausblick:

Im Zuge der Interviews wurden die MA ebenfalls befragt, bei welchen Prozessen sie Handlungsbedarf sehen, welche Änderungen sie vorschlagen und wo sie mit der momentanen Situation zufrieden sind. Die Antworten der MA darauf waren sehr unterschiedlich, was nicht zuletzt eine Verunsicherung im Zusammenhang mit dem Thema Digitalisierung vermuten lässt. In Anbetracht einer solch komplexen Thematik wie der Digitalisierung und allen damit zusammenhängenden Fragestellungen, sollte eine kleine Definition von Zielen und deren Kommunikation an die MA angestrebt werden.

Ratlosigkeit, wie mit diesem Thema umgegangen und in konkreten Situationen gehandelt werden soll, herrscht jedoch in vielen Unternehmen mangels vorab konkret definierter Ziele. Viele für die Implementierung neuer digitaler Methoden am Markt erhältliche Lösungen, machen den Entscheidungsträgern das Handeln nicht leicht. Übergangslösungen werden - ihrer ursprünglichen Bestimmung widersprechend - so lange verwendet, bis das Unternehmen zu groß ist oder die Datenströme den Umfang des Systems sprengen.

Als Grundstein der Digitalisierung muss eine Normung und Standardisierung der Prozesse stattfinden, die die Basis für das weitere Vorgehen darstellen. Fehlende technische Standards blockieren hier den Änderungsprozess. In der digitalen Fabrik, in der mit Hightech-Maschinen gearbeitet wird, werden immer mehr Daten produziert und abgefragt. Wie mit diesen Daten umgegangen werden soll, ist meist noch nicht in den Standardwerken zu finden und den Akteuren daher oftmals noch nicht klar. Auch hinsichtlich des Informationsgewinns aus diesen Daten besteht noch keine einheitliche Vorgehensweise.

An diesem Wendepunkt stehen die Befragungen auch in der Komponentenfertigung bei Rotax. Unterschiedliche Herangehensweisen sollen aufgeschlüsselt und auf eine reduziert werden.

Der Ansatz, ein MES System als „Data Collector“ einzusetzen, hat sich bereits in der Montage bewährt und wird in der Fertigung als Insellösung bei wenigen Prozessen verwendet. Durch zunehmende Aufbringung von Seriennummern, können automatisch im Prozess erfasste Daten dem einzelnen Werkstück zugeordnet werden. Geschieht dies nicht, kann nur auf Zeitstempel oder Chargennummer rückverfolgt werden, was eine genaue Zuordnung nicht möglich macht.

Für die Prozessüberwachung sind die BDE und MDE entscheidend. Sie helfen, Prozesse besser zu verstehen und kontrollieren zu können. Für die Motorakte sind Informationen bezüglich der Qualität der Motoren wichtig. Bleiben die Prozess- und die Produktdaten auf einander rückführbar, so lassen sich die Prozesse so weit optimieren, dass die bestmögliche Qualität erzielt werden kann.

Mithilfe des Fragebogens wurde eine angemessene Dokumentationstiefe herausgearbeitet. Versuchsweise wurde eine Rückverfolgung von Bauteilen bis zur Rohstoffgewinnung durchgeführt. Dabei ist unter anderem ein Pleuel vom Erzberg bis in den eingebauten Motor durchleuchtet worden. Zukünftig könnten diese Informationen automatisch durch verstärkte

Zusammenarbeit mit Zulieferern aufgenommen werden. Zusätzlich zum eigentlichen Produkt, werden in Zukunft immer mehr Daten mitgeliefert. Diese werden auch dazu beitragen, dass der Endkunde mehr Informationen über sein Produkt erhält.

Unternehmen müssen erst ein gut funktionierendes Netz an Sensoren und Aktoren aufbauen, um die Werkzeuge wie IoT, predictive maintenance und Big-Data Analysen benutzen zu können. Sobald das geschehen ist kann begonnen werden, im Sinne der Industrie 4.0 zu arbeiten. Die drei größten Hindernisse bei der Umsetzung von digitalen Projekten in Unternehmen sind:

- fehlende technische Standards
- Integration von Daten: Entsprechende Plattformen sind nicht immer für die branchenspezifischen Anwendungsfälle geeignet.
- Investitionskosten: Investitionen werden oft noch als recht unsicher betrachtet.

Die großen Investitionskosten bremsen das Umsetzen von ambitionierten Digitalisierungszielen. Besonders die benötigte Hardware und Software, deren Integrierung ins bestehende System und der richtige Umgang mit den zusätzlichen Informationen, stellt viele Unternehmen vor Schwierigkeiten. Finanzierbare Kompromisse sind in diesem Fall oftmals die Lösung. Iterativ wird versucht, Verbesserungen umzusetzen, um den digitalen Umbruch zu schaffen.

Im laufenden Betrieb kommt es zu Einsparungen, welche auf längere Sicht gesehen wahrscheinlich die Investitionen übersteigen. Es besteht damit auch die Chance, die Produktion der AC-Motoren auf den modernsten Stand der Technik zu bringen, zumindest was die Dokumentation betrifft.

Die Motorakte, die in Zukunft dazu eingesetzt werden soll, muss sich vom zu dokumentierenden Umfang auf den jeweiligen Motor anpassen können. So kann auch eine große Produktpalette mit ein und demselben Dokumentationssystem erfasst werden. Diese Skalierbarkeit soll bei allen Prozessen anwendbar sein. So können nur wertschöpfende Arbeitsschritte durchgeführt werden.

Speziell in der diskreten Fertigung sind noch große Hürden zu überwinden, um dem Musterbeispiel einer digitalen Fabrik nach dem Vorbild der Industrie 4.0 zu entsprechen. Durch das Aufstellen realistischer Ziele, kann jedoch unter Einhaltung eines konsequenten Vorgehens, der gewünschte Zustand erreicht werden.

Mit der vorliegenden Arbeit wird anhand des konkreten Beispiels der Komponentenfertigung skizziert, wie unter Einsatz von Methoden der Digitalisierung zu einer großen Verbesserung der Effizienz beigetragen werden kann. Prozesse, die auf den ersten Blick optimal erscheinen, offenbaren im Rahmen dieses Verfahrens Informationen, mit welchen diese Effizienzsteigerung erreicht wird.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die im Rahmen der Digitalisierung auf Unternehmen zukommenden Fragestellungen eine große Chance bieten, eingefahrene Strukturen und Prozesse zu überdenken und neu zu gestalten.

7 Verzeichnis

7.1 Literaturverzeichnis

- agiplan GmbH, Fraunhofer IML, Zenit GmbH. (Juni 2015). Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)*. Mülheim an der Ruhr, Deutschland: Dr. Jürgen Bischoff.
- Bohn, R. E. (15. Oktober 1994). Measuring and Managing Technological Knowledge. *MITSloan Management Review*.
- Bracht, U., Geckler, D., & Wenzel, S. (2018). *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele*. Deutschland, Deutschland: Springer.
- Broy, M. (2010). Cyber-Physical Systems. Innovation durch Softwareintensive eingebettete Systeme. *AgendaCPS, acatech Studie*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag (acatech diskutiert).
- Bürger, T., & Tragl, K. (23. April 2014). SPS-Automatisierung mit den Technologien der IT-Welt verbinden. *Industrie 4.0 in Produktion Automatisierung und Logistik*, S. 559-569.
- Dickersbach, J. T., & Keller, G. (2014). *Produktionsplanung und -steuerung mit SAP ERP*. Bonn: Galileo Press.
- DUDEN online*. (15. 02 2018). Abgerufen am 15. 02 2018 von Bibliographisches Institut GmbH, 2018: <https://www.duden.de/node/673173/revisions/1355178/view>
- Gerhard, D. (2016). Daten- und Informationsmanagement. In U. Lindemann, *Handbuch Produktentwicklung* (S. 215-246). München: Carl Hanser Verlag.
- Glazer, R. (1991, Januar 19). Marketing in an Information- Intensive Environment: Strategic Implications of Knowledge as an Asset. *Journal of Marketing*, p. 55.
- Günther, H.-O., & Tempelmeier, H. (2016). Produktion und Logistik: Supply Chain und Operations Management. *Teil A, Seite 6*. BoD.
- Hildebrand, K., Gebauer, M., Hinrichs, H., & Mielke, M. (2015). *Daten- und Informationsqualität - Auf dem Weg zur Information Excellence*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Hoppe, S. (2014). Standardisierte horizontale und vertikale Kommunikation: Status. In T. Bauernhansl, M. t. Hompel, & B. Vogel-Heuser, *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung* (S. 324- 341).
- Kletti, J. (2015). *MES - Manufacturing Execution System*. Berlin: Springer.
- Kletti, J., & Schuhmacher, J. (2014). *Die perfekte Produktion - Manufacturing Excellence durch Short Intervall Technologie (SIT)*. Mosbach Deutschland: Springer Vieweg.
- König, H. (2003). *Protocol Engineering: Prinzip, Beschreibung und Entwicklung von Kommunikationsprotokollen*. Wiesbaden: Teubner.

- Kraske, D. S. (15. 02 2018). *Datenschutzbeauftragter online*. Abgerufen am 15. 02 2018 von Datenschutzbeauftragter online: <https://www.datenschutzbeauftragter-online.de/datenschutz-definition-was-sind-daten/6760/>
- Kurbel, K. (2016). *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie*. Deutschland: De Gruyter Studium.
- Kurbel, K. (2016). *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie von MRP bis Industrie 4.0*. Frankfurt: De Gruyter.
- Lehmann, G. (2004). *Das Interview: Erheben von Fakten und Meinungen im Unternehmen*. Renningen, Deutschland: expert Verlag.
- Lichtenberger, S. (2016). Entwicklung eines Modells zur Darstellung von Traceabilitydaten in Abhängigkeit von Traceabilityanwendungen. Wien.
- Mark A. Beyer, D. L. (21. Juni 2012). The Importance of 'Big Data': A Definition. *Gartner*, S. ID: G00235055.
- Neugebauer, R., Dietmar, K., & Tino, L. (2008). A model for product data tracking and tracing in production networks. *Proceedings of the 9th Cairo University International Conference on Mechanical Design and Production*.
- VDI 4499, V. D. (Februar 2008). VDI 4499 Blatt 1. *Digitale Fabrik Grundlagen*. Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Vogler-Heuser, P. D. (2017). *Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der IT und der Automatisierungstechnik*. Deutschland: Springer Verlag.
- Wittlif, E. (2010). *Einführung der Betriebsdatenerfassung und der Maschinendatenerfassung bei der Firma Oculus Optikgeräte GmbH, Wetlar*. Gießen-Friedburg: Diplom.de.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wissenspyramide [Forst, A 1998]	13
Abbildung 2: Input und Output in der Produktion, ein Arbeitssystem ist die kleinste selbstständig arbeitsfähige Einheit in der Produktion	13
Abbildung 3: Wertstrom eines fiktiven Produkts mit n Arbeitssystemen, Prozess Start kann ausgelöst werden durch die Annahme eines Fertigungsauftrags, Prozess Ende wird durch Erreichen des Endprodukts ausgelöst	14
Abbildung 4: Automatisierungspyramide [Quelle: ISA95]	16
Abbildung 5: Grundkonzept von PDM Systemen.....	18
Abbildung 6: Zusammenspiel von CAx-, PDM-, und ERP-Systemen [VDI 2219:2016].....	19
Abbildung 7: Stringente Verfolgung der Stammdaten über abhängige Informationssysteme (Hildebrand, Gebauer, Hinrichs, & Mielke, 2015)	20
Abbildung 8: Gliederung der Betriebsdaten	22
Abbildung 9: RAMI 4.0 (Copyright: Plattform Industrie 4.0) Referenzarchitekturmodell entwickelt von ZVEI	29
Abbildung 10: Vereinfachte Darstellung des Arbeitsplans eines Blockzylinders	30
Abbildung 11: Materialfluss des Blockzylinders durch die Fertigung.....	30
Abbildung 12: Kurbelwellen Fertigung 903er Weich- & Hartbearbeitung	50
Abbildung 13: Wertstrom 849er Blockzylinder	52
Abbildung 14: Anpassen von Taktzeiten, schaffen eines kontinuierlichen Flusses, Kapazitätsausbau von überlasteten Prozessen	57
Abbildung 15: Umgestaltung der Erfassung von Produktdaten (in diesem Fall 100% Vermessung der Bauteile).....	58
Abbildung 16: Die drei Grundschrte von SMED.....	59
Abbildung 17: Einstellvorgang der Maschinen optimieren, externes Prüfen reduzieren.	60
Abbildung 18: Regelkreis an einer Maschine in der Fertigung	61
Abbildung 19: Bauteilbeschriftung möglichst früh im Wertstrom aufbringen, Datentransfer und Kommunikation mit Zulieferern erleichtern.....	62
Abbildung 20: selbstständiges an- und abmelden von Bauteilen an Bearbeitungsmaschinen, ermöglicht durch maschinenlesbare Beschriftung und Lesestationen	62
Abbildung 21: maschinenlesbare Beschriftung; Zwei unterschiedliche Standards: QR...Quick-Respon und DMC... Data Matrix Code	63
Abbildung 22: Optimierung Beschichtung von Bauteilen	65

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung von Datem	21
Tabelle 2: Kennzeichnung und Systeme.....	31
Tabelle 3: Ist Stand Erhebung, Ressourcenbedarf, Technische und Prüftechnische Anforderungen, erforderliche Qualifikation der Mitarbeiter	32
Tabelle 4: Ist Stand Erhebung, Dokumentation	33
Tabelle 5: Auswertung zur Schwächen Identifikation (x... nicht vorhanden; ✓...vorhanden; ~...teilweise vorhanden; 1,2, 3, ... Anzahl; ---... nicht möglich in diesem Bereich).....	46
Tabelle 6: -Auflistung der Motoren Teil1-	48
Tabelle 7: -Auflistung der Motoren Teil2-	49

7.4 Abkürzungsverzeichnis:

AC <i>Aircraft, Aircraft</i>	KW <i>Kurbelwelle</i>
AGV <i>Automated Guided Vehicle</i>	MA <i>Mitarbeiter</i>
APO <i>Advanced Planer and Optimizer</i>	MDE <i>Maschinendatenerfassung</i>
ATV <i>All-Terrain vehicle</i>	MES <i>Manufacturing Execution Systems</i>
BDE <i>Betriebsdatenerfassung</i>	n.i.O <i>nicht in Ordnung</i>
BRP <i>Bombardier Recreational Products</i>	NC <i>Numerical Control</i>
BU <i>Business-Unit</i>	NPD <i>New Product Development</i>
CAD <i>Computer aided Design, computer-aided Design</i>	OEE <i>Overall Equipment Effectiveness</i>
CAE <i>computer-aided engineering</i>	OPC UA <i>Open Platform Communications Unified Architecture</i>
CAQ <i>computer-aided quality</i>	PDM <i>Produkt Daten Management, Produktdatenmanagement</i>
CAX <i>Compuer aided X (=Platzhalter), computer-aided x</i>	PDMS <i>Produktdatenmanagementsysteme</i>
CPS <i>Cyber-Physikalisches System</i>	PLC <i>Programmable Logic Controller</i>
CRM <i>Customer Relationship Management</i>	PLM <i>Product Lifecycle Management, Product Lifecycle Management</i>
DIN <i>Deutsches Institut für Normung</i>	PPS <i>Produktionsplanungs- und Steuerungssystem</i>
DMC <i>Data Matrix Codes</i>	PZE <i>Personalzeiterfassung</i>
EASA <i>Siehe European Aviation Safety Agency</i>	QR-Code <i>Quick Response Code</i>
EN <i>europäischen Normen</i>	RAMI 4.0 <i>Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0</i>
ERP <i>Enterprise Resource Planning</i>	RFID <i>Radio-frequency identification</i>
etc <i>et cetera (und so weiter)</i>	RON <i>Rotax Norm</i>
ETL <i>Extract - Transform - Load</i>	SAP-ECC <i>SAP ERP Central Component</i>
EU <i>Europäische Union</i>	SCADA <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
FA <i>Fertigungsauftrag</i>	SMED <i>single minute exchange of die</i>
FMEA <i>Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse</i>	SPS <i>speicherprogrammierbare Steuerung</i>
HMI <i>Human Maschine Interface</i>	UA <i>Unified Architecture</i>
i.O <i>in Ordnung</i>	usw <i>und so weiter</i>
IEC <i>International Electrotechnical Commission</i>	VDI <i>Verein Deutscher Ingenieure</i>
IoT <i>Internet of Things</i>	z.B <i>zum Beispiel</i>
ISO <i>International Organization for Standardization</i>	ZVEI <i>Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie</i>
IT <i>Informationstechnik</i>	
KC <i>Key Characteristic</i>	
KPI <i>Key Performance Indicator, Key Performance Indicator</i>	

8 Anhang

8.1 Fragebogen 903er Kurbelwellen

8.1.1 Kennzeichnung & Systeme

Weichbearbeitung

In jeder Zelle der Zeile „Listen & Excel“ soll zusätzlich Einstellblätter, Zeichnungen, Erststückfreigabelisten, Prüfanweisungen, Prüfprotokoll, Rückmeldebeleg stehen. Aus platzgründen wurde es hier oberhalb erwähnt.

		Zulieferteil	Ablängen	Dreh-drehfräsen	Drehen	Verzahnung stoßen	Öl Löcher bohren
Kennzeichnung	Bauteilkennung	784 Rohteilkennung Schmiede Kennung/ Gesenk	Material- Beleg, Je Ladungsträger, Rückmeldebeleg				
	Chargen Zuordnung	Schmiedekennung, Schmiede- Chagennummer (Material-Report)	FA & Vorgang 1 FA darf nicht n Schmiedechargen haben	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang
	Seriennummer	---	---	Vielleicht QR-Code ab hier	---	---	---
Systeme Produkt- & Prozessdaten	SAP Daten (ECC)	Eingangsbuchung & Kontrollbestätigung Metallurgisches Gutachten	FA zurück melden, 3D-CMM-Ticket, Opti Quick Marposs				
	MDE & BDE Daten ohne S#-Bezug		Proxia, keine Prozessdaten	Proxia, keine Prozessdaten	Proxia, keine Prozessdaten	Proxia, keine Prozessdaten	Proxia, keine Prozessdaten
	CAQ (Q-DAS) Daten ohne S#-Bezug	Wareneingangskontro lle laut Prüfplan	Erststück Prüfung	Erststück + Serien Prüfung mit Marboss Opti- Quick			Ebenso in Überlegung
	Listen & Excel		Programm Anleitung: Programm-, Vorrichtungswahl, Werkzeugliste	Störliste Lader, Werkzeugtest & -liste		Werkzeugbruchkontroll e	

Hartbearbeitung

In jeder Zelle der Zeile „Listen & Excel“ soll zusätzlich Einstellblätter, Zeichnungen, Erststückfreigabelisten, Prüfanweisungen, Prüfprotokoll, Rückmeldebeleg stehen.

		Induktiv härten	Rundscheifen 2x	Risse prüfen	Bandfinishen	Waschen	Schlusskontrolle
Kennzeichnung	Bauteil-Kennung	Materialbeleg je Ladungsträger, Rückmeldebeleg					
	Charge Zuordnung	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang	FA & Vorgang
	Seriennummer	Seriennummer wird aufgebracht (Datum+ Nummer)	---	---	---	---	---
Systeme Produkt- & Prozessdaten	SAP Daten (ECC)	Rückmelden FA Ausschuss melden	Rückmelden FA	FA zurück melden			
	MDE & BDE (Daten ohne S#-Bezug!)	Rundlauf/ Schlag Alfing-EME Speicher begrenzt ca. 1Monat	Proxia, keine Prozessdaten		Proxia, keine Prozessdaten	Proxia, keine Prozessdaten	
	CAQ/ Q-DAS (Quelle) Daten ohne S#-Bezug	QS-MP: 1, 30, 100te Daten in externem L: Ordner	Q-DAS (Quelle: Marposs)	Erststück Prüfung & Prüfung in Serie laut Prüfplan (Opti-Quick für Hartbearbeitung nicht geeignet)			
	Listen & Excel	Störliste, Wasser- wechsel, Werkzeuglagerort, Rissprüfprotokoll, Teilestatistik, Zusatz Info Rüsten	Schleifscheibeninfo, D & Rundheit /reine OF OF-Rauheit Schleifbrand	Tagesprotokoll	Q-DAT: Daten in Datenbank, OF- Rauheit	Reinigungsmittelko ntrolle, Restschmutzauswe rtung	

8.1.2 Zulieferteil

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Zulieferteil von Schmied, Zeichen: Gesenk Nummer „37D“, Rissprüfung-Zeichen blauer Punkt, Materialnummer	Anlieferung: 48 Stk. pro Kiste
	Maschine		
	Vorrichtung		
	CNC Programme		
	Werkzeugsatz		
Kompetenzen/Qualifikationen	MA		
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Wird durch Prüfplan vorgegeben	Schiebelehre und visuelle Kontrolle ob alle Zeichen auf KW sind (Toleranzen sehr groß)
	Prüfplan	Statischer Prüfplan, wird selten geändert, derzeit 4x Skip dann wieder Maßüberprüfung außer Materialcharge - metallurgisch, oder Revisionsänderungen – Erstmuster	Jede 10 Kiste ,Chargenprüfung => 5Stk. Wichtige Durchmesser und Kennungen auf KW
	Externer Support	Dokumente von Schmied: Materialzertifikat, Sonst nichts	Metallurgische Prüfung nur bei neuer Materialcharge (z.B.: Prüflös 01CH)
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	Wenn Reklamation gebucht wird → Anfrage nach Änderung des Prüfplans	SAP-ECC Rückmeldung

8.1.3 Weichbearbeitung

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Material muss den vorgelagerte Arbeitsgang positiv durchlaufen haben; Achtung: nur mit FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle	Startbeleg, Rückmeldung SAP
	Maschine	Arbeitsplan → SAP-ECC (CAO3_FHM.....) Rüstprozess/ -Blatt /Zusätzliche Info auf Liste vor Ort	Kein detailliertes Prozessdaten-Monitoring
	Vorrichtung	Arbeitsplan → SAP-ECC (FHM) Vor Ort, Nummer laut AP	
	CNC Programme	Arbeitsplan → SAP-ECC (FHM)	
	Werkzeugsatz	Arbeitsplan → SAP-ECC Vor Ort → Rüst-Differenzliste	Standzeit wird an Stückzahl gerechnet Werkzeugwechsel nach x BT dann entsorgt → keine Doku
Kompetenzen/Qualifikationen	MA	(Jeder) 80% der MA der auf Maschine Arbeitet kann auch Rüsten; vermerk in Kompetenzmatrix	
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Erststück prüfen im Messraum Marbos Opti-Quick für Erststückprüfung (Einstiche Problem)	Laut Prüfplan (Jedes 10. Stück), von MA vermessen Marbos Opti-Quick → jedes 10. Stück (bei Arbeitsschritten mit X)
	Prüfplan	Großer Ausschuss bei Einstellung da sehr oft gerüstet werden muss: Einstellausschuss, zerstörende Prüfung	
	Externer Support	NOCH: Messraum Wird zum Teil auch bleiben	Messraum, 1x pro Schicht laut Prüfplan
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	Erststück Q-Dat im Messraum Vor Ort auf Zettel, Rüstliste	Axialeinstiche können nicht vor ORT gemessen werden; Doku vor ORT maximal auf Zettel danach entsorgt Wird auf Bauteilkennung/FA-Vorgang-Maschine / oder Seriennummer

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)	Step2 (2019-2020)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	Keine (weder BT/noch Maschine) Nur Rückmeldung im SAP				
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Keine (nur am Ladungsträger) Nur FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle durch MA		QR-Code, Maschine läuft nur wenn OK	Möglicherweise schon? Böhlinger	
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen	Nur bei Erststück, mit Rückmeldung des FA- MA bestätigt das alle Messungen laut Prüfplan absolviert				
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate) Maschinenzustand (Neu, verschlissen,...)	Maschinenstatus (nicht bei allen)	Proxia			
Q-Sonderinformation „Mascheri“, Auffälligkeiten	Klebestreifen + Zettel				
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)		Q-DAT			
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Nein Nur Rückmeldung des FA im SAP	SAP-ECC			

8.1.4 Induktivhärten

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Material muss den vorgelagerte Arbeitsgang positiv durchlaufen haben; Achtung: nur mit FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle	
	Maschine	2 Arbeitsplatzgruppen Alfing Induktionshärteanlagen Induktor wechsel, Vorrichtung einstellen, Programmauswahl	Leistung anpassen bei Bedarf Beide Maschinen für alle Teile möglich
	Vorrichtung	Spannbacken werden eingestellt, (Förder-)Bänder eingestellt Q relevant: Abschreckmedium von Maschine geregelt,	---
	CNC Programme	Vor Ort gespeichert → Programmauswahl, Alle Parameter in Programm vorgeschrieben, Wird nach Prüfung nach justiert	Eventuelles nachstellen
	Werkzeugsatz	Induktoren für jede KW wechseln, zweiter Satz vorhanden + ersatzzeiterschleife, Standzeiten nach Stückzahl	Austausch eines Induktors wenn notwendig
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA	MA für Rüsten geschult	
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Härteprüfanlage HRC, Säge, KW-Schlag	KW Schlag wird im Prozess geprüft
	Prüfplan	Erststück /Korrekturstück: Härteprofil, Einhärttiefe, Radien, R-Schlag, Prüfplan im SAP-ECC	Laufende Kontrolle (1, 30, 100, 500, +500,...)
	Externer Support	Materialprüfung von Labor	
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	Erststück-Doku: Liste vor Ort, Materialprüfung Seriennummer bestehend aus Datum und fortlaufender Nummer wird aufgebracht, aber nicht genutzt; Zukunft mit DMC,	Doku 30, 100, 500,... In Materialprüfung Liste Nadelprüfer → Seriennummer auf KW

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)	Step2 (2019-2020)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	Keine (weder BT/noch Maschine) Nur Rückmeldung im SAP		Anmeldung über DMC		
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Keine (nur am Ladungsträger) Nur FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle durch MA		Kontrolle mit DMC	DMC geplant	
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen					
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate) Maschinenzustand (Neu, verschlissen,...)	Prozessparameter werden gespeichert, Rundlauf wird gemessen, Zahnlauf Schlag	Auf Maschine, wird wieder gelöscht wenn Speicher voll	Daten Zuordnung mit DMC		
Q-Sonderinformation „Mascheri“, Auffälligkeiten	keine nur am Ladungsträger				
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	keine Härteangaben Stichprobe	Ordner der Materialprüfung (Excel-liste)			
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Nein Nur Rückmeldung des FA im SAP	SAP-ECC			

8.1.5 Rundschleifen

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Material muss den vorgelagerte Arbeitsgang positiv durchlaufen haben; Achtung: nur mit FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle	
	Maschine	Mehrere Maschinen → Nicht jedes BT auf jeder Maschine	Zustands-Information zur Maschine: Stückzahlmesser in Maschine, Reparaturen werden vermerkt
	Vorrichtung	Vorrichtung aus Kasten vor Ort → beschriftet Zuordnung zum Teil (CA03, FHM)	Zustands-Information nicht dokumentiert
	CNC Programme	Zuordnung zum Teil (CA03, FHM); Versionen Vor Ort auf Maschine	Programmänderung möglich → Rücksprache mit Programmierer
	Werkzeugsatz	Schleifscheibe für jeweiliges Teil laut Betriebsmittelplanung rüsten	automatische Abrichtzyklen; Standzeit bis Mindestgröße Schleifscheibe; Kühlsystem (Konzentration wird geprüf)
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA	Spezielle Kompetenz erforderlich? Rüsten/ Korrigieren: Kompetenzmatrix	
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	(Messraum: Erststück), vor Ort: Oberflächenrauheit-, Rundheit-, Schleifbrandkontrolle und Durchmesser	Marposso Messraum, Messen vor Ort, Zuordnung mit Zeitstempel
	Prüfplan	Erststück, Prozessfreigabe, Messraum, vor Ort Prüfung,	Prüf- Messzyklen unterschiedlich, Kann angepasst werden
	Externer Support	Messraum (Erststückprüfung), Daten nicht mit FA und nicht mit Messungen vor Ort verlinkt, Erstellung laut PP und Zeichnung	Serienbegleitend
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	Messwerte in Q-DAS Datenbank Vor Ort OF- und Schleifbrandprüfung	Messwerte in Q-DAS Datenbank, Vor Ort OF- und Schleifbrandprüfung

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)	Step2 (2019-2020)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	Keine (weder BT/noch Maschine) Nur Rückmeldung im SAP		BASIS fehlt KW-Serialisierung	BASIS Serialisierung schaffen	
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Keine (nur am Ladungsträger) Nur FA-Begleitzettel und visuelle Kontrolle durch MA				
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen)					
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate) Maschinenzustand (Neu, verschlissen,...)					
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten	Wöchentliche Kontrolle des Ausschusses, Fehlersuche, Maßnahmen setzen!				
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	Daten in Messlabor und Vor Ort laut Prüfplan (FA, Bauteile)	Q-DAS Datenbank, statistische Auswertung	Verlinken von Daten mit FA, (Messraum sieht keinen Anlass dafür)		
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Nein, Nur Rückmeldung des FA im SAP, (auch im Messraum)	SAP-ECC			

8.2 Fragebogen 849er Blockzylinder

8.2.1 Kennzeichnung & Systeme

	Zulieferteil	APS	Honen	HD-Reinigen	Bearbeitungs-zentrum	Unterstützung b. Dürr	End-reinigung	Dicht-prüfen	Schluss-kontrolle
Kennzeich-nung	Bauteil-kennung	Jedes Bauteil über Materialnummer gekennzeichnet, Material- Beleg, Je Ladungsträger, Rückmeldebeleg							
	Charge	Zuliefercharge	Ist über Fertigungsauftrag gegeben						
	Seriennummer	Nicht vorhanden (DMC Lieferant)	RFID für Prozess und Aufbringung DMC	Kennzeichnung mittels DMC und Zahlencode					
Systeme Produkt-& Prozess daten	SAP Daten (ECC)	Eingang wird gebucht	Fertigungsaufträge und BOMs werden bereitgestellt, Rückmeldungen						
	MDE & BDE		ca. 50 Prozessdaten über committo in ME	Daten werden nicht bzw. nur lokal erfasst, Konnektivität zu übergeordneten Systemen nicht gegeben/bekannt					
	CAQ	Daten aus Waren-eingang	Daten aus Materialprüfung und aus der Vermessung des Erststücks werden gespeichert und können FA zugeordnet werden.						
	Listen & Excel								

8.2.2 Zukaufteile

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	In Hochregallager (2 unterschiedliche) eingelagert	SAP-ECC		
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	---			
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen	MA Kontrolle auf Sicht (Dellen usw.)			
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate)	---			
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten)	QR-Code ist vorhanden wird aber nicht verwendet		QR Daten bei neuem Lieferanten im Gespräch	← Daten würden erst bei APS eingelesen
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	Prozessabnahme	Daten von Lieferant - wenn sie eingefordert werden		
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	= Check in	SAP-ECC		

8.2.3 Plasmabeschichten

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Belege auf Kiste, Gussdatum	Bauteile auf Adapterplatte montiert,
	Maschine	Dürr, SES, oerlikon, Ice-Tec (AP: 507314) Rüsten Vollautomatisch, Düsen müssen getauscht werden	Prozessparameter in ME von gesamter Anlage
	Vorrichtung	Platte + RFID: Materialnummer, Auftragsnummer, Revisionsstand; Durchgängigkeit angedacht (einlagern platte runter)	Anbringen und trennen von Mitarbeiter manuell
	CNC Programme	Bei Neuem Teil: Größter Aufwand 4x Roboter, Programme auf Maschine, Änderung direkt vor Ort	Wird durch RFID ausgewählt
	Werkzeugsatz	Durchgehend gerüstet	
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA	Nicht personalisiert	Montieren der Adapterplatten
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Rautiefe nach Korundstrahlen, Oberflächenspannung nach Entfetten, Durchmesser, Schichtlänge, (Haftzugfestigkeit 2x Woche), Wird in ECC gespeichert Stichproben Serialisiert	Ist aus der Spalte Vorbereitung und Rüsten zu entnehmen.
	Prüfplan	Automatisch ausgeschleust nach Prüfplan	Nach Prüfplan
	Externer Support	Haftzugfestigkeit in Messzentrum	
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)		Prozessdaten in SAP-ME

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	Adapterplatte mit RFID-Pille, Über ECC bespielt mit ME wird herunter gezählt	ECC + ME (wird gegengeprüft)		
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Durch Vorbereitung ist nur das bespielen eines Programms möglich, Teil könnte noch einmal durch Prozess durchlaufen (Error bei DMC)	FA über ECC Herunter gezählt über ME		
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen	MA dokumentiert nur Besonderheiten in EXCEL Liste	EXCEL		
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate)	~60 Parameter	SAP-ME		Durchmesser in Prozess Messung soll in ME gespeichert werden.
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten)	Excel Liste	EXCEL	ECC und ME zusammen legen (Nur ein System)	
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	Qualitätsschleusen automatisch laut Prüfplan (ca.5-7 pro Schicht)	ECC => Muss per Hand eingetragen werden, Seriennummer + Merkmale	Q-Daten automatisch übertragen	
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	QR-Code wird mit Pille geprüft, Pille gelöscht => ausgebucht	ME FA in ME + ECC abgeschlossen		

8.2.4 Honen

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Kanalkanten werden durch Geometrie „kontrolliert“	Material nach FA wird vertraut
	Maschine	Nagl (Gehring wär möglich)	
	Vorrichtung	Manuell durch Rüster, mit Null Punkt System	
	CNC Programme	2 „CNC“ Programme, „Rezeptur“ für Bewegungsablauf, => vor Ort, nicht zentral verwaltet	
	Werkzeugsatz	Manueller Tausch	Bei Werkzeugbruch manuelles wechseln durch MA
Kompetenzen/Qualifikationen	MA		MA überwacht Prozess: Ober und Unterteile dürfen nicht vertauscht werden
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	In Prozess Messung, nach Prozess Messung, Rautiefe	FAX-Film Aufnahme => Oberfläche (Hohnstruktur)
	Prüfplan	Stichprobenartige Kontrolle, Rautiefen auf Zettel (nicht ins System gespeichert), kritische Merkmale (Zeichnung)	Laut Prüfplan
	Externer Support	Messzentrum, Erststückprüfung + Prüfcode, Rundheit kann nicht im Prozess gemessen werden.	Laut Prüfplan
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	Siehe Folgeseite	

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	---		DMC Anmeldung interne Hilfe	
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Laufzettel, 2x fahren gibt Störung aus, Vorrichtung schützt vor falschem Stück		Information DMC	Zylinderinspektoren nach APS prüft zustand der Schicht
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen	Rautiefe Zettel, Ab und an Messungen	Q-Stat	DMC	
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate)	Durchmesser im Prozess	Q-Stat		
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten)	Fehlerspeicher der Maschine über Zeitstempel,	Maschinenzustand in Proxia	Info für Montage	
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)		Q-Stat, Auswertung über Prozess		
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Fertigungsauftrag	SAP-ECC	DMC	

8.2.5 Bearbeitungszentrum

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	2 unterschiedliche Motoren (klein und groß), Teamleiter teilt ein, über lauf	
	Maschine	Eicel-Liste = Rüstzustand, 3 Maschinen dauerhaft gerüstet für B49er, Werkzeuge dauerhaft im Magazin	
	Vorrichtung	Technologie rüstet mit Vorrichtung, Teamleiter teilt Maschinen ein	
	CNC Programme	Technologie => In SAP-ECC bei Fertigungshilfsmittel (Nummer des Programms), Mit Nummer Programm aus SAP-ME auf Maschine geladen.	Es werden laufend kleine Änderungen vorgenommen. Optimierung des Programms
	Werkzeugsatz	3x gerüstet + 1x Ersatzwerkzeugsatz, Jeder Fräser wird bei Ausgabe gebucht, Im NC-Programm ist Liste der Werkzeuge hinterlegt, VANC-Liste aller Werkzeuge für Rüstvorgang, Umlaufende Werkzeuge sollen mit SAP-ME erfasst werden	Kann bei Veränderung der Legierung des Zylinderblocks angepasst werden müssen, Schieberfräser soll optimiert werden.
Kompetenzen/Qualifikationen	MA	Welche Kiste von welchem Mitarbeiter zurück gemeldet wurde ist bekannt, 8 Teamleiter machen Einteilung => Jeder MA für jede Maschine	
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Messtaster auf 0,001 mm (Feststellung ob gehohnt, kleiner oder Großer Motor) Prüfung von Messpunkten die Extern nicht gemessen werden können (MR, Rautiefe, Höhe)	
	Prüfplan	X Mal pro Schicht, Technologie legt Prüfplan aus, Aus SAP-ECC, Schieberkontrolle jedes Stück	Wird nicht dokumentiert,
	Externer Support	Erststückprüfung + pro Schicht ca. 2 Stück	
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)		

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation FA oder Bauteil jedoch nicht Einzelbauteil	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	FA- Anmeldung auf verschiedene (BAZ) Zuordnung über 3D-CMM Ticket System „weiche Anmeldung“	SAP-ECC	Jedes Einzelstück wird durch Labeling angemeldet	RFID + Halterung durchgehend auf Werkstück (=damit erfolgt Anmeldung)
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Wird nicht wirklich durchgeführt, Identität wird nicht überprüft, Laufzettel => vorgelagerte Schritte erledigt	Papier, Begleitzettel	Alle Informationen sind über Label bereitgestellt. (Bearbeitungshistorie)	Über RFID- Halterung
Prozessinformation, manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen)	Maschinen, Vorrichtung, Erststück oder Serie (1.Korrektur, 2.Kor), Richtiges CNC Programm => für richtige Kombination (Werkzeug, Maschine) wird nicht dokumentiert	SAP-ECC, Ticketsystem	Durch Daten des Vorangehenden Prozesses Anpassung des Prozesses (Korrigierende Maßnahmen)	Info mit RFID zu nächsten Schritt, Dokumentation mit SAP-ME
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate)	Derzeit nicht (Adaptiertes CNC Programm)	(Programmspeicher DMC)	Prozessparameter werden mit SAP-ME abgefragt	Zwischenspeicher SAP-ME, Auswahl in Motorakte
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten)	Nur durch Begleitzettel, Sonderfreigabe,... Isolierte Info in Schichtbuch!!! Nicht an Maschine nicht an Einzelteil	2x Papier	Schichtbuch digitalisieren und Verweis in Motorakte über Zeitstempel	Papierlose Dokumentation
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	Nur Stichproben 3D-CMM, Vor Ort Prüfung nicht. Dokumentiert => im SAP dokumentiert nur das es gemacht wurde, In Prozess Messung #	SAP Bestätigung! Weich CAQ- QDAS, Papier zettel	Qualitätsdaten durch In Prozess Messungen werden mit SAP-ME abgefragt	In Prozess Q-Kontrolle,
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Weiches Check out, Rückmeldung im SAP mind. 1 Mal pro Schicht, Idealerweise pro Ladungsträger zumindest pro FA	Rückmeldung SAP-ECC pro FA	Jedes Einzelstück meldet sich ab und somit bereit für nächsten Arbeitsschritt	Wie Check in

8.2.6 Dichtprüfen

Ressourcenbedarf

		Vorbereitung & Rüsten	Serie
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	Nach Endreinigung	
	Maschine	3 Dichtprüfanlage DFT 6 Tonnen	
	Vorrichtung	Wird auf Vorrichtung aufgebracht	
	CNC Programme	Dichtprüfprogramm auf Maschine	
	Werkzeugsatz		
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA	Bestücken der Anlagen	
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Messdornhülse, Kaliberring	
	Prüfplan	100% Prüfung	Dichtprüfen nach RON 301, „KC-F“ Klassifizieren der Zylinderblöcke + beschrifteten Sortierung in drei Gruppen 2xA 1xA/1xB 2xB
	Externer Support		
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)		

8.2.7 Schlusskontrolle

Ressourcenbedarf

		Schlusskontrolle
Technische Anforderungen (Industrial-Engineer)	Material	849er und 598er, 4Takter wesentlich stabilere Beschichtung (Keine Kanalfenster wie bei 2Takt)
	Maschine	Arbeitsplatz: Tisch
	Vorrichtung	---
	CNC Programme	---
	Werkzeugsatz	Schiebelehre
Kompetenzen/ Qualifikationen	MA	Prüft visuell
Prüftechnische Anforderungen (Quality-Engineer)	Prüfmittel	Schiebelehre, Musterteile als Negativbeispiel
	Prüfplan	Hängt aus => Anweisungen
	Externer Support	Sind alle Schritte korrekt durlaufen worden? Durch scannen des Bauteils => Datum, Uhrzeit, MA,...
	Dokumentation (Wo wird Dokumentiert?/ siehe Folgeseite)	

Dokumentation je Teil (Seriennummer)

Prozessschritte	Ausgangssituation	IT/IS System oder Datei	Was wäre besonders Wichtig	Basis Step1 (2018)
Check in Werkstück meldet sich bei Maschine an	Gibt es nicht		RFID/ QR anmelden	
Process readiness richtiges Werkstück? Richtiger Zustand?	Laufzettel, Visuelle Prüfung		Sind wirklich alle Schritte erledigt worden	
Prozessinformation_manuell über HMI Information (aus MA- Zuordnung SCAN; wichtige Informationen aus Ressourcentabelle (vorige Seite) Vorschlagswerte, welche nicht von SPS stammen	Nicht schlecht gemeldet => ECC Ausschuss => ECC Nachbearbeitung => Kennzeichnung durch Klebeband	ECC		Testphase: Scanner (QR) Serialnummer des Ausschusses => Plasma Parameter Rückschluss
Prozessinformation Information (aus Maschine, Anlage, Hilfsaggregate)	---		vermisst Zylinder und Plasmaschicht	Zylinderinspektor nach APS und Endreinigung angedacht, mit ME
Q-Sonderinformation „Mascherl“, Auffälligkeiten)	Kennzeichnung von Auffälligkeiten			
Quality control (Produktbeschreibend) (automatisch oder Info: Stichprobe)	Ca. 70% der Ausschussware von Schlusskontrolle		% des Ausschusses große Schwankungen	
Check out für nächstes Check in bereit, eventuell neue Mat#	Rückmeldung	ECC		