



Forschungsbereich  
**Maschinenbau Informatik**  
und **Virtuelle**  
**Produktentwicklung**

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

# Entwicklung generischer Pro- zessketten zur Informationsbe- reitstellung für Werker-Assis- tenzsysteme

Diplomarbeit

Patrick Rosenberger

Matrikel.-Nr.: 1026633

## Eidesstattliche Erklärung

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

### **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Daneben erkläre ich an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

## Einleitende Bemerkungen

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Personenbezeichnungen verzichtet. Sämtliche Ausdrücke besitzen dabei für beide Geschlechter idente Gültigkeit.

Die vorliegende Arbeit verwendet englische Begriffe, ohne dass diese an gleicher oder anderer Stelle ins Deutsche übersetzt werden. Da die Anfänge diverser, in die Arbeit einbezogener Technologien vorrangig im englischen Sprachraum stattfanden und die Termini bei der Übersetzung beibehalten wurden, kam es zur flächendeckenden Verwendung der englischen Begriffe in der Fachliteratur. Dies wird auch in der vorliegenden Arbeit beibehalten.

## Danksagung

### **Mein Dank gebührt...**

... meiner Familie:

Meinem Vater Karl-Heinz, der mich unermüdlich in meiner gesamten Schulzeit unterstützt und gefördert hat. Ohne ihn hätte ich wahrscheinlich kein technisches Studium angestrebt.

Meiner Mutter Elfriede, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite steht, neue Sichtweisen bei Problemen aufzeigt und durch ihre Unterstützung mir mein Studium ermöglicht hat.

Meinem Bruder Philipp, der mir seit je her als Mentor dient, mir unzahlige Türen geöffnet hat und mich stets ermutigt, über mich selbst hinaus zu wachsen.

... meinem Betreuer Dr.-Ing. Detlef Gerhard für die umfassende Betreuung und die Freiheit bei der Bearbeitung des Themas.

... abschließend noch meinen Freunden und allen Personen in meinem Umfeld, die direkt und indirekt diese Arbeit ermöglicht haben.

## Abstact

Die aktuellen Veränderungen im Zuge der vierten industriellen Revolution stellen Produktionsbetriebe vor große Herausforderungen. Der Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten und die damit einhergehende notwendige kundenspezifische Individualisierung der Produkte führt zu einer starken Zunahme der Variantenvielfalt in der Fertigung und Montage.

Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Werker, die in der Lage sein müssen, eine große Anzahl unterschiedlicher Produkte zu bearbeiten. Dabei ist es für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit unerlässlich, die Einarbeitungs- und Bearbeitungszeiten bei gleichbleibender Qualität gering zu halten.

Um diesem Spannungsfeld zu begegnen, müssen neue Wege gefunden werden, um die Werker zu allen Zeitpunkten mit den, für die Erledigung ihrer Aufgaben notwendigen Informationen zu versorgen. Wichtig dabei ist, diese weder durch fehlende Daten zu behindern, noch durch eine Informationsflut zu überfordern.

In diesem Zusammenhang spielen Technologien, welche die notwendigen Daten zur Verfügung stellen können, eine große Rolle. Dabei gilt es zwischen vier Arten der Informationsbereitstellung zu unterscheiden. Bei passiven und aktiven Benachrichtigungen handelt es sich um Informationen, die für die ihrem Werker im Moment interessant sind, ohne dass diese an bestimmte Gegenstände in seinem Umfeld gebunden sind. Die Unterscheidung findet dabei unter dem Gesichtspunkt einer passiven Bereitstellung durch das Assistenzsystem oder der aktiven Anforderung durch den Arbeiter statt. Bei passiven Anleitungen hingegen handelt es sich um objektbezogene Informationen, die eine Handlung des Werkers an diesen auslösen sollen. Interaktive Anleitungen liefern ebenfalls objektbezogene Informationen, wobei der Gegenstand selbst in die Informationsbereitstellung miteinbezogen wird.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Entwicklung generischer Prozessketten der Informationsbeschaffung, -bereitstellung und -verarbeitung für alle vier Arten, beginnend mit der Konstruktion der Produkte durch den Ingenieur, bis zur Vollendung aller notwendigen Arbeitsschritte durch den Werker. Dabei werden die erstellten Prozesse anhand von Use Cases verifiziert und gleichzeitig auf ihre Leistungsfähigkeit untersucht.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.1.1	Vision Industrie 4.0 .....	1
1.1.2	Cyber-physikalische Systeme und Smart Factories .....	2
1.2	Zielsetzung.....	4
1.3	Vorgehensweise .....	5
2	Informationsquellen.....	6
2.1	Definition und Fachbegriffe.....	6
2.2	Strukturiertheit von Daten .....	7
2.3	Informationsquellen in Unternehmen .....	8
2.4	Informationserfassung, -aufbereitung und -verarbeitung.....	10
3	Informationsmanagementsysteme .....	11
3.1	Funktionales Hierarchiemodell .....	11
3.2	Enterprise Resource Planning System .....	14
3.2.1	Aufgabenbereiche .....	14
3.2.2	Daten des Enterprise Resource Planning Systems .....	15
3.3	Manufacturing Execution System .....	16
3.3.1	Aufgabenbereiche .....	16
3.3.2	Daten des Manufacturing Execution Systems.....	17
3.4	Produktdatenmanagement .....	18
3.4.1	Aufgabenbereiche .....	18
3.4.2	Daten der Produktdatenmanagements .....	19
3.4.3	Überschneidungen zu ERP- und MES-Systemen.....	19
4	Bedienkonzepte von Kommunikations- und Informationssystemen .....	21
4.1	User Interfaces .....	21
4.1.1	Command Line User Interface.....	21
4.1.2	Graphical User Interface.....	21
4.1.3	Natural User Interface .....	22
4.2	Datenbrillen .....	24
4.2.1	Augmented Reality .....	24
4.2.1.1	Definition.....	24
4.2.1.2	Funktionsweise .....	25
4.2.1.3	Videoaufnahme.....	26
4.2.1.4	Tracking.....	26
4.2.1.4.1	Marker-Tracking.....	26
4.2.1.4.2	Edge-based Tracking.....	28

4.2.1.4.3	Feature-based Tracking.....	32
4.2.1.5	Registrierung .....	33
4.2.1.5.1	Geometrische Registrierung .....	33
4.2.1.5.2	Photometrische Registrierung.....	33
4.2.1.6	Darstellung und Ausgabe.....	33
4.2.2	Methoden der Anzeige .....	34
4.2.3	Methoden der Verbindung und Berechnung .....	36
4.2.4	Vor- und Nachteile von Datenbrillen.....	37
4.2.5	Übersicht über derzeit erhältliche Datenbrillen.....	39
4.3	Mobile Systeme.....	41
4.4	Stationäre Systeme .....	43
4.5	Gegenüberstellung der Systeme .....	44
4.5.1	Gegenüberstellung hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit im industriellen Umfeld... 44	
4.5.2	Bewertung der Systeme für den Einsatz im industriellen Umfeld .....	44
5	Informationsbereitstellungsprozesse.....	47
5.1	Passive Informationsbereitstellung .....	48
5.1.1	Schritt 1: Serverseitige Informationsbereitstellung.....	49
5.1.2	Schritt 2: Erfassung durch den Mitarbeiter .....	50
5.2	Aktive Informationsbereitstellung.....	50
5.2.1	Schritt 1: Abfrage vorhandener Informationen .....	51
5.2.2	Schritt 2: Abfrage der benötigten Informationen.....	52
5.2.3	Schritt 3: Anfrage nicht vorhandener Informationen.....	52
5.3	Passive Arbeitsanleitungen .....	53
5.3.1	Schritt 1: Konstruktion .....	59
5.3.2	Schritt 2: Fertigungs- und Montageplanung .....	60
5.3.3	Schritt 3: Erstellung der Arbeitsanleitung .....	60
5.3.4	Schritt 4: Anwendung .....	63
5.4	Interaktive Arbeitsanleitungen .....	63
5.4.1	Schritt 1&2: Konstruktion und Fertigungs- und Montageplanung.....	64
5.4.2	Schritt 3: Erstellung der Arbeitsanleitung .....	65
5.4.3	Schritt 4: Anwendung .....	66
6	Facts4Workers Use Cases .....	67
6.1	Use Case EMO-Orodjarna d.o.o.....	67
6.1.1	Aktuelle Situation .....	68
6.1.2	Passive Informationsbereitstellung.....	69
6.1.2.1	Verwendetes Assistenzsystem.....	69
6.1.2.2	Einsatz der passiven Informationsbereitstellung.....	70
6.1.3	Aktive Informationsbereitstellung.....	71
6.1.3.1	Verwendetes Assistenzsystem.....	71
6.1.3.2	Einsatz der aktiven Informationsbereitstellung.....	71
6.2	Use Case Thermolympic .....	72
6.2.1	Aktuelle Situation .....	73
6.2.2	Passive Arbeitsanleitungen .....	74

6.2.2.1	Dokumentenanalyse und Datenbankentwurf .....	74
6.2.2.2	Aufbereitung der passiven Arbeitsanleitungen.....	84
6.2.2.3	Einsatz der passiven Arbeitsanleitung.....	85
7	Zusammenfassung und Ausblick .....	87
8	Verzeichnisse.....	88
8.1	Literaturverzeichnis .....	88
8.2	Abkürzungsverzeichnis.....	91
8.3	Abbildungsverzeichnis.....	92
8.4	Tabellenverzeichnis.....	94



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

### 1.1.1 Vision Industrie 4.0

Durch die Verbreitung des Terminus Industrie 4.0 im Jahr 2011 kam es zur Schaffung eines Überbegriffes über alle, durch die Verbreitung von cyberphysikalischen Systemen stattfindenden Veränderungen in industriellen Betrieben. Dabei werden sämtliche mittels Internet oder anderer Kommunikationsnetzwerke verbundenen Benutzer zum Produzenten von Daten und Informationen, die untereinander ausgetauscht werden können.<sup>1</sup>

Während diese Entwicklung vor allem auf soziale Bereiche großen Einfluss hat, sorgt aktuell die gleichzeitige kostengünstige Verfügbarkeit und umfassende Verbauung von Sensorik, zusammen mit der preiswerten Speichermöglichkeit großer Datenmengen, für starke Veränderungen in industriellen Betrieben.<sup>2</sup>

Erstmals werden neben dem Menschen Gegenstände selbst großflächig zum Produzenten von Daten, die über Netzwerke ausgetauscht und zur Verfügung gestellt werden können.<sup>3</sup> Diese Informationen können dabei gezielt auf eventuell vorhandene Muster und Trends analysiert werden, um erweiterte Informationen über aktuelle Prozesse zu erhalten und Entwicklungen proaktiv zu beeinflussen.

Während entsprechende Entwicklungen unter dem Begriff „Cyber-physikalische Systeme“ zusammengefasst werden<sup>4</sup>, wurde im deutschen Sprachraum zusätzlich der Begriff „Industrie 4.0“ geprägt. Ziel war, die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für industrielle Betriebe verstärkt in den Mittelpunkt der Forschungstätigkeiten zu stellen.<sup>5</sup>

Das deutsche Forschungszentrum für künstliche Intelligenz definierte in diesem Zusammenhang im Jahr 2011 vier industrielle Revolutionen<sup>6</sup>, die zu starken Veränderungen der menschlichen Arbeit geführt haben. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die vier Stufen in Bezug auf Schlüsseltechnologien und deren zeitlichen Horizont.

---

<sup>1</sup> vgl. Blumauer, Pellegrini, 2009, S.16ff.

<sup>2</sup> vgl. Wieland, Leymann, Jendoubi, Nicklas, Dürr, 2006, S.1

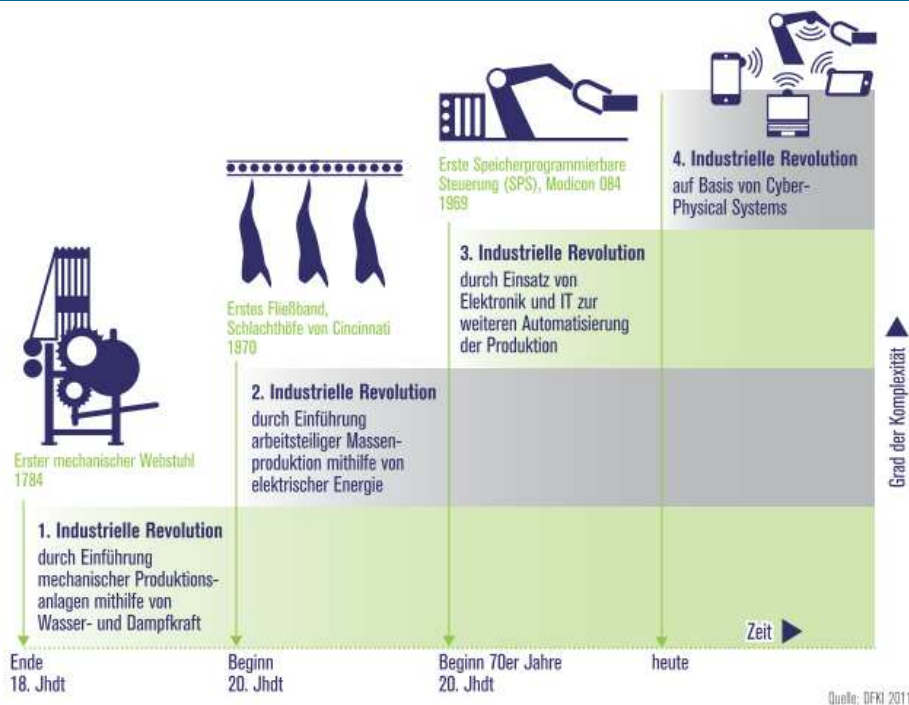
<sup>3</sup> vgl. ebenda

<sup>4</sup> vgl. Kagermann, Wahlster, Helbig, 2013, S.5f.

<sup>5</sup> vgl. Botthof, Hartmann, 2014, S.3

<sup>6</sup> vgl. ebenda, S.4

Abbildung 1-1: Die vier industriellen Revolutionen



Langfristiges Ziel der vierten Revolution ist, durch den flächendeckenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in den produzierenden Unternehmen die Wettbewerbsnachteile der hohen Löhne in den industrialisierten Ländern auszugleichen. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit und der Technologievorsprung gegenüber aufstrebenden Ländern erhalten werden.<sup>1</sup>

### 1.1.2 Cyber-physikalische Systeme und Smart Factories

Das Kernelement der vierten industriellen Revolution ist die Smart Factory, eine moderne Fabrik, in der eine große Zahl von cyber-physikalischen Systemen zusammen wirken.<sup>2</sup> Grundlage dieser Smart Factories sind dabei umfassend mit Sensoren und Aktoren ausgestattete Produktions- und Montagestätten<sup>3</sup>, die eine räumlich und zeitlich exakte Erfassung der Zustände der Produktionsmittel und Produkte ermöglichen.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> vgl. Botthof, Hartmann, 2014, S.24

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> vgl. Lasi, Kemper, Fettke, Feld, Hoffmann, 2014, S.262

<sup>4</sup> vgl. Kagermann, Wahlster, Helbig, 2012b, S.16

Während die Gerätezustände durch eingebaute Sensoren direkt erfasst werden können, wird der Produktionsfortschritt der Produkte mittels auf diesen befestigten Speicherchips gespeichert und kann mit Hilfe von Lese- und Schreibgeräten erfasst und geändert werden.<sup>1</sup> Der bekannteste Vertreter ist hierbei der RFID-Chip.<sup>2</sup>

Die generierten Daten werden anschließend über firmeninterne Netzwerke allen anderen Geräten zugänglich gemacht. Die eindeutige Identifikation der Zustandsparameter und die selbstständige Kommunikation der Maschinen ermöglicht dabei, dass bereits in einigen Jahren vollständig selbstorganisierende Fabriken kundenspezifische Produkte zu Serienfertigungspreisen produzieren können. Den Beschäftigten obliegt in diesen Produktionsstätten die Steuerung und Überwachung der vernetzten Produktionsanlagen.<sup>3</sup>

Durch diese Entwicklungen ergeben sich für die produzierenden Betriebe enorme Potentiale:<sup>4</sup>

#### ■ **Kundenspezifische Individualisierung der Produkte**

Durch die selbstständige Produktionssteuerung wird die Herstellung von Kleinstmengen rentabel und ermöglicht die preiswerte Fertigung kundenspezifisch individualisierter Produkte.

#### ■ **Flexibilisierung der Geschäftsprozesse**

Die vernetzten, selbststeuernden Produktionssysteme ermöglichen die dynamische Gestaltung der Produktionsprozesse, sodass diese auf geänderte Umgebungsbedingungen ohne Zeitverzögerung reagieren können. Als Folge wird die time-to-market Zeitspanne empfindlich verkürzt.

#### ■ **Verbesserte Optimierung der Produktion**

Die durchgängige Transparenz der Prozesse in Echtzeit ermöglicht die proaktive Reaktion auf Störungen und eine ganzheitliche Optimierung der Produktion, unabhängig vom Produktionsstandort.

#### ■ **Ressourceneffizienz**

Als Folge der kundenspezifischen Produktion in Kleinstserien verringert sich die Notwendigkeit, Produkte auf Lager zu produzieren, was eine starke Reduktion von Lagerkosten zur Folge hat. Für den Erhalt der Lieferfähigkeit reicht es aus, jederzeit das gewünschte Produkt zu wettbewerbsfähigen Preisen herstellen zu können.

#### ■ **Demographisch angepasste Arbeitsgestaltung**

Die immer stärker werdende Einbindung der Informationstechnologie in die Unternehmensprozesse bewirkt, dass auch ältere Angestellte aktiv an den Unternehmensprozessen mitwirken können. Dieser Effekt wird durch die vermehrt steuernden und überwachenden Tätigkeiten verstärkt, welche auf Wissen und Erfahrung aufbauen.

---

<sup>1</sup> vgl. Bauernhansl, Hompel, Vogel-Heuser, 2014, S.16

<sup>2</sup> vgl. Calloway, 2010, S.1ff.

<sup>3</sup> vgl. Kagermann, Wahlster, Helbig, 2012a, S.12ff.

<sup>4</sup> vgl. Kagermann, Wahlster, Helbig, 2013, S.19ff.

### ■ Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit

Die oben genannten Potentiale wirken sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen aus, wobei die Verfügbarkeit aktueller Daten gleichzeitig für einen Innovationschub sorgt.

## 1.2 Zielsetzung

Durch die vierte industrielle Revolution verändert sich die Arbeitsweise der Produktions- und Montagearbeiter grundlegend. Anstatt an einer Arbeitsstation angelernt zu werden und anschließend die gleichen Tätigkeiten über einen längeren Zeitraum auszuführen, erfordert die erhöhte Individualisierung der Produkte Werker, die schnell neue Arbeitsaufgaben erlernen oder sich auf variable Bedingungen einstellen können.

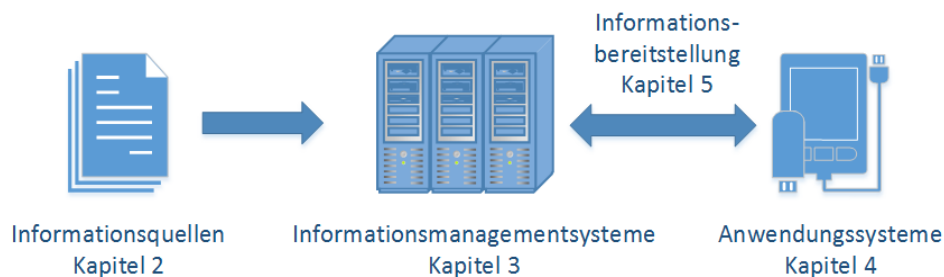
Um diese bei der Aneignung der produktspezifischen Tätigkeiten zu unterstützen und den Ausschuss während der Anfangsphase zu minimieren gilt es, die Werker durch den Einsatz umfassender Informationssysteme zu unterstützen. Wichtig ist dabei, die benötigten Informationen zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen, ohne die Arbeiter durch fehlende Daten zu behindern, oder durch eine Informationsflut zu überfordern.

Dazu benötigt es Systeme, welche die notwendigen Informationen automatisch oder nach Aufruf durch den Benutzer abrufen und diese anschließend in aufbereiteter Form visualisieren können. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Entwicklung generischer Prozessketten zur Informationsbereitstellung für Werker-Assistenzsysteme. Dazu werden die Prozessschritte der Informationsbeschaffung, -bereitstellung und -verarbeitung skizziert und die damit verbundenen Abläufe und Tätigkeiten näher untersucht.

Ziel ist die Entwicklung allgemein gültiger Prozesse für den Einsatz in produzierenden Unternehmen unter Verwendung von Smart Devices. Um deren Fähigkeiten zu demonstrieren, werden diese in weiterer Folge anhand realer Use Cases auf ihre Tauglichkeit für den Einsatz in der Produktion und Montage validiert. Darauf aufbauend soll es Unternehmen in Zukunft möglich sein, selbstständig eigene, an die jeweiligen Sachverhalte angepasste Lösungen einsetzen zu können.

## 1.3 Vorgehensweise

Abbildung 1-2: Vorgehensweise



Die vorliegende Arbeit beginnt in **Kapitel 2** mit der Ermittlung des Informationsbedarfes für Werker-Assistenzsysteme und der Identifizierung der in Unternehmen vorkommenden Informationsquellen.

Anschließend werden in **Kapitel 3** die an der Informationsbereitstellung beteiligten Managementsysteme klassifiziert. Dazu werden diese anhand ihrer Eigenschaften und ihres Funktionsumfanges beschrieben und gleichzeitig der zugehörigen Ebene der Automatisierungspyramide zugewiesen.

Um einen umfassenden Überblick über die verfügbaren elektronischen Geräte zur Informationsbereitstellung zu erhalten, werden die aktuell am Markt angebotenen Kommunikations- und Informationssysteme in **Kapitel 4** vorgestellt. Diese werden dabei gleichzeitig anhand ihrer Einsetzbarkeit in industriellen Betrieben bewertet und miteinander verglichen.

Aufbauend darauf beschäftigt sich **Kapitel 5** mit der Entwicklung von generischen Prozessketten zur Informationsbereitstellung. In diesem Zusammenhang werden die vier Methoden einer passiven Informationsbereitstellung, einer aktiven Informationsbereitstellung, passiver Arbeitsanleitungen und interaktiver Arbeitsanleitungen näher betrachtet. Die Sollprozesse sind dabei auf die Versorgung der Werker mit den richtigen Informationen zum benötigten Zeitpunkt und auf die Minimierung des Arbeitsaufwandes bei der Verwendung von Informationssystemen in industriellen Betrieben ausgerichtet.

Um die Fähigkeiten der erstellten Prozesse zu verdeutlichen, werden diese in **Kapitel 6** anhand von realen Use Cases des europäischen Forschungsprojektes Facts4Workers validiert.

Die Arbeit schließt mit der Zusammenfassung der aufgezeigten Methoden und einer Aussicht auf zukünftige Entwicklungen in **Kapitel 7**.

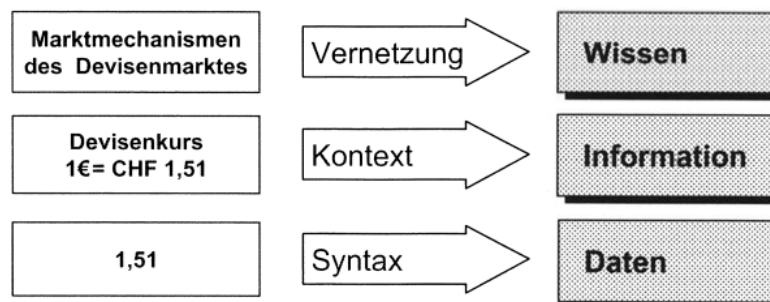
## 2 Informationsquellen

### 2.1 Definition und Fachbegriffe

#### Daten, Informationen und Wissen

Die drei Schlüsselbegriffe Daten, Informationen und Wissen bilden den Kern des Informationsmanagements. Daten stellen die Grundlage von Informationen und Wissen dar, welche durch die Aneinanderreihung von Zeichen entstehen, jedoch ohne einen entsprechenden Kontext vom Werker nicht interpretiert werden können. Erst durch die Darstellung der Daten im richtigen Bezugsrahmen werden aus diesen Informationen, welche erfasst und interpretiert werden können. Dabei wird anschließend aus bisher nicht gekannten Informationen Wissen gewonnen, welches für die Erledigung der Tätigkeiten benötigt wird.<sup>1</sup>

Abbildung 2-1: Daten, Informationen, Wissen<sup>2</sup>



In diesem Zusammenhang ist die Erfassung der aktuellen Situation und die Bereitstellung situationsbezogener Daten die Aufgabe von Werker-Assistenzsystemen, sodass diese mit dem gegenwärtigen Kontext zu verwertbaren Informationen werden. Der Werker muss anschließend die Informationen erfassen und daraus das benötigte Wissen für die Erledigung aktueller Arbeitsaufgaben gewinnen. Folglich liegt der Fokus von smarten Assistenzsystemen auf der Bereitstellung situationsbezogener Inhalte.

#### Codierte versus nicht codierte Daten

Eine Unterscheidung von Daten kann mittels der Differenzierung hinsichtlich deren Ursprungs vorgenommen werden:<sup>3</sup>

- **Codierte Daten** sind mittels Computer oder externen Eingabemedien erzeugte Inhalte. Die enthaltenen Informationen werden dabei in einer, von Informationssystemen lesbaren Zeichensprache erstellt und können direkt weiterverwendet werden. Als Vertreter seien hier

<sup>1</sup> vgl. Dippold, Meier, Schnider, Schwinn, 2005, S.14

<sup>2</sup> ebenda, S.12

<sup>3</sup> vgl. Frey-Luemburger, 2014, S.94

CAD-Programme genannt.

- **Nicht codierte Daten** hingegen stellen die enthaltenen Informationen in einer informationstechnologisch nicht interpretierbaren Form dar. Als Beispiel sei hier ein gescannter Ausdruck genannt, welcher als Abfolge von Pixeldaten vorliegt. Damit die darin enthaltenen Informationen erfasst und gespeichert werden können, ist eine weitere Aufbereitung notwendig.

## 2.2 Strukturiertheit von Daten<sup>1</sup>

Eine weitere Unterscheidung mit stärkerem Fokus auf den Ursprung der Daten und den notwendigen Aufbereitungsmaßnahmen vor der weiteren Nutzung kann auf Grundlage der Strukturiertheit der Daten getroffen werden.

### Strukturierte Daten

Strukturierte Daten bezeichnen mittels eines definierten Schemas gespeicherte Informationen, die ohne vorherige Aufarbeitung weiter verarbeitet werden können. Als Beispiel seien hier Datenbankeinträge genannt. Dies sind alphanumerische Werte, die strukturiert in Datenbanken angelegt werden.

Der Vorteil dieser Daten liegt in der fest definierten Struktur der Inhalte und der Möglichkeit, einzelne Werte direkt aufzurufen und auszulesen zu können. Nachteilig hingegen ist, dass nur die reinen Daten ohne zugehöriges Layout in der Datenbank gespeichert werden. Da die meisten Nutzer jedoch mit den reinen Zahlenwerten nichts anfangen können, wird für die Präsentation eine (meist graphische) Benutzeroberfläche benötigt, welche die Zusammenhänge zwischen den Werten oder Zusatzinformationen zu deren Interpretation leicht verständlich veranschaulicht. Als Beispiel seien hier Maßeinheiten oder Zuordnungen zwischen Zahlenwerten und Graphiken genannt.

### Schwach strukturierte oder semistrukturierte Daten

Schwach strukturierte oder semistrukturierte Daten bezeichnen hingegen Informationen, die zwar eine Struktur besitzen, welche jedoch nicht standardisiert ist. Bekannte Vertreter sind Dokumente aus Textverarbeitungsprogrammen wie Microsoft Word. Unter Dokumenten wird dabei allgemein die Kombination von Texten, Graphiken, Hyperlinks und Multimediainhalten einschließlich deren Formatierung verstanden.

Da die meisten elektronischen Dokumente als Alternativen zu papierbasierten Arbeitsanleitungen konzipiert wurden, sind deren Inhalte nur schwach strukturiert, weswegen bei der Erstellung oder der Speicherung in Informationsmanagementsystemen meist eine Aufbereitung notwendig ist. Dabei werden den Dokumenten Metadaten zugewiesen, welche diese eindeutig identifizieren und für spätere Verwendungszwecke auffindbar speichern. Trotz dieses Nachteiles stellt die vergleichsweise freie Gestaltungsmöglichkeit der Inhalte und die Möglichkeit der

---

<sup>1</sup> vgl. Frey-Luemburger, 2014, S.103ff.

simultanen Erstellung der Inhalte und des Layouts einen großen Vorteil dar, wodurch diese Art von Informationsträgern in produzierenden Unternehmen stark verbreitet ist.

### Unstrukturierte Daten

Unstrukturierte Daten sind Daten, die aus beliebig zusammengesetzten Inhalten bestehen, wodurch diese nicht ohne vorherige Aufbereitung weiterverarbeitet werden können. Videos, papierbasierte Dokumente oder die Sprache an sich sind typische Beispiele.

### Metadatenmanagement

Da die Inhalte von schwach strukturierten oder unstrukturierten Informationsobjekten nicht direkt von Informationsmanagementsystemen erfasst werden können, benötigt es Daten, welche die Dateien inklusive deren Inhalt eindeutig identifizieren. Erst dies ermöglicht eine effiziente und intelligente Verarbeitung und Verwaltung.

Metadaten sind strukturierte Daten, die in diesem Zusammenhang Informationen über Informationsobjekte liefern, welche diese und deren Inhalte eindeutig identifizieren, beschreiben und klassifizieren. Der große Vorteil liegt darin, dass Metadaten maschinell lesbar und auswertbar sind. Als Beispiel sei eine technische Zeichnungsableitung genannt, bei welcher unter anderem der Name des Konstrukteurs, die Bauteilnummer, die Versionsnummer oder das Erstellungsdatum als Metadaten gespeichert und damit unabhängig vom Inhalt verarbeitet werden können.

## 2.3 Informationsquellen in Unternehmen

### Planungsdaten

Planungsdaten bezeichnen alle während der Produktentwicklung und Produktionsplanung entstehende Informationen, welche als Vorgaben für die Fertigung und Montage benötigt werden. Dabei wird der Planungshorizont ausgehend von strategischen und taktischen Plänen in mehreren Schritten immer feiner detailliert, bis ein für die Fertigung und Montage notwendiger Differenzierungsgrad erreicht ist. Aufbauend auf die entstehende Produktionsprogrammplanung wird anschließend der Materialbedarf ermittelt und die Durchlaufzeiten und Kapazitäten terminiert.<sup>1</sup>

### Produktdaten

Produktdaten beschreiben den Aufbau komplexer Produkte, wobei zwischen mehreren Produktstrukturen unterschieden wird:<sup>2</sup>

- **Teilestruktur / Stückliste:** Beschreibung des Aufbaus eines Produktmodells
- **Funktionsstruktur:** Beschreibung des funktionalen Aufbaues samt Gliederung in Haupt- und Nebenfunktionen

---

<sup>1</sup> vgl. Hachtel, Holzbaur, 2010, S.87f.

<sup>2</sup> vgl. Stiefel, 2011, S.28f.



- **Konfigurationsstruktur:** Variantenspezifische Produktbeschreibungen
- **Montagestruktur:** Reihenfolge des Zusammenbaus einzelner Komponenten im Zuge der Montage

### Betriebsdaten

Als Betriebsdaten werden alle im Laufe des täglichen Produktionsprozesses anfallende Daten bezeichnet<sup>1</sup>, die im Zuge der Betriebsdatenerfassung mittels Sensoren und Lesegeräten eingelesen oder manuell von Mitarbeitern erfasst werden können.<sup>2</sup> Ziel ist dabei aktuelle und korrekte Ist-Daten zu erhalten, um drauf aufbauend die Planungen an die tatsächlich vorliegenden Situationen anzupassen.<sup>3</sup> Dabei kann in der Produktion und Montage zwischen auftragsbezogenen und maschinenbezogenen Daten unterschieden werden. Die bekanntesten Vertreter sind hierbei:<sup>4</sup>

#### Auftragsbezogene Daten

- Zeitendaten
- Mengendaten
- Qualitätsdaten
- Leistungsdaten

#### Maschinenbezogene Daten

- Lauf- und Unterbrechungszeiten
- Stückzahlen
- Verbrauch
- Störungen

Aufgrund der Vielzahl von Messwerten, die im Produktionsprozess ermittelt werden, ist vor der Weitergabe an übergeordnete Managementsysteme gegebenenfalls eine Verdichtung notwendig.

### Material- und Lagerdaten

Material- und Lagerdaten beschreiben die Verfügbarkeit von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Zwischenprodukten innerhalb des Unternehmens<sup>5</sup> und umfassen zusätzlich Informationen zu deren Lagerungsort und den Zeitpunkten von Entnahmen.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Hachtel, Holzbaur, 2010, S.109

<sup>2</sup> vgl. ebenda, S.113

<sup>3</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (a)

<sup>4</sup> vgl. Hachtel, Holzbaur, 2010, S.109

<sup>5</sup> vgl. ebenda, S.93

<sup>6</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (a)

## Kunden

Eine der wichtigsten Informationsquellen für Unternehmen stellt das Kundenfeedback dar, da daraus unter anderem Informationen über die Qualität und Funktionalität der Produkte im Zuge ihrer Verwendung gewonnen werden können.

## Zulieferer

Da in den meisten Unternehmen nur ein Teil der Wertschöpfung erfolgt, werden vor der weiteren Verarbeitung der Produkte Informationen über deren Produktionshistorie, Funktionalität und richtigen Handhabung benötigt. Diese werden dabei meist in Form von Dokumenten mit den Einlaufteilen mitgeliefert.

## 2.4 Informationserfassung, -aufbereitung und -verarbeitung

Vor der Speicherung und anschließenden Verwendung von Dokumenten müssen diese oftmals in Abhängigkeit von ihrer Quelle und ihrem Verwendungszweck aufbereitet werden. Ob dabei der gesamte Inhalt der Datei aufbereitet, oder lediglich die zugehörigen Metadaten festgelegt werden müssen, hängt von der Art der Datei und dem Verwendungszweck ab. Dieser Prozess kann in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad in drei Kategorien unterteilt werden:<sup>1</sup>

Bei der **vollautomatisierten Aufbereitung** können die Inhalte und Metadaten direkt aus den Dateien ausgelesen, kategorisiert und in Datenbanken gespeichert werden, wodurch eine sofortige Weiterverwendung möglich ist. Als Beispiel seien elektronische Formulare genannt, bei welchen die eingegebenen Informationen als Datenbankeinträge gespeichert werden können.

Bei der **teilautomatisierten Aufbereitung** kann ebenfalls ein Großteil der Inhalte und Metadaten direkt aus den Dateien ermittelt werden, wobei die Qualität der Ergebnisse nicht für eine sofortige Weiterverwendung ausreicht. Daher ist oftmals die Überarbeitung der erfassten Inhalte durch einen Mitarbeiter notwendig. Als Beispiel seien elektronische Dokumente genannt.

Bei der **manuellen Aufbereitung** hingegen müssen sämtliche Erfassungstätigkeiten durch einen Mitarbeiter ausgeführt werden. Folglich ist dies mit erhöhten Kosten verbunden, oftmals jedoch für die Vollständigkeit der Daten unumgänglich. Als Beispiel seien Bilddateien oder handschriftliche Dokumente genannt.

---

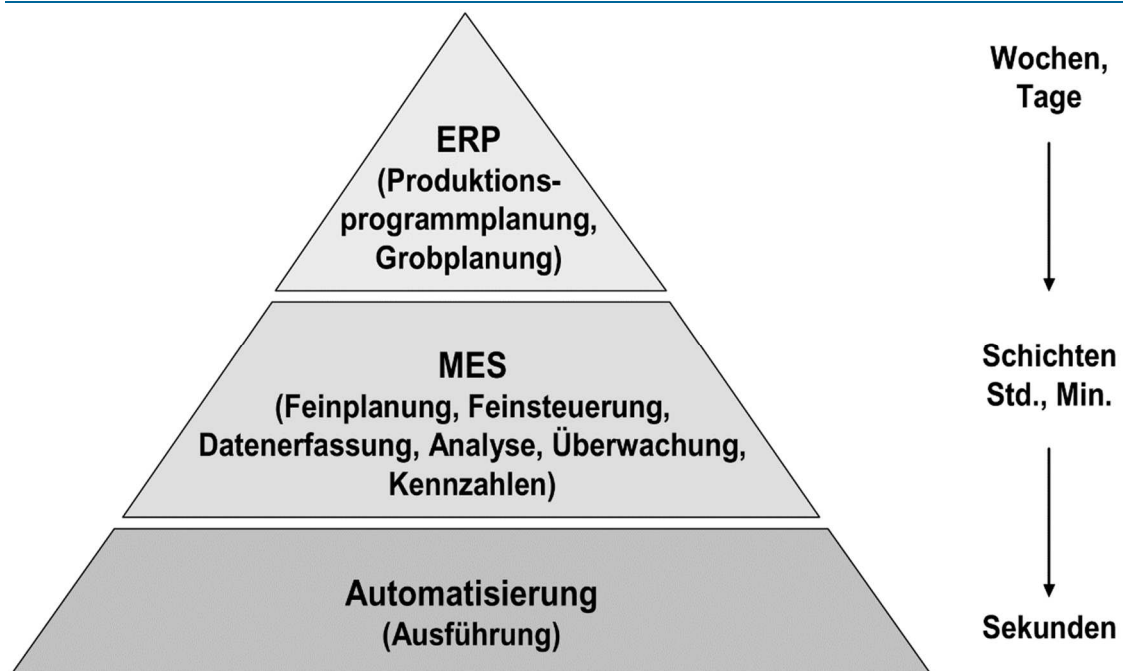
<sup>1</sup> vgl. Frey-Luemburger, 2014, S.106ff.

## 3 Informationsmanagementsysteme

### 3.1 Funktionales Hierarchiemodell

Betrachtet man Betriebsmanagement- und Steuerungssysteme von produzierenden Unternehmen, so lassen sich diese hinsichtlich des Planungshorizontes, des Detaillierungsgrades und des damit verbundenen Funktionsumfangs in drei Ebenen<sup>1</sup> einteilen.<sup>2</sup>

Abbildung 3-1: Funktionale Hierarchie von Managementsystemen<sup>3</sup>



#### Ebene 3: Grobplanung / Produktionsprogrammplanung

Die oberste Stufe des Modells umfasst die geschäftsbezogenen Tätigkeiten zur Führung eines Unternehmens. Dies beinhaltet alle Aktivitäten zur Erstellung der Grobplanung, der Sicherstellung der termingerechten Bereitstellung und der Lagerbestandshaltung. Die Planungsaktivitäten erfolgen dabei in einem Zeitrahmen von Tagen, Wochen oder Monaten.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Anmerkung: Das Ebenen-Modell nach DIN EN 62264-1:2013 unterscheidet zwischen den fünf Stufen 0 – 4. Aufgrund der Ähnlichkeit des Planungshorizontes und des Funktionsumfangs der Stufen 0 – 2 werden diese wie in der Fachliteratur üblich zu einer Stufe zusammengefasst und allgemein als Ebene 1 beschrieben.

<sup>2</sup> vgl. DIN EN 62264-1:2013, S.15f.

<sup>3</sup> Kletti, 2007, S.131

<sup>4</sup> vgl. DIN EN 62264-1:2013, S.15

Für die Organisation und Erledigung dieser Tätigkeiten haben sich Enterprise Resource Planning Systeme (ERP-Systeme) durchgesetzt, die eine Vielzahl von Funktionen in sich vereinen und aufgrund ihres modularen Aufbaus flexibel erweiterbar sind. Dadurch ist es möglich, den Funktionsumfang an die Unternehmensstruktur und deren spezifischen Notwendigkeiten anzupassen.<sup>1</sup> Eine genauere Beschreibung dieser Systeme und ihres Funktionsumfangs erfolgt in Kapitel 3.2.

### Ebene 2: Feinplanung und -steuerung

Für die Planung und Steuerung aller zur Produktherstellung notwendigen Aktivitäten ist jedoch ein höherer Detaillierungsgrad notwendig, als dies durch die Grobplanung der Unternehmensleitebene verwirklicht ist. Deswegen wird darauf aufbauend der Planungshorizont für sämtliche, an der Herstellung der Produkte beteiligten Produktionsfaktoren einschließlich der dafür benötigten Ressourcen mit einem zeitlichen Horizont auf Minuten- bis Tagesbasis geplant.<sup>2</sup>

Ausgehend von den Möglichkeiten der Enterprise Resource Planning Systeme wurden in diesem Zusammenhang die Management Execution Systeme entwickelt, welche die Feinplanung der Aufträge und Arbeitsvorgänge ermöglichen.<sup>3</sup> Die genaue Beschreibung dieser Systeme inklusive ihres Funktionsumfangs erfolgt in Kapitel 3.3.

### Ebene 3: Ausführung

Auf der untersten Ebene des Hierarchie-Modells erfolgt der Produktionsprozess. Dieser umfasst neben der Fertigung und Montage der Produkte auch die manuelle oder sensorbasierte Erfassung der Betriebsdaten und die manuellen oder automatischen Steuerungsaktivitäten. Dies findet dabei mit einem zeitlichen Horizont von Millisekunden bis Stunden statt.<sup>4</sup>

### Vertikale Integration

Wie die Betrachtung des drei-Ebenen-Struktur-Modells anschaulich zeigt, sind die Anforderungen an die Funktionalitäten, Reaktionszeiten und Detaillierungsgrade zwischen den drei Ebenen zu unterschiedlich, als dass ein System alle Ansprüche erfüllen könnte. Folglich haben sich innerhalb der Ebenen unterschiedliche Softwarelösungen etabliert, welche aufeinander abgestimmt sind und in beide Richtungen Daten austauschen.<sup>5</sup>

Die vertikale Integration stellt in diesem Zusammenhang sicher, dass alle Systeme synchron arbeiten und die weitergeleiteten Daten soweit angepasst und gegebenenfalls verdichtet sind, damit das nachgelagerte Informationsmanagementsystem diese verarbeiten kann. Während im Produktionsprozess große Datenmengen erfasst und gespeichert werden, müssen diese vor

---

<sup>1</sup> vgl. Osterhage, 2014, S.26ff.

<sup>2</sup> vgl. DIN EN 62264-1:2013, S.15

<sup>3</sup> vgl. Kletti, 2007, S.7f.

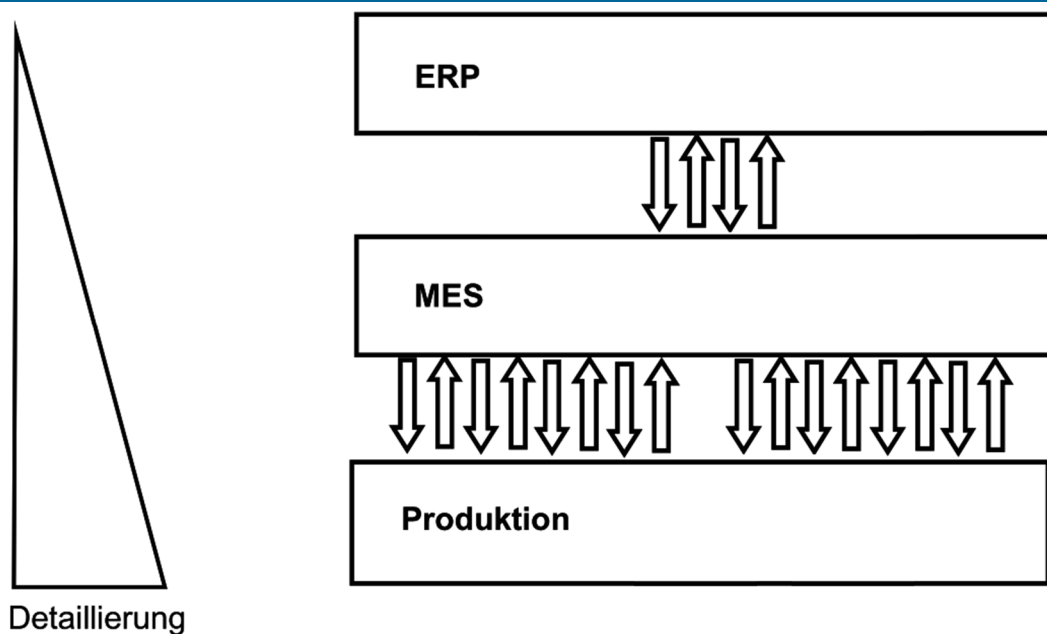
<sup>4</sup> vgl. DIN EN 62264-1:2013, S.15

<sup>5</sup> vgl. ebenda, S.15ff.

der Weitergabe an das Enterprise Resource Planning System aufgabenorientiert verdichtet und gefiltert werden, da es sonst zu einer nicht verarbeitbaren Informationsflut käme.<sup>1</sup>

Im Gegenzug benötigen die Werker in der Fertigung und Montage genauere Angaben, als dies durch eine grobe Termin-, Kapazitäts- und Mengenplanung gegeben ist. Folglich ist es die Aufgabe des zwischengelagerten Manufacturing Execution Systems, den Detaillierungsgrad im Zuge der Feinplanung dahingehend zu erhöhen, dass sämtliche Produktionsressourcen zeitlich und mengenmäßig exakt festgelegt und aufeinander abgestimmt sind.<sup>2</sup>

Abbildung 3-2: Vertikale Integration<sup>3</sup>



Außerdem stellt die vertikale Integration sicher, dass jedes System die notwendigen Informationen aus der vorgelagerten Stufe erhält. Dabei spielt das Manufacturing Execution System als Bindeglied zwischen der Produktionsprogrammplanung und dem Produktionsprozess eine zentrale Rolle.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> vgl. Kletti, 2007, S.8f.

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> ebenda, S.9, *bearbeitet*

<sup>4</sup> vgl. ebenda, S.7ff.

## 3.2 Enterprise Resource Planning System

### 3.2.1 Aufgabenbereiche

Unter Enterprise Resource Planning Systemen versteht man Softwarelösungen<sup>1</sup>, die auf die Planung von Unternehmensressourcen ausgerichtet sind. Die Aktivitäten erfolgen dabei aus einer ganzheitlichen, prozessorientierten Perspektive, wobei das unternehmensweite Gesamtergebnis über abteilungsinterne Optima gestellt wird.<sup>2</sup>

Die Systeme stellen das zentrale Werkzeug für die ganzheitliche Planung und operative Steuerung aller unternehmensinternen Prozesse dar, wobei für die Vermeidung von Redundanzen lediglich eine Datenbank zur Speicherung aller Daten und Dateien verwendet wird. Da die verschiedenen Geschäftsbereiche eines Unternehmens unterschiedliche Anforderungen an die zum Einsatz kommende Software stellen, wird diesen durch den Einsatz entsprechend ausgelegter Funktions- und Zusatzmodule entgegengekommen. Die Hauptaufgaben von Enterprise Resource Planning Systemen umfassen dabei:<sup>3</sup>

- Fertigungsmanagement
  - Produktionsprogrammplanung
  - Produktionssteuerung
  - Materialbedarfsplanung
  - Bestandsführung
  - Stammdatenverwaltung
- Supply Chain Management
  - Einkauf
- Finanz- und Rechnungswesen
  - Buchführung
- Personalwesen
  - Lohn- und Gehaltsabrechnung
- Customer Relationship Management
  - Vertriebswesen

---

<sup>1</sup> vgl. Olaf, 2008, S.1

<sup>2</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (a)

<sup>3</sup> vgl. ebenda

Abbildung 3-3: ERP Hauptmodule<sup>1</sup>

### 3.2.2 Daten des Enterprise Resource Planning Systems

Die nachfolgende Auflistung enthält die von Enterprise Resource Planning System verwalteten Daten, welche für die Produktion, Montage und Wartung von besonderer Bedeutung sind:<sup>2</sup>

- Planungsdaten
- Personaldaten
- Lagerbestandsdaten
- Auftragsdaten
- Elektronische Dokumente

<sup>1</sup> Enterprise CEO Forum, 2015

<sup>2</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (a)

## 3.3 Manufacturing Execution System

### 3.3.1 Aufgabenbereiche

Während sich Enterprise Resource Planning Systeme vorrangig auf die betriebswirtschaftlichen Aspekte und ganzheitlichen Planungsaktivitäten von Unternehmen konzentrieren, liegt der Fokus von Manufacturing Execution Systemen auf der Fertigung<sup>1</sup>, wobei die Software als Informationsdrehscheibe verstanden werden kann. Dabei wird einerseits die vorgegebene Grobplanung weiter verfeinert und an den, in der Produktion benötigten Detaillierungsgrad angepasst, andererseits werden die aus der Fertigung und Montage erhaltenen Daten verdichtet und dem übergeordneten Planungssystem zugänglich gemacht.<sup>2</sup>

Da der Zeithorizont von in der Produktion, Montage und Wartung notwendigen Informationen im Sekunden- bis Stundenbereich liegt, werden diese vorrangig vom Manufacturing Execution Systemen abgefragt. Dabei ist die Verfügbarkeit von Programmierschnittstellen, mittels derer die benötigten Informationen anhand eines standardisierten Schemas in Echtzeit abgefragt werden können eine Grundvoraussetzung, um den Einsatz von Werkerassistenzsystemen zu ermöglichen.

Daneben ist nicht nur die Abfrage von Informationen, sondern auch die Möglichkeit der Rückgabe von Daten entscheidend für den vollumfänglichen Einsatz von Assistenzsystemen. Im Zuge von Produktions-, Montage- und Wartungsarbeiten entstandene Inhalte müssen in Echtzeit im das Manufacturing Execution System gespeichert werden können, sodass die Aktualität der Daten gewährleistet ist und alle Mitarbeiter stets über die gleichen Informationen verfügen.

#### Feinplanung

Ausgehend von der, durch das Enterprise Resource Planning System erfolgten Grobplanung erfolgt mittels des Manufacturing Execution System die Feinplanung des Produktionsprozesses. Dabei werden zusätzlich zu der bereits erfolgten Produktionsprogramm- und Terminplanung sämtliche für die Fertigung benötigten Ressourcen und Zeiten detailliert festgelegt und mit dem bestehenden Produktionsprogramm und den vorhandenen Ressourcen abgestimmt.<sup>3</sup> Ziel dabei ist ein determinierter Produktionsplan, in dem alle Input und Output-Parameter zeitlich und mengenmäßig exakt beschrieben sind.

#### Maschinen- und Betriebsdatenerfassung

Sowohl für Soll-/Ist-Vergleiche, als auch für die permanente Anpassung der Feinplanung ist das Erfassen der Maschinen- und Betriebsdaten notwendig. Dazu werden die aktuellen Zustände

---

<sup>1</sup> vgl. Industrieinformatik, 2015

<sup>2</sup> vgl. Kletti, 2007, S.64

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S.67ff.



der Produkte und Maschinen periodisch erfasst und automatisch mittels Sensoren oder durch die manuelle Eingabe ins Manufacturing Execution System übertragen.<sup>1</sup>

### Weitere Aktivitäten

Neben den beiden bereits erwähnten Aktivitäten erledigt das Manufacturing Execution System ebenfalls eine Reihe weiterer Tätigkeiten:<sup>2</sup>

- Maschinenstatusübersicht
- Personalstatusübersicht
- Personaleinsatzplanung
- Rüstzeitplanung
- Werkzeugbedarfsplanung
- Materialstatusübersicht
- Wartungsplanübersicht

### 3.3.2 Daten des Manufacturing Execution Systems

Die nachfolgende Auflistung enthält die von Manufacturing Execution System verwalteten Daten, welche für die Produktion, Montage und Wartung von besonderer Bedeutung sind:<sup>3</sup>

- Auftragsdaten
- Feinplanungsdaten
- Materialdaten
- Qualitätsdaten
- Betriebsmitteldaten
- Werkzeugdaten

---

<sup>1</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (b)

<sup>2</sup> vgl. Kletti, 2007, S.66

<sup>3</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (b)

## 3.4 Produktdatenmanagement

### 3.4.1 Aufgabenbereiche

Produktdatenmanagement (PDM) umfasst die Verwaltung produktspezifischer Daten aus der Produktentwicklung, wie beispielsweise CAD-Modelle, Berechnungen oder textuelle Spezifikationen. Daneben beinhaltet es die Steuerung des Informationsflusses zwischen den am Entwicklungsprozess beteiligten Personen und die Verfolgung aller Änderungen.<sup>1</sup> Daraus ergeben sich folgende Grundfunktionen, die für den Einsatz von elektronischen Werker-Assistenzsystemen von besonderer Bedeutung sind:

#### Stücklistenverwaltung

Das Produktdatenmanagement kümmert sich um die Speicherung und Verwaltung der Stückliste, mit welcher der Aufbau eines Produktes anhand seiner Baugruppen und Komponenten beschrieben wird. Entsprechend der DIN 199 ist die Stückliste ein vollständiges, formal aufgebautes Verzeichnis unter der Angabe von Bezeichnung, Menge und Einheit aller Bestandteile eines Produktes.<sup>2</sup>

#### Metadatenmanagement

Da die meisten Informationen in produzierenden Unternehmen in Form von schwach strukturierten Dokumenten vorliegen, können deren Inhalte nicht automatisiert ausgelesen werden. Daher werden Metadaten benötigt, welche die Dokumente und anderen Daten einschließlich deren Inhaltes eindeutig identifizieren und damit jederzeit auffindbar machen.<sup>3</sup>

In diesem Zusammenhang übernimmt das Produktdatenmanagement die strukturierte Speicherung aller produktbezogenen Metadaten der im Produktentwicklungsprozess entstehenden Informationsobjekte. In weiterer Folge sollen die Daten für deren spätere Nutzung leicht auffindbar und eindeutig identifizierbar sein, um damit deren Verwendung im gesamten Produktlebenszyklus zu vereinfachen.<sup>4</sup>

#### Konfigurations-, Versions- und Variantenmanagement

Da Dokumente und Produktstrukturen ständigen Änderungen unterliegen, müssen diese voneinander unterschieden werden. Die Version eines Dokumentes kennzeichnet dabei seinen Entwicklungszustand, wobei höhere Versionsnummern die Weiterentwicklung bestehender Dokumente kennzeichnen. Kommt es hingegen zu einer parallelen, alternativen Produktausprägung, wird dies über die Variante des Produktes gekennzeichnet.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (c)

<sup>2</sup> vgl. Schuh, Stich, 2012, S.256

<sup>3</sup> vgl. Sandler, Wawer, 2008, S.58ff.

<sup>4</sup> vgl. ebenda

<sup>5</sup> vgl. Stiefel, 2011, S.29

Die Konfiguration eines Produktes beschreibt dessen Zusammensetzung zu einem bestimmten Zeitpunkt und ist folglich von der Version und der Variante des Produktes abhängig.<sup>1</sup>

### Weitere Aktivitäten

Neben diesen Tätigkeiten beinhaltet das Produktdatenmanagement:<sup>2</sup>

- Klassifikation der Produktmerkmale
- Teileverwendungsnachweis
- Objektstatusmanagement
- Workflow-Management
- Benutzerverwaltung

## 3.4.2 Daten der Produktdatenmanagements

Die nachfolgende Auflistung enthält die von Produktdatenmanagement verwalteten Daten, welche für die Produktion, Montage und Wartung von besonderer Bedeutung sind.<sup>3</sup>

- Konstruktionszeichnungen
- CAD-Dateien
- Stücklisten
- Sonstige produktbezogene elektronische Dokumente

## 3.4.3 Überschneidungen zu ERP- und MES-Systemen<sup>4</sup>

Zwischen dem Produktdatenmanagement und dem Enterprise Resource Planning System beziehungsweise dem Manufacturing Execution System ergibt sich aufgrund der überschneidenden Aufgabenbereiche die Gefahr von Redundanzen. Dies wird durch die Verwendung unterschiedlicher Softwarelösungen verschiedener Anbieter noch verstärkt, weshalb eine gemanagte Schnittstelle zwischen den Systemen von besonderer Bedeutung ist.

Da das Produktdatenmanagement die Verwaltung aller produktspezifischer Daten aus der Produktentwicklung übernimmt und damit am Anfang des Produktlebenszyklus steht, müssen die generierten Informationen den anderen, im Unternehmen zum Einsatz kommenden Systemen zur Verfügung gestellt werden und in nachfolgenden Stadien stattfindende Änderungen übernommen werden. Durch diese Maßnahmen ist es möglich, dass zwischen den Datenbanken

---

<sup>1</sup> vgl. Stiefel, 2011, S.29

<sup>2</sup> vgl. Sandler, Wawer, 2008, S.58ff.

<sup>3</sup> vgl. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, 2015 (c)

<sup>4</sup> vgl. DPS, 2015

der Systeme keine Redundanzen entstehen und alle Daten stets aktuell bleiben. Da die Systeme aller bekannten Softwarehersteller entsprechende Schnittstellen vorsehen, stellt dies kein Problem dar, sofern es bei der Einführung berücksichtigt wird.

## 4 Bedienkonzepte von Kommunikations- und Informationssystemen

### 4.1 User Interfaces

User Interfaces bezeichnen die Schnittstellen zwischen technischen Systemen und deren Benutzern, die eine direkte Interaktion zwischen diesen erlauben. Mit Hilfe von Benutzerschnittstellen kann der Anwender Befehle eingeben und ausführen lassen, wodurch ihm die Steuerung des Gerätes ermöglicht wird. Aufgrund der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten entwickelten sich verschiedenste User Interfaces, welche sich in ihrer Komplexität und ihrem vorgesehen Einsatzzweck unterscheiden.<sup>1</sup>

#### 4.1.1 Command Line User Interface

Die erste Form der direkten Interaktion zwischen Benutzern und Computern wurde durch den Aufruf von Befehlen über Kommandozeilen ermöglicht. Dabei gibt der Anwender die auszuführenden Anweisungen mittels Tastatur als alphanumerischen Code ein, welcher vom Gerät interpretiert und ausgeführt wird.<sup>2</sup>

Nachteilig an der Methode ist, dass der Benutzer die Syntax aller Befehle auswendig kennen muss, was ein hohes spezifisches Wissen erfordert. Folglich können nur spezialisierte Anwender den vollen Funktionsumfang nutzen.<sup>3</sup>

#### 4.1.2 Graphical User Interface

Die graphische Benutzeroberfläche stellt eine Weiterentwicklung der Kommandozeilenbenutzeroberfläche dar. Dabei werden die ausführbaren Befehle in Form von Objekten graphisch dargestellt, wobei die Interaktion über die direkte, visuelle Manipulation der Elemente erfolgt. Dadurch muss der Anwender für die Steuerung des Gerätes weder die Kommandos, noch die Dateinamen wissen, sondern kann alle Informationen direkt am Display ablesen.<sup>4</sup> Die Einfach-

---

<sup>1</sup> vgl. Butz, Krüger, 2014, S.1ff.

<sup>2</sup> vgl. Preim, Dachsel, 2014, S.463

<sup>3</sup> vgl. Butz, Krüger, 2014, S.85f.

<sup>4</sup> vgl. ebenda, S.89f.

heit der Methode und die geringen notwendigen Vorkenntnisse führten zu einer weiten Verbreitung, sodass Computer heutzutage<sup>1</sup> vorrangig mittels dieser Benutzerschnittstelle bedient werden.<sup>2</sup>

### 4.1.3 Natural User Interface

Unter natürlichen Benutzerschnittstellen werden Interfaces verstanden, bei welchen vom Menschen als natürliche Verhaltensweise betrachtete Bewegungen mit technischen Geräten interagiert werden. Da der Begriff sehr weit gefasst ist, fallen die meisten Entwicklungen unter diese Kategorie.<sup>3</sup> In weiterer Folge werden die bekanntesten Konzepte vorgestellt und deren Funktionsweise erörtert.

#### Voice User Interface

Beim Voice User Interface erfolgt die Befehlseingabe mittels der gesprochenen Sprache. Dabei wird das System über definierte Signalwörter aktiviert, woraufhin das Gerät sämtliche Sprachelemente erfasst und auf vordefinierte Anweisungen untersucht. Wird ein Befehl erkannt, führt das System die entsprechende Anweisung aus, wobei die Qualität der Benutzereingabe stark von der Verständlichkeit des Benutzers abhängt. Folglich ist diese Methode für den Einsatz bei lauter Arbeitsumgebung ungeeignet. Ebenfalls nachteilig ist, dass der Anwender wie beim Command Line User Interface sämtliche Sprachbefehle kennen muss.

#### Multitouch User Interface

Das Multitouch User Interface ist eine Weiterentwicklung der graphischen Benutzeroberfläche, wobei die Interaktion mittels direkter Berührung der graphischen Elemente am Display erfolgt.<sup>4</sup>

#### Gestual User Interface

Bei der gestengesteuerten Benutzeroberfläche wird das System mittels bewusster Bewegungen gesteuert. Dabei registriert ein Sensor oder eine Kamera die Bewegungen des Anwenders und untersucht diese auf bekannte Bewegungsmuster. Kommt es anschließend zu einer Übereinstimmung, führt das System die damit verbundenen Anwendung aus, wobei der Benutzer wie auch beim Voice oder Command Line User Interface alle Bewegungsmuster kennen muss.<sup>5</sup>

#### Attentive User Interface

Beim Attentive User Interface werden für die Steuerung implizite Befehle verwendet. Dabei beobachtet das System den Benutzer und erkennt, wenn dieser sich an bestimmten Positionen befindet oder bestimmte Gesten ausführt. Aufbauend auf den erkannten Mustern werden vordefinierte Befehle ausgeführt, ohne dass der Anwender die Ausführung aktiv beabsichtigt.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Oktober 2015

<sup>2</sup> vgl. Preim, Dachzelt, 2014, S.464

<sup>3</sup> vgl. Butz, Krüger, 2014, S.464

<sup>4</sup> vgl. Preim, Dachzelt, 2015, S.480

<sup>5</sup> vgl. ebenda

<sup>6</sup> vgl. ebenda, S.482

### View User Interface

Beim View User Interface erfolgt die Interaktion mittels Augenbewegungen. Dabei erkennt das System die Blickrichtung des Anwenders und registriert, wenn dieser in eine bestimmte Richtung oder auf reale oder virtuelle Objekte blickt. Darauf aufbauend wird bei längerem Verweilen auf einer bestimmten Stelle der damit verbundene Befehl ausgeführt. Diese Methode zeichnet sich durch eine besonders schnelle Art der Befehlseingabe aus, wobei der Benutzer die vordefinierten Befehle nicht kennen muss.<sup>1</sup>

### Brain User Interface

Da Hirnaktivitäten elektrische Signale erzeugen, kann dies für die Kommunikation zwischen Anwender und System genutzt werden. Dazu müssen auf der Kopfhaut Sensoren angebracht werden, welche die Ströme messen, woraufhin das System nach dem Auftreten bestimmter Muster Befehle ausführt. Diese Art des User Interfaces befindet sich jedoch erst am Beginn der Forschung, wodurch eine gezielte Steuerung mit einer großen Zahl unterschiedlicher Befehle noch nicht möglich ist.

### Multi-modal User Interface

Die oben dargestellten Benutzerschnittstellen sind nicht als abgegrenzte Insellösungen zu betrachten, sondern können miteinander kombiniert eingesetzt werden. Dabei können die Eingaben über verschiedene Methoden erfolgen und redundant ausgelegt sein. Ziel ist, durch die Bereitstellung unterschiedlicher Schnittstellen die Steuerung der Systeme möglichst intuitiv, und deren Benutzung möglichst einfach zu gestalten.<sup>2</sup>

Nahezu alle Informationssysteme bauen auf dem Prinzip der multi-modal Interaktion auf und lassen sich mittels verschiedener User Interfaces bedienen. Welche Methode dabei zum Einsatz kommt, hängt von der Art der Anwendung ab, wobei das Vorhandensein der Hardware nicht genügt, sondern die Anwendungssoftware auch die entsprechende Interaktionsform vorsehen muss.<sup>3</sup>

Datenbrillen bieten in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, mittels Gestensteuerung und Attentive User Interfaces bedient zu werden, wobei die Gestensteuerung derzeit<sup>4</sup> am Verbreitetsten ist. Mit hand-held Devices hingegen kann mittels Sprachsteuerung, Attentive User Interface und Multitouch Interaktion interagiert werden, wobei Multitouch die gängigste Methode darstellt. Stationäre Systeme werden hauptsächlich mittels graphischer Benutzeroberfläche oder Multitouch gesteuert.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Preim, Dachsel, 2015, S.482

<sup>2</sup> vgl. ebenda, S.479

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S.480

<sup>4</sup> Oktober 2015

<sup>5</sup> vgl. Preim, Dachsel, 2015, S.286ff.

## 4.2 Datenbrillen

Datenbrillen (*englisch Head-mounted Displays*) projizieren virtuelle Informationen oder Objekte direkt in das Sichtfeld des Betrachters. Der Vorgang vom Erkennen der realen Umgebung bis zur Anzeige der virtuellen Einblendungen wird dabei unter dem Begriff Augmented Reality zusammengefasst.

Durch die starke Miniaturisierung in den Bereichen der Elektronik und leistungsstärkeren Batterien ist es mittlerweile<sup>1</sup> möglich, die gesamte Hardware im oder am Bügel einer gewöhnlichen Brille anzubringen. Folglich können optisch an normale Brillen angelehnte Datenbrillen produziert werden, welche den Benutzer bei der Verwendung nicht behindern.

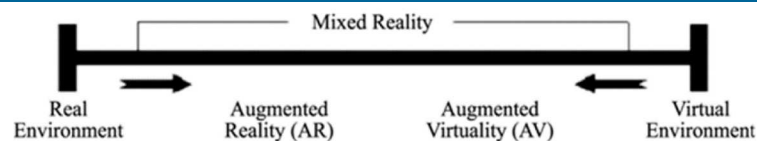
Durch die Vielzahl von Unternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen, welche sich intensiv mit der Entwicklung von Datenbrillen befassen, existieren eine Vielzahl verschiedener Ausprägungsformen, welche sich anhand der Art der Anzeige, der Verbindung und der Berechnung in verschiedene Gruppen einteilen lassen.

### 4.2.1 Augmented Reality

#### 4.2.1.1 Definition

Augmented Reality beschreibt die Überlagerung der wahrgenommenen Wirklichkeit mit virtuellen Inhalten, wobei es zu einer Verschmelzung der Virtualität mit der Realität kommt.<sup>2</sup> Milgram definierte in diesem Zusammenhang 1995<sup>3</sup> die allgemein gültige Definition des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (siehe Abbildung 4-1). Augmented Reality gilt darin als Erweiterung der Realität, wobei die realen Anteile überwiegen.<sup>4</sup>

Abbildung 4-1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram<sup>5</sup>



Bei der Augmentierung werden die virtuellen Inhalte perspektivisch dem Blickfeld des Betrachters angepasst und in dessen Sichtfeld projiziert oder über ein Display ausgegeben. Um flüssige

<sup>1</sup> Oktober 2015

<sup>2</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S. 241f.

<sup>3</sup> vgl. Carmigniani, Furht, An isetti, Ceravolo, Damiani, Ivkovic, 2010, S.342f.

<sup>4</sup> vgl. Olmedo, 2013, S.264

<sup>5</sup> ebenda

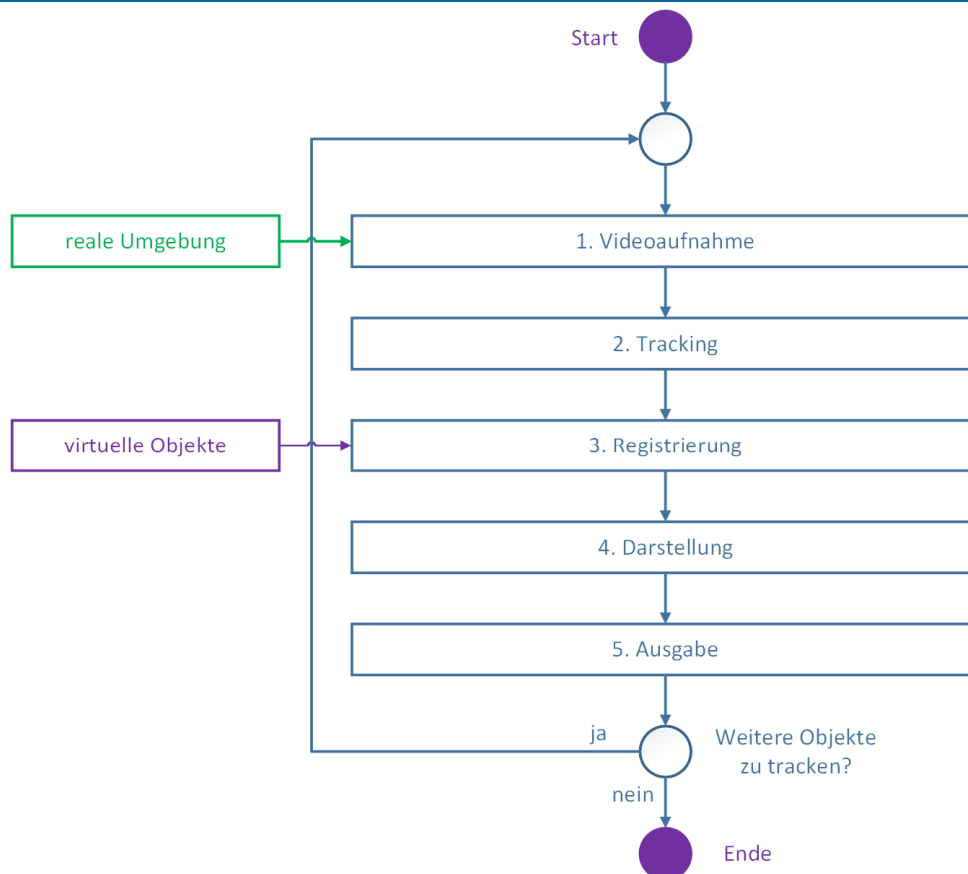


Ergebnisse zu erhalten, ist dabei eine möglichst geringe Zeitverzögerung zwischen der Änderung des Blickwinkels und der Anpassung der virtuellen Gegenstände notwendig.<sup>1</sup> Vom Optimum einer nicht mehr möglichen Unterscheidung zwischen Realität und virtuellen Inhalten<sup>2</sup> wird in dieser Arbeit gezielt Abstand genommen, da es in der Produktion und der Montage durchaus sinnvoll ist, nicht existierende Inhalte als solche wahrzunehmen. Erst dies erlaubt die Verwendung von Augmented Reality für Produktions- oder Montageanleitungen.

#### 4.2.1.2 Funktionsweise

Die Verwendung von Augmented Reality erfolgt nach einer festen Abfolge von Ablaufschritten, die unabhängig vom verwendeten System sind. Lediglich bei der Einblendung der virtuellen Inhalte mittels optischer Überlagerung (siehe Kapitel 4.2.2, Optical-See-Through-Datenbrillen) erfolgen die Punkte Darstellung und Ausgabe in einem.

Abbildung 4-2: Tätigkeitsabfolge von Augmented Reality Applikationen



<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.245ff.

<sup>2</sup> vgl. ebenda, S.246

### 4.2.1.3 Videoaufnahme

Am Beginn des Augmentierungs-Prozesses steht die Aufnahme der Realität mit einer oder mehreren Kameras. Dabei ermöglicht die Verwendung von zwei Aufnahmegeräten getrennte Aufnahmen der leicht abweichenden Perspektive des Augenpaares.<sup>1</sup>

Gerade zu Beginn der Entwicklung von Augmented Reality erzielte diese Methode bessere Ergebnisse. Jedoch kann heutzutage durch den starken Anstieg der Rechenleistung von Prozessoren die abweichende Lage aus einem Kamerabild berechnet werden, wodurch der Einbau mehrerer Videosysteme überflüssig ist. Dies hat ein geringes Gewicht, verminderte Herstellungskosten und einen geringeren Strombedarf zum Vorteil.

Die Qualität der eingesetzten Kamera stellt ein Hauptkriterium für die Qualität des Ergebnisses dar. So haben deren Auflösung oder Lichtempfindlichkeit große Auswirkungen auf das aufgenommene Bild, was in weiterer Folge das Tracking und die Bildqualität der Ausgabe beeinflusst. Außerdem muss bei der Überlagerung die Auflösung der virtuellen Objekte an das Kamerabild angepasst werden, weswegen die gesamte Ausgabequalität von der Videokamera abhängig ist.

### 4.2.1.4 Tracking

Unter Tracking versteht man die Berechnung der aktuellen Kameraposition in Bezug auf die zu trackenden Objekte. Ziel dabei ist die Errechnung der Transformationsmatrix, welche die Lage- und Winkelunterschiede zwischen den realen Gegenständen und den eingeblendeten virtuellen Objekten beschreibt. Auf deren Grundlage ist die korrekte Einpassung der virtuellen Inhalte in den späteren Prozessschritten möglich.<sup>2</sup>

Durch die Vielzahl von Möglichkeiten, bei denen Augmented Reality eingesetzt werden kann, hat sich eine breite Palette von angepassten Trackingmethoden entwickelt. In den folgenden Unterkapiteln werden die für industrielle Betriebe geeigneten Methoden einer genaueren Beschreibung und Bewertung hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit bei Produktions-, Montage- und Wartungstätigkeiten unterzogen.

#### 4.2.1.4.1 Marker-Tracking

Marker sind zweidimensionale Muster ohne Rotationssymmetrien, die von einem komplett weißen oder schwarzen Rand begrenzt werden. Die meist rechteckigen oder quadratischen Abbildungen sind dabei ausschließlich schwarz-weiß, damit auch unter veränderten Lichtbedingungen das frei wählbare Muster eindeutig erkennbar ist.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.246

<sup>2</sup> vgl. ebenda, S.242ff.

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S.256

Abbildung 4-3: Marker<sup>1</sup>

Bei dieser Art des Trackings wird an dem zu trackenden Gegenstand ein vordefinierter Marker angebracht, welcher von der Kamera des Augmented Reality Gerätes erkannt werden kann.<sup>2</sup> Die Vorgangsweise folgt dabei grundsätzlich nach folgendem Schema<sup>3</sup>:

- Im Vorfeld müssen das Muster und die Größe der Marker definiert werden, wobei diese mittels diverser Augmented Reality Softwarepakete erstellt werden können. Gleichzeitig müssen die zu visualisierenden virtuellen Inhalte definiert, deren Größe im Bezug zum Marker festgelegt und aus den Daten eine Applikation erstellt werden. Die spätere Einpassung der virtuellen Objekte erfolgt in Bezug auf die Größe des Markers und nicht auf die Größe des realen Gegenstandes, was bei deren Erstellung beachtet werden muss.
- Anschließend werden die Marker mit einem gewöhnlichen Drucker ausgedruckt und an den zu augmentierenden Gegenständen angebracht. Gleichzeitig erfolgt die Überspielung der erstellten Applikation auf das Augmented Reality System, womit die Voraussetzungen für die Benützung des Trackingsystems erfüllt werden.

Bei der Verwendung werden die Videobilder permanent nach vier zusammenhängenden Liniensegmenten abgesucht. Kommt es zur Erkennung potentieller Kandidaten, wird ein Abgleich des erkannten Musters mit den vordefinierten Markern vorgenommen. Dieser gilt als erkannt, wenn er unter allen vordefinierten Markern die größte Übereinstimmung besitzt und diese gleichzeitig einen frei gewählten Schwellwert übersteigt. So ergibt sich die Notwendigkeit, möglichst unterschiedliche Muster zu verwenden. Um wechselnde Lichtverhältnisse auszugleichen, werden alle erkannten Farbtöne dabei entweder als weiß oder als schwarz interpretiert.

- Danach wird aus der Position der Eckpunkte die Lage der Kamera und des Betrachters errechnet.
- Abschließend erfolgt die Einblendung der virtuellen Inhalte, deren Größe und räumliche Ausrichtung an den Marker orientiert werden.

<sup>1</sup> Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.256

<sup>2</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.45ff.

<sup>3</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.258

## Vorteile

Der große Vorteil des markerbasierten Trackings liegt in der schnellen und billigen Erstellung der Marker. Diese können mit geringem Aufwand entwickelt werden, sind mit jedem Drucker druckbar und können direkt an die Gegenstände angebracht oder in Abbildungen eingefügt werden.<sup>1</sup>

## Nachteile

Diesem Vorteil stehen eine Reihe von Nachteilen gegenüber<sup>2</sup>:

- Im Normalfall müssen die Marker für ein korrektes Tracking vollständig sichtbar sein. Kommt es zu einer teilweisen Verdeckung, kann kein Abgleich mit den vordefinierten Mustern vorgenommen werden, wodurch der Marker nicht erkannt wird.
- Die Erkennung der Marker ist von der Beleuchtungssituation abhängig. Ist dieser, beispielsweise durch Schattenwurf zu gering oder durch direkte Beleuchtung zu stark ausgeleuchtet, kann keine Unterscheidung zwischen weißen und schwarzen Bildpunkten mehr vorgenommen werden.
- Daneben hat die Größe der Marker Einfluss auf deren Erkennung. Werden zu große Marker gewählt, befindet sich bei der Annäherung nur mehr ein Teil im Blickfeld der Kamera, wodurch das Tracking versagt. Andererseits kann die Kamera das Muster von zu kleinen Markern nicht mehr erkennen, wodurch das Tracking ebenfalls versagt. Dabei hat im zweiten Fall die Auflösung der Kamera großen Einfluss auf die maximal zulässige Distanz.
- Die Notwendigkeit der direkten Anbringung an das reale Objekt hat vor allem in der Produktion und Montage einen großen Nachteil. Aufgrund der Vielzahl der Einzelteile eines Produktes mit selbst geringer Komplexität, wächst die Anzahl der notwendigen Marker schnell über ein sinnvolles Maß hinaus. Außerdem gestaltet sich die Anbringung aufgrund der Bauteilgröße oftmals schwierig, da diese die Bearbeitung nicht behindern dürfen.

Wegen der Nachteile des markerbasierten Trackings eignet sich diese Methode nur in sehr begrenztem Umfang für die Verwendung in der Produktion oder Montage.

### 4.2.1.4.2 Edge-based Tracking

Ähnlich zu der bereits vorgestellten Methode des markerbasierten Trackings wird beim markerlosen Tracking das Videobild ebenfalls auf im Vorfeld definierte Merkmale überprüft. Dabei wird jedoch nicht auf extern angebrachte Marker zurückgegriffen, sondern die natürlichen Features der zu trackenden Gegenstände genutzt.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.257

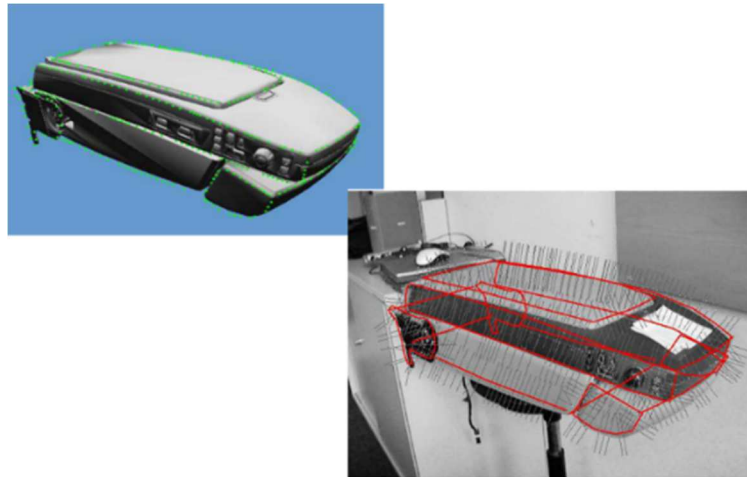
<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S. 261

### Funktionsweise<sup>1</sup>

Beim edge-based Tracking, auch model-based oder object-based Tracking genannt, wird das reale Objekt anhand seiner Form über den Vergleich der Geometrien im Bezug zu einem virtuellen Modell erkannt.

Abbildung 4-4: Edge-based Tracking<sup>2</sup>



Dazu muss für die korrekte Funktionsweise ein detailgetreues CAD-Modell mit allen sichtbaren Kanten des realen Gegenstandes, inklusive korrekter Abmessungen vorhanden sein. Darauf aufbauend werden die Konturen des Modells mittels einer Software erkannt, deren räumliche Lage und Abstände zueinander erfasst und in einer Datenbank gespeichert.

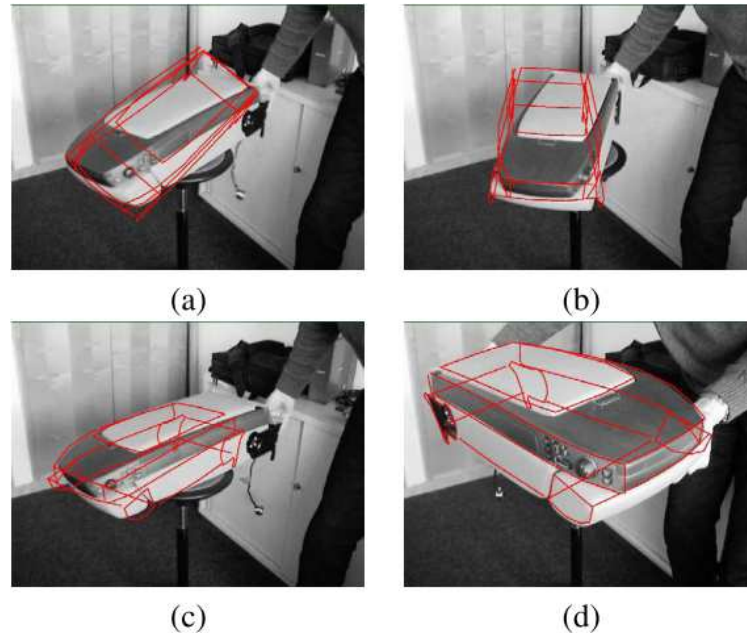
Beim anschließenden Tracking werden alle im Videobild sichtbaren Kanten erfasst und deren Länge, Lage und Orientierung zueinander errechnet. Anschließend ordnet das Augmented Reality Gerät die erkannten Daten einem der gespeicherten CAD-Modelle zu, wobei die größte Schwierigkeit in der richtigen Zuordnung der zweidimensionalen Kamerabild-Konturen zu den dreidimensionalen Kantenmodellen besteht.

Zur Erkennung der im Videobild vorhandenen Kanten werden alle benachbarten Pixel auf starke Veränderungen der Farb- und Helligkeitswerte untersucht. Kommt es dabei über geringe Distanzen zu starken Schwankungen, interpretiert die Software dies als Kantensegment, welches entlang eines gleichbleibenden Helligkeitsgradienten verlängert wird.

Nach der Erkennung der Geometrien wird in der Datenbank nach ähnlichen Modellen gesucht, wobei der generelle Größenunterschied vorerst vernachlässigt wird. Bei Übereinstimmung projiziert das Gerät die virtuellen Kontur-Modelle auf die realen Gegenstände und versucht, die Differenzen durch eine Verdrehung und Größenänderung anzupassen.

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, S.262

<sup>2</sup> Wuest, Vital, Stricker, 2005, S.66 (bearbeitet)

Abbildung 4-5: Verdrehungen beim edge-based Tracking<sup>1</sup>

### Vorteile

- Diese Art des Trackings zeichnet sich durch eine hohe Robustheit gegenüber wechselnden Beleuchtungsunterschieden aus. Dadurch kann die Methode auch bei direkter Beleuchtung oder schwachen Lichtverhältnissen eingesetzt werden.<sup>2</sup>
- Vor allem im Umfeld von Produktions- und Montagetätigkeiten ist das Anbringen von Markern nicht möglich, da Teile verdeckt oder die Gesamtfunktionalität eingeschränkt würde. Hier bewährt sich das edge-based Trackingverfahren, welches ohne Erweiterungen des zu bearbeiteten Objektes eingesetzt werden kann.<sup>3</sup>
- Außerdem ist das Tracking robust gegen Verdrehungen des Objektes. Sofern im Vorfeld alle Kanten eines Gegenstandes über das CAD-Modell definiert wurden, kann dieser aus jeder Perspektive eindeutig erfasst werden. In weiterer Folge kann der Gegenstand während der Bearbeitung verdreht werden, ohne das die Augmentierung versagt.<sup>4</sup>
- Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit nicht vollständig sichtbare Objekte zu erkennen. Ausgehend von den sichtbaren Kanten, können verdeckte oder sich nicht im Videobild befindliche Kanten anhand der sichtbaren Konturen fortgeschrieben werden.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Wuest, Vital, Stricker, 2005, S.67

<sup>2</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.260f.

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S.257

<sup>4</sup> vgl. Herling, Broll, 2011, S.260

<sup>5</sup> vgl. Choi, Christensen, 2010, S.4049

- Auch die schnelle Identifikation von Kanten<sup>1</sup> und der geringen, für das Tracking benötigten Rechenleistung<sup>2</sup> stellen große Vorteile des Verfahrens dar.

### Nachteile

- Vor der Einsatzfähigkeit der Augmented Reality Applikation sind die Erstellung eines realgetreuen CAD-Modells und die Extraktion von dessen Kontur-Modells notwendig. Während die Ableitung der Kontur mittels geeigneter Softwarepakete automatisch erfolgt, ist der Aufbau der Computermodelle aufgrund der benötigten Detailreife arbeitsintensiv.<sup>3</sup>

Gerade in Produktionsbetrieben kann die Verwendung von CAD-Modellen auch vorteilhaft sein, sofern diese durch die unternehmensinterne Entwicklung der Produkte bereits verfügbar sind. In diesem Fall können die vorliegenden Dateien ohne weitere Aufbereitung übernommen werden, wodurch ein Großteil der notwendigen Vorarbeiten entfällt und die Erstellung von Augmented Reality Applikationen in wenigen Schritten möglich ist.

- Daneben wird für die Speicherung der Kontur-Modelle mehr Speicherplatz benötigt.<sup>4</sup> Gerade bei einer Vielzahl von Objekten, die durch das Augmented Reality System gleichzeitig erkennbar sein sollen, kann dies zu Speicherplatzproblemen führen.

Aufgrund der Entwicklungen im Hardwarebereich und der damit einhergehenden Verfügbarkeit großer Datenspeicher ist dieser Nachteil nur bedingt problematisch und kann gegebenenfalls durch die Speicherung der Daten auf externen Servern umgangen werden.

- Zudem ist diese Tracking-Methode für den Einsatz bei deformierbaren Körper ungenügend, da eine veränderte Kontur ein korrektes Tracking verhindert.<sup>5</sup>
- Der größte Nachteil ist derzeit<sup>6</sup> die geringe Verfügbarkeit von Softwareprogrammen, die die Erstellung entsprechender Augmented Reality Applikationen ermöglichen. Folglich wird nur eine sehr geringe Anzahl möglicher Anwendungsszenarien unterstützt, was dem umfassenden Einsatz für industrielle Anwendungen enge Grenzen setzt.
- Ein letzter großer Nachteil ist das Versagen der Technik beim Fehlen starker Konturen. Beispielsweise ist das Tracking eines Autos aufgrund seiner abgerundeten Kanten nur schwer möglich, wodurch bei schlechten Lichtverhältnissen keine stabile Lösung erzielt werden kann.<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.261

<sup>2</sup> vgl. Herling, Broll, 2011, S.261

<sup>3</sup> vgl. ebenda

<sup>4</sup> vgl. ebenda

<sup>5</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.52

<sup>6</sup> Oktober 2015

<sup>7</sup> vgl. Carmigniani, Furht, Anisetti, Ceravolo, Damiani, Ivkovic, 2010, S.346

### 4.2.1.4.3 Feature-based Tracking

Das Feature-based Tracking stellt eine Erweiterung des edge-based Trackings dar, wobei neben den geometrischen Gegebenheiten der Objekte auch auffällige Punkte zur Identifizierung genutzt werden. Diese sogenannten Feature-Points können Ecken, Kanten, Farb- oder Kontrastunterschiede sein.<sup>1</sup>

Abbildung 4-6: Feature-based Tracking<sup>2</sup>



Durch die Verwendung von Farb- und Kontrastunterschieden für das Tracking kann bei dieser Methode nicht auf CAD-Modelle zurückgegriffen werden, da zu große Unterschiede zwischen den Modellen und den realen Gegebenheiten bestehen würden. Stattdessen wird ein vorhandenes reales Objekt mittels einer Kamera aufgenommen und die markanten Punkte ausgelesen. Diese werden anschließend mit den dazugehörigen Eigenschaften und deren relativen Abständen zueinander gespeichert. Vor der Verwendung muss das eingescannte Bild noch mit virtuellen Inhalten erweitert und zurück auf das Augmented Reality System übertragen werden.<sup>3</sup>

Bei der anschließenden Verwendung der Applikation werden aus dem erfassten Videobild alle Feature Points ausgelesen und bezüglich ihrer Geometrie und ihren Eigenschaften mit den gespeicherten Punkten abgeglichen. Kommt es zu einer Übereinstimmung, gilt das Muster als erkannt und wird mit den virtuellen Inhalten augmentiert.<sup>4</sup>

#### Vor- und Nachteile

Aufgrund der Ähnlichkeit der Methode zum edge-based Tracking ergeben sich beinahe idente Vor- und Nachteile. Darüber hinaus müssen die zu trackenden Objekte jedoch bereits im Vorfeld physisch vorhanden sein, was bei der Verwendung mit Prototypen oder Kleinstserien prob-

<sup>1</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.51f.

<sup>2</sup> Herling, Broll, 2011, S.259

<sup>3</sup> vgl. Qualcomm Vuforia, 2015

<sup>4</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.51f.



lematisch ist. Auch ist die starke Abhängigkeit von der Beleuchtungssituation als Nachteil anzusehen. Dem entgegen steht die nur punktweise Erfassung von Auffälligkeiten, was zu einer geringeren Rechenleistung und damit einer erhöhten Gesamtleistungsfähigkeit führt.<sup>1</sup>

#### 4.2.1.5 Registrierung

Wie bereits in der Kurzübersicht über die Funktionsweise von Augmented Reality erwähnt, dient die Registrierung der Anpassung der virtuellen Inhalte an die reale Umgebung. Dabei wird zwischen der geometrischen Registrierung, bei welcher es zu einer perspektivischen Angleichung kommt, und der photometrischen Registrierung, bei welcher die Beleuchtung der virtuellen Inhalte an die realen Gegebenheiten angepasst wird unterschieden.<sup>2</sup>

##### 4.2.1.5.1 Geometrische Registrierung

Auf Grundlage der beim Tracking ermittelten Transformationsmatrix wird die Größe und Orientierung der virtuellen Inhalte an die realen Objekte angepasst. Dieser Vorgang wird für eine möglichst große Zahl der aufgenommenen Videobilder wiederholt, wobei dies im Optimum für jedes Bild erfolgt. Ziel ist die Einblendung scheinbar positionsfester Gegenstände unabhängig von der Position des Betrachters.<sup>3</sup>

##### 4.2.1.5.2 Photometrische Registrierung

Im Gegensatz dazu stellt die photometrische Registrierung keine Grundvoraussetzung für die Nutzung von Augmented Reality dar und wird aufgrund der benötigten Rechenleistung nur vereinzelt verwendet.<sup>4</sup>

Für eine erfolgreiche photometrische Registrierung ist das Erfassen der Beleuchtungssituation notwendig. Dazu werden die vorhandenen Lichtquellen, deren Helligkeit und deren Lage im Raum über die Ermittlung der Helligkeitsunterschiede berechnet. Anschließend werden die virtuellen Inhalte angepasst und die Reflektion der virtuellen Gegenstände auf die reale Umgebung berücksichtigt.<sup>5</sup>

#### 4.2.1.6 Darstellung und Ausgabe

Im Zuge der Darstellung erfolgt die Anreicherung der Videobilder mit den virtuellen Inhalten, wodurch die eigentliche Augmentierung erfolgt.<sup>6</sup> Danach werden die erstellten augmentierten

---

<sup>1</sup> vgl. Herling, Broll, 2011, S.261ff.

<sup>2</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.264

<sup>3</sup> vgl. ebenda, 2013, S.264

<sup>4</sup> vgl. ebenda, S.268ff.

<sup>5</sup> vgl. ebenda

<sup>6</sup> vgl. ebenda

Bilder mittels optischer Überlagerung oder eines Displays dem Beobachter angezeigt, wobei bei der optischen Überlagerung diese beiden Prozessschritte in einem erfolgen und nicht mehr zu unterscheiden sind<sup>1</sup>.

## 4.2.2 Methoden der Anzeige

### Virtual-See-Through-Datenbrillen

Bei der Verwendung von Virtual-See-Through-Datenbrillen nimmt der Beobachter sowohl die realen, als auch die virtuellen Inhalte mittels in der Brille verbauter Displays wahr.<sup>2</sup> Kommt es zu einem Ausfall des Systems, erhält der Benutzer folglich keine Informationen über seine Umgebung mehr, was in Bezug auf seine Sicherheit schwerwiegende Auswirkungen haben kann. Da im Bereich schnell bewegender Objekte oder bei der Manipulation schwerer Objekte das Abnehmen der Brille oftmals nicht sofort möglich ist, können in weiterer Folge nicht tolerierbare Gefahrensituationen entstehen.

Aufgrund dieses Nachteils sind derzeit nur wenige Anbieter am Markt vertreten, die diese Technologie verwenden. Der bekannteste ist dabei Vuzix mit dem Modell Wrap 1200DXAR<sup>3</sup>.

*Abbildung 4-7: Vuzix Video-See-Through-Datenbrille<sup>4</sup>*



### Optical-See-Through-Datenbrillen

Optical-See-Through-Datenbrillen überlagern die reale Umgebung mit virtuellen Inhalten, wobei diese meist von der Seite auf die Gläser der Brille projiziert werden, sodass der Benutzer die virtuellen und die realen Inhalte gleichzeitig fokussieren kann. Dabei steht nur ein abgegrenzter Bereich in der Mitte des Sichtfeldes für die Projizierung zur Verfügung, dessen Größe und Positionierung zwischen den unterschiedlichen Herstellern variiert.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.242ff.

<sup>2</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.22

<sup>3</sup> vgl. Vuzix, 2015b

<sup>4</sup> Vuzix, 2015a

<sup>5</sup> vgl. Epson, 2015; Optinvent,2015; Osterhoutgroup, 2015

Durch ihre Bauweise bieten Optical-See-Through-Datenbrillen die Möglichkeit, reale Objekte ohne Zeitverzögerung wahrzunehmen. Außerdem werden diese bei Problemen oder dem Ausfall des Systems zu einer normalen Brille ohne Sehstärke, was sich positiv auf die Sicherheit auswirkt. Aufgrund dieser Vorteile basieren die meisten am Markt vorhandenen Datenbrillen auf dieser Technologie.<sup>1</sup>

Abbildung 4-8: Epson Digital-See-Through-Datenbrille<sup>2</sup>



### Mini-LCD-Datenbrillen

Mini-LCD-Datenbrillen bringen ein kleines Display in das Sichtfeld des Anwenders, auf welchem die Informationen angezeigt werden. Der Benutzer kann dabei entweder die Umgebung oder den LCD-Screen fokussieren, wodurch eine perspektivische Überlagerung nicht möglich ist. Da das Display nur eine geringe Größe besitzt, wird das Blickfeld nicht merklich eingeschränkt, jedoch ist damit auch die Größe und Detailliertheit der Informationen stark beschränkt.

Das Gerät wird bei der Verwendung entweder an einer normalen Brille oder direkt am Benutzer befestigt und das Display über einen Stab in das Blickfeld des Anwenders gebracht. Durch die Möglichkeit der Anbringung an beliebige Brillen, werden Träger optischer Brillen bei der Verwendung von diesen Datenbrillen nicht zur Verwendung von Kontaktlinsen oder Spezialanfertigung benötigt.

Das bekannteste, derzeit am Markt befindliche System ist die M100 von Vuzix.<sup>3</sup>

Abbildung 4-9: Vuzix Datenbrille<sup>4</sup>



<sup>1</sup> vgl. Epson, 2015; Optinvent, 2015; Osterhoutgroup, 2015

<sup>2</sup> Epson, 2015

<sup>3</sup> vgl. Vuzix, 2015b

<sup>4</sup> ebenda

---

Abbildung 4-10: Vuzix Datenbrille inklusive Befestigung<sup>1</sup>

---



---

### 4.2.3 Methoden der Verbindung und Berechnung

#### Interne Berechnung ohne Verbindung

Im Zuge der vollständigen internen Berechnung werden sämtliche Berechnungen von der Datenbrille ausgeführt, wodurch keine zusätzlichen Systeme für die Informationsbereitstellung benötigt werden. Da in diesem Fall Datenverbindungen wie WLAN oder Bluetooth fehlen, ist es notwendig, alle für den Betrieb benötigten Informationen bereits im Vorfeld auf die Datenbrille zu überspielen. Dadurch ist einerseits ein größerer interner Speicher notwendig, andererseits können die vorhandenen Daten nicht ohne die Unterbrechung der Tätigkeiten verändert oder aktualisiert werden. Deshalb eignen sich entsprechende Systeme nur für das Anzeigen von unveränderlichen Anleitungen. Da diese Geräte bei der Bereitstellung aktueller Informationen versagen, wird diese Technologie nicht mehr eingesetzt.

#### Externe Berechnung am Smartphone

Die derzeit gebräuchlichste Methode stellt die Unterstützung durch ein Smartphone dar, wobei die Datenbrille und das Telefon mittels einer kabellosen Datenverbindung wie Bluetooth dauerhaft miteinander verbunden werden. Dies bietet den Vorteil, dass entsprechende Systeme sowohl für die Informationsbereitstellung, als auch für die Anzeige von passiven und interaktiven Anleitungen<sup>2</sup> eingesetzt werden kann.

Durch die dauerhafte Datenverbindung und den situationsbezogenen Abruf von Informationen ist es möglich, Daten zu verändern, ohne dass der Benutzer dies bemerkt oder dafür seine Arbeit unterbrechen muss. Dies bietet den Vorteil, dass die serverseitigen Daten ständig aktuell gehalten werden können.

Daneben kann die zeit- und ressourcenaufwendige Berechnung vom Mobiltelefon ausgeführt werden, welches im Normalfall leistungsstärkere Komponenten als die Datenbrille beinhaltet. Gleichzeitig wird die interne Batterie der Brille schwächer belastet.

---

<sup>1</sup> Vuzix, 2015b

<sup>2</sup> vgl. Qualcomm Vuforia Developer, 2015

Es ist jedoch erforderlich, alle Informationen an das Telefon zu senden, was zeitaufwändig ist und folglich den Vorteil der schnelleren Berechnung wieder ausgleicht. Außerdem ergibt sich mit einer dauerhaft bestehenden Datenverbindung ein erhöhter Stromverbrauch, wodurch der Vorteil einer verminderten Batteriebelastung ebenfalls abgeschwächt wird.

Um diesen Nachteilen entgegen zu wirken, ist die Verbindung in fixen Zeitintervallen möglich. Anstatt eine durchgehende Datenverbindung aufrecht zu erhalten, sendet die Datenbrille in festgelegten Zeitabständen alle Informationen an das Smartphone, welches die weitere Verarbeitung übernimmt. Gleichzeitig werden die verarbeiteten Daten des vorherigen Sendefensters an die Brille zurückübermittelt und gegebenenfalls zusätzliche, für den Anwender bestimmte Informationen.

### Berechnung durch einen externen Prozessor

Die durchgängige WLAN-Funktionalität von Datenbrillen ermöglicht die Herstellung einer direkten Datenverbindung mit einem Computer oder einem Server, welcher die Berechnungen ausgehend von standardisierten Anfragen der Brille übernehmen kann.

Da die derzeit<sup>1</sup> am Markt erhältlichen Datenbrillen vorrangig für den Konsumenten-Bereich ausgelegt sind<sup>2</sup>, gibt es jedoch keine entsprechenden Systeme. Um die Berechnungen von einem Server ausführen zu können, ist daher das Zwischenschalten eines Smartphones, welches den Kontakt zwischen Brille und Server regelt, derzeit unerlässlich.

## 4.2.4 Vor- und Nachteile von Datenbrillen

Nachfolgend kommt es zu einer Gegenüberstellung der wichtigsten Vor- und Nachteile, welche bei der Entscheidung für oder gegen den Einsatz von Datenbrillen im industriellen Umfeld zu beachten sind.

### Vorteile

- Datenbrillen erlauben die perspektivisch korrekte Überlagerung der Realität mit den virtuellen Inhalten unabhängig von der Position oder Blickrichtung des Benutzers.<sup>3</sup>
- Der Anwender erhält alle benötigten Informationen direkt in sein Blickfeld projiziert und kann sich auf die Erledigung seiner Tätigkeiten konzentrieren, ohne für die Informationserfassung zusätzliche Bewegungen ausführen zu müssen.<sup>4</sup>

Gerade das Erlernen neuer Arbeitsschritte oder Ausführung komplexer Montagetätigkeiten ist die wiederholte Informationsbeschaffung über Produktions- oder Montageanleitungen ein stark zeitverzögernder Faktor. Daneben kommt es oftmals zwischen der Informationsbeschaffung und deren Anwendung zu Informationsverlusten seitens des Werkers, wodurch

---

<sup>1</sup> Oktober 2015

<sup>2</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.127ff.

<sup>3</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.245ff.

<sup>4</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.23ff.

es insgesamt zu einer stark erhöhten Dauer der Tätigkeit kommt. Durch den Einsatz von Datenbrillen ist es jedoch möglich, die Zeitverzögerung durch das Sichten der Produktions- oder Montageanleitung zu verringern und einen Informationsverlust gänzlich zu verhindern, was sich positiv auf die Bearbeitungs- oder Montagezeit auswirkt und die Wirtschaftlichkeit der Tätigkeiten erhöht.

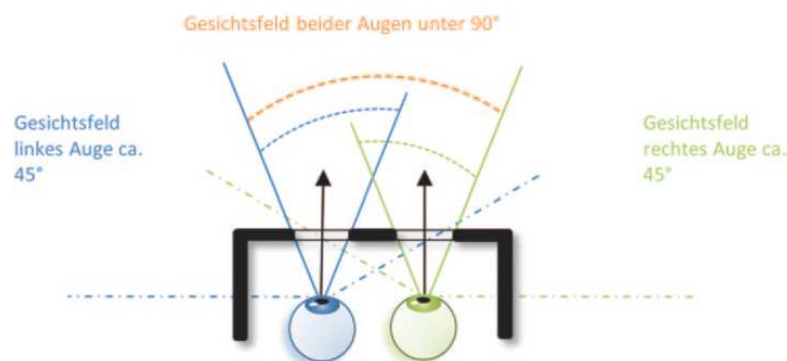
- Durch den Einsatz von Brillen sind beide Hände des Benutzers frei, sodass diese ohne Einschränkung eingesetzt werden können.

Für eine Vielzahl von Bearbeitungsschritten ist die Verwendung beider Hände notwendig, wodurch der Einsatz entsprechend ausgelegter Informationssysteme erforderlich wird. Da sich Datenbrillen am Kopf des Werkers befinden, wird dieser nicht in seinen Tätigkeiten behindert.

### Nachteile

- Ein großer Nachteil bei der Verwendung von Datenbrillen ist die Einschränkung der peripheren Sicht des Benutzers. Da das Gehäuse die gesamte Hardware enthält, ist dieses im Vergleich zu normalen Brillen größer ausgeführt, wobei vor allem das seitliche Sichtfeld stark eingeschränkt ist.<sup>1</sup>

Abbildung 4-11: Einschränkung des peripheren Sichtfeldes<sup>2</sup>



- Daneben muss der Mitarbeiter das zusätzliche Gewicht durch die Datenbrille ausgleichen, was bei längerer Verwendung zu körperlichen Beeinträchtigungen führen kann.

Gerade im industriellen Umfeld mit acht Stunden-Arbeitstagen und dementsprechend langen Tragedauern kann sich die zusätzliche Belastung spürbar auswirken. Dementsprechend sind regelmäßige Pausen empfehlenswert, wobei jedoch keine Studien über die Auswirkungen von längeren Tragedauern existieren.<sup>3</sup>

- Außerdem ist die Eingabe von Informationen mittels Datenbrillen nur schwer möglich, da

<sup>1</sup> vgl. Dörner, Broll, Grimm, Jung, 2013, S.278f.

<sup>2</sup> ebenda, S.278

<sup>3</sup> Oktober 2015

diese vorrangig für die Anzeige konzipiert sind. Folglich ist die Rückgabe umfangreicher Informationen durch den Mitarbeiter nicht möglich.

- Schließlich kann auch der Anschaffungspreis einer Datenbrille als Nachteil dieser Technologie angesehen werden, welcher deutlich über jenem anderer Systeme liegt.<sup>1</sup>

#### 4.2.5 Übersicht über derzeit erhältliche Datenbrillen

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Eigenschaften<sup>2</sup> der bekanntesten, derzeit am Markt erhältlichen Datenbrillen, welche sich für den Einsatz im industriellen Umfeld eignen.

Wie ersichtlich wird, besitzen alle Datenbrillen Bluetooth und sind meist nur mit dem Betriebssystem Android kompatibel, wodurch sich Einschränkungen bei der Auswahl gekoppelter Mobiltelefone ergeben. Positiv ist, dass die notwendigen Applikationen nur einmal erstellt werden müssen und anschließend mit jedem Android-Handy und jeder verfügbaren Datenbrille eingesetzt werden können. Das Modell M100 von Vuzix bietet daneben auch die Möglichkeit des Einsatzes der Brille in Verbindung mit dem Betriebssystem iOS.

Neben diesen Datenbrillen wird derzeit eine Vielzahl weiterer Modelle anderer Hersteller entwickelt, die in den Jahren 2015 und 2016 auf den Markt kommen sollten. Beispielsweise seien hier die Modelle HoloLens von Microsoft<sup>3</sup>, SmartEyeglass von Sony<sup>4</sup>, Jims Meme Glass von Jims Meme<sup>5</sup>, Shima von LaForge Optical<sup>6</sup>, Spaceglass von Meta<sup>7</sup>, und Glass Up von Si14<sup>8</sup> genannt.

---

<sup>1</sup> vgl. Epson, 2015; Optinvent, 2015; Osterhoutgroup, 2015, Vuzix 2015b

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> Microsoft, 2015

<sup>4</sup> Sony, 2015

<sup>5</sup> Jims Meme, 2015

<sup>6</sup> LaForge Optical, 2015

<sup>7</sup> Meta, 2015

<sup>8</sup> Si14, 2015

Tabelle 4-1: Datenbrillen (Auswahl)

Marke	Modell	Betriebssystem & Kompatibilität	WLAN	Blue-tooth	andere Verbindungen	CPU	Speicher (intern + Erweiterung)	Gewicht (Eigengewicht + Zusatzmodule)	Preis
Epson	Moverio BT-200	Android	ja	3.0	micro-USB 2.0	1,2 GHz	8 GB + 32 GB	88g + 124g	€ 700
Osterhout Desing Group	R-7	Android	ja	4.1	-	2,5 GHz	64 GB	56g	€ 2500
Optinvent	Ora	Android	ja	4.0	-	1,2 GHz	5 GB	80g	€ 700
Vuzix	M100	Android iOS	ja	3.0	micro-USB 2.0	1,2 GHz	4 GB + 32 GB	nicht durch den Verkäufer angegeben	€ 900



Da sich die Datenbrillen hauptsächlich durch ihre Hardware, ihr Design und ihren Preis unterscheiden, hängt die Auswahl der am besten geeigneten Brille stark vom Anwendungsfall ab, weshalb an dieser Stelle keine Empfehlung abgegeben wird.

Lediglich das Modelle Moverio BT-200 von Epson unterscheidet sich stark von den anderen Datenbrillen, da dieses durch ein fest montiertes Kabel mit einem Zusatzgerät verbunden ist, welches unterstützend wirkt. Dies bietet den Vorteil, schwere Komponenten an einer für den Benutzer unempfindlichen Stelle befestigen und gleichzeitig einen größeren Akku verbauen zu können. Jedoch kann die Kabelverbindung bei Bewegungen störend oder hinderlich sein und folglich den Tragekomfort einschränken.

Abbildung 4-12: Moverio BT-200 mit Kabelverbindung zu externen Komponenten<sup>1</sup>



### 4.3 Mobile Systeme

Bei mobilen Systemen handelt es sich um portable Geräte, deren Position flexibel verändert werden und die der Benutzer bei der Verwendung in einer Hand halten kann, was diesem eine hohe Mobilität bei der Verwendung ermöglicht. Die bekanntesten Systeme sind dabei Smartphones, Tablets und Notebooks, wobei alle mobilen Geräte mit eingebauter Datenverbindung als hand-held Informationsbereitstellungssysteme verwendet werden können.<sup>2</sup>

Die Systeme unterscheiden sich von Datenbrillen hauptsächlich durch die Art der Anzeige. Anstatt des direkten Einblendens der Informationen in das Sichtfeld, werden diese auf dem Bildschirm des Gerätes angezeigt. Der Werker muss daher auf diesen blicken um die Inhalte wahrnehmen zu können.

In diesem Zusammenhang spielen Industrieausführungen der Hardwaresysteme eine wesentliche Rolle. Gerade in produzierenden Unternehmen kommt es zu einer erhöhten Staubbela-

<sup>1</sup> Epson, 2015

<sup>2</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.28f.

tung und vermehrten Erschütterungen, welche die Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigen dürfen. Wichtig ist daher, die zukünftige Arbeitsumgebung in die Kaufentscheidung miteinzubeziehen.

### Vorteile

- Vorteilhaft bei der Verwendung von mobilen Systemen ist die geringe Größe der Geräte. Werden diese für die Erledigung der arbeitsbezogenen Tätigkeiten nicht benötigt, können sie verwahrt und bei Bedarf wieder eingesetzt werden.<sup>1</sup> Daneben können sie bei der Arbeit mitgeführt werden und den Werker automatisch über den Empfang relevanter Informationen mittels Vibration oder akustischer Signale informieren.
- Daneben ist das gleichzeitige Erfassen der Informationen durch mehrere Personen mittels eines Gerätes möglich, was die Verwendung entsprechender Systeme im Zuge von Schulungen erleichtert. Außerdem muss nicht für jeden Mitarbeiter ein eigenes Gerät angeschafft werden, da sich mehrere ein Display teilen oder dieses untereinander austauschen können.
- Die erhöhte Rechenleistung gegenüber Datenbrillen ist ebenfalls als Vorteil anzusehen, da die internen Berechnungen schneller ausgeführt werden können. Gerade bei aufwendigeren Trackingverfahren interaktiver Arbeitsanleitungen, wie sie im industriellen Umfeld benötigt werden, ist eine erhöhte Rechenleistung von entscheidender Bedeutung für die flüssige Einblendung der virtuellen Objekte.<sup>2</sup>
- Der größte Vorteil ist deren weite Verbreitung. Nahezu jeder besitzt ein entsprechendes Gerät, wodurch für dessen Einsatz als Informationsbereitstellungssystem lediglich eine Installation einer angepassten Software-Applikationen benötigt wird.<sup>3</sup> Durch die Standardisierung der Softwareerweiterungen als „Apps“, die über eine zentrale Plattform heruntergeladen und installiert werden können, sind die Geräte bei vorhandener Software innerhalb weniger Minuten einsatzbereit ohne dass Investitionskosten entstehen.

### Nachteile

- Aufgrund der Darstellung der Inhalte auf frei beweglichen Displays kann die perspektivisch korrekte Ausgabe der virtuellen Inhalte nur in Bezug auf das Display erfolgen.<sup>4</sup> Der Benutzer muss anschließend selbstständig seine Lage zum Bildschirm und zu den angezeigten Inhalten schätzen. Dabei kann die Schätzung bei Betrachtung aus einem großen Winkel schwierig sein und zu Unklarheiten führen.
- Daneben wirkt sich das kleine Display von Smartphones negativ auf die Verständlichkeit der Informationen aus.<sup>5</sup> Gerade im industriellen Umfeld, in welchem komplexe Teile oftmals in geringerer Größe bearbeitet oder montiert werden, ist eine hohe Auflösung wichtig. Da es hier zu Verwechslungen kommen kann, stellt der Einsatz kleiner Systeme unter Umständen

---

<sup>1</sup> vgl. Carmigniani, Furht, Anisetti, Ceravolo, Damiani, Ivkovic, 2010, S.347

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> vgl. Tönnis, 2010, S.28f.

<sup>4</sup> vgl. ebenda

<sup>5</sup> vgl. Carmigniani, Furht, Anisetti, Ceravolo, Damiani, Ivkovic, 2010, S.347

keine zufriedenstellende Lösung dar.

- Außerdem müssen die entsprechenden Geräte beim Fehlen geeigneter Abstellplätze mit zumindest einer Hand gehalten werden, wodurch diese für die Bearbeitung der Produkte nicht mehr zur Verfügung steht. Da oftmals jedoch beide Hände für die Erledigung der Arbeitsschritte notwendig sind, behindern diese Systeme in solchen Fällen den Mitarbeiter.

## 4.4 Stationäre Systeme

Stationäre Systeme bezeichnen am Arbeitsplatz angebrachte Displays oder Personal Computer, mit welchen der Werker durch Berührung interagieren kann, wobei diese vorrangig für die Informationsbereitstellung und -aufnahme konzipiert sind. Die bekanntesten Vertreter sind dabei Bedienterminals von Maschinen- oder Betriebsmittelerfassungssystemen.<sup>1</sup>

### Vorteile<sup>2</sup>

- Durch die Anbringung eines fest verbauten Bildschirms können größere Displaygrößen verbaut werden, was sich vorteilhaft auf die Übersichtlichkeit und die Erkennlichkeit der Ausgabe auswirkt.
- Zusätzlich muss der Mitarbeiter das Systems nicht halten oder an seinem Körper befestigen, wodurch er nicht in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt wird und sich ganz auf seine Tätigkeiten konzentrieren kann.

### Nachteile<sup>3</sup>

- Fest verbaute Bildschirme lassen nur schwer schnelle Änderung der baulichen Gegebenheiten zu, wodurch das System nicht flexibel an mehreren Stationen verwendet werden kann. Stattdessen muss das System für jeden Arbeitsplatz extra eingerichtet werden und dort verbleiben.
- Da für jeden Arbeitsplatz ein eigener Bildschirm benötigt wird, ergeben sich anfänglich erhöhte Investitionskosten. Daneben muss das System zusätzlich an einen Zentralrechner angeschlossen werden, was weitere Kosten für Anschaffung und Integration verursacht.

---

<sup>1</sup> vgl. Herling, Broll, 2011, S.11

<sup>2</sup> vgl. ebenda, S.13

<sup>3</sup> vgl. ebenda, S.13

## 4.5 Gegenüberstellung der Systeme

### 4.5.1 Gegenüberstellung hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit im industriellen Umfeld

Die nachfolgende Bewertung erfolgt vorrangig auf Grundlage des Vergleichs der Bedienbarkeit der Assistenzsysteme im Zuge des Einsatzes in der Produktion, Montage und Wartung.

Die meisten Datenbrillen bieten in diesem Zusammenhang den Vorteil einer berührlosen Bedienbarkeit. Die eingebaute Kamera und andere Sensoren registrieren die Bewegungen des Werkers und erkennen vordefinierte Bewegungsmuster. Damit kann beispielsweise durch eine wischende Bewegung vor dem Gesicht oder seitlich an der Datenbrille entlang zwischen einzelnen Arbeitsschritten umgeschaltet werden. Dies bietet den Vorteil, dass das Gerät auch mit Sicherheitsbekleidung bedient werden kann. Jedoch ist das System bei der Verwendung den Schmutz- und Staubpartikeln ohne die Möglichkeit der Anbringung einer Schutzhülle ausgesetzt.

Hand-held Displays und raumfixierte Displays werden hingegen durch Berührung bedient. Während die Interaktion bei raumfixierten Displays teilweise mit Schutzhandschuhen möglich ist, können hand-held Displays damit nicht bedient werden. Dieser Nachteil kann jedoch mittels eines Eingabestiftes umgangen werden. Daneben bieten diese Systeme den Vorteil, vor Staub- und Schmutzpartikeln durch Schutzhüllen geschützt werden zu können.

Laptops und Notebooks werden mittels einer Tastatur und einer Maus oder einem Touchpad bedient. Während die Tastatur und die Maus mit Schutzkleidung bedient werden kann, erfordert die Verwendung des Touchpads ebenfalls einen Eingabestift. Wie auch hand-held Displays oder raumfixierte Displays können diese Systeme mittels Schutzhüllen geschützt werden.

### 4.5.2 Bewertung der Systeme für den Einsatz im industriellen Umfeld

In Anbetracht der oben genannten Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme eignen sich Datenbrillen und hand-held Geräte besonders für den Einsatz in industriellen Betrieben.

Datenbrillen zeichnen sich dabei durch die Vorteile einer perspektivisch korrekten Überlagerung interaktiver Arbeitsanleitungen, freien Händen bei der Verwendung und einer großen Bewegungsfreiheit des Benutzers aus. Jedoch wirken sich der hohe Anschaffungspreis und die fehlende Möglichkeit einer Informationsrückgabe durch den Mitarbeiter negativ aus.

Hand-held Displays zeichnen sich dagegen durch ihre flexiblen Einsatzmöglichkeiten, ihren geringen Anschaffungspreis und eine hohe Verbreitung aus, wodurch die anfänglichen Investitionskosten gering gehalten werden. Dafür wird während der Verwendung eine Hand durch das Halten des Gerätes behindert, wodurch der Mitarbeiter stark in seiner Leistungsfähigkeit eingeschränkt wird.

Welches der Systeme sich besser eignet hängt von der jeweiligen Situation ab. Während sich hand-held Geräte besser für den Einsatz im Zusammenhang mit der passiven und aktiven Informationsbereitstellung sowie passiven Arbeitsanleitungen eignen, ist der Einsatz von Datenbrillen bei der Verwendung interaktiver Arbeitsanleitungen zu bevorzugen, da sich diese vor allem bei komplexen Aufgaben ohne notwendige Informationsrückgabe besser eignen.

Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Systeme

		Erfüllungsgrad		
		Datenbrillen	Mobile Systeme	Stationäre Systeme
<b>Kriterium</b>	<b>Bedienbarkeit</b>			
	<b>berührlos</b>	teilweise	nein	nein
	<b>mit den Händen</b>	teilweise	ja	ja
	<b>mit Handschuhen</b>	teilweise	nein	teilweise
	<b>Darstellung der Inhalte</b>			
	<b>Lesbarkeit</b>	mittel <i>von Hintergrund abhängig</i>	gut	gut
	<b>Übersichtlichkeit</b>	schlecht <i>nur kleine Inhaltsmengen darstellbar</i>	gut	gut
	<b>Interaktivität</b>	ja	teilweise	teilweise
	<b>Einschränkungen bei der Benützung</b>			
	<b>Hände</b>	Behinderung einer Hand während der Bedienung	Behinderung beider Hände während der Bedienung	Behinderung beider Hände während der Bedienung
	<b>Sichtfeld</b>	minimal	nein	nein
	<b>Bewegungsfreiheit</b>	nein	nein	ja
	<b>Sonstige Kriterien</b>			
<b>Gewicht</b>	leicht	leicht	schwer	

<b>Gewichtverteilung</b>	ungünstig <i>am Kopf angebracht</i>	unproblematisch	unproblematisch
<b>System portabel</b>	ja	ja	nein
<b>Vorkenntnisse der Werker</b>	nein	ja	teilweise
<b>Anschaffungspreis</b>	hoch	mittel	mittel - hoch

## 5 Informationsbereitstellungsprozesse

Im Zuge ihrer unternehmensbezogenen Tätigkeiten benötigen Werker unterschiedlichste Informationen, welche diesen über die in Kapitel 4 vorgestellten Informationssysteme zur Verfügung gestellt werden können. Der Begriff „Information“ ist in diesem Zusammenhang weiter gefasst und beinhaltet das gesamte Wissen und alle zusätzlichen Benachrichtigungen, die für die Erledigung der Arbeitsaufgaben notwendig sind.

In weiterer Folge wird zwischen der passiven Informationsbereitstellung, der aktiven Informationsbereitstellung, passiven Arbeitsanleitungen und interaktiven Arbeitsanleitungen unterschieden, wobei sämtliche Prozesse auf der Bereitstellung der Daten mittels elektronischer Systeme beruhen. Im Gegensatz zu der noch immer üblichen Praxis, die für die Produktion, Montage und Wartung notwendigen Informationen mittels ausgedruckter Dokumente zur Verfügung zu stellen, bietet der Einsatz entsprechender Geräte den Vorteil interaktiver Interaktionsmöglichkeiten. Folglich bleibt der Werker nicht auf die Aufnahme der vorhandenen Informationen beschränkt, sondern kann beispielsweise aktiv zusätzliche Informationen anfordern oder generiertes Wissen zurückgeben, wodurch es zu einer Verbesserung der Informationsbereitstellung und -aufnahme, sowie zu einer Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit kommt. Der Grad der möglichen Interaktivität hängt dabei stark vom verwendeten System und dem zur Anwendung kommenden Informationsbereitstellungsprozess ab.

Im Zuge der passiven Informationsbereitstellung erhalten Werker benötigte oder zusätzliche Informationen, wobei sich der Umfang der Mitteilung auf ein Mindestmaß beschränkt. Dabei werden die Nachrichten automatisch durch das Assistenzsystem zur Verfügung gestellt. Als Beispiel sei hier die Mitteilung über einen Maschinenausfall an das Instandhaltungsteam genannt. Benötigt man zusätzliche Informationen, müssen diese anschließend vom Werker angefragt werden. Die aktive Informationsbereitstellung hingegen bezeichnet Informationen, welche aktiv von den Arbeitern angefordert werden. Folglich sind Situationen, in denen ein Werker über einen Zustand informiert wird und anschließend genauere Informationen abfragt, aufeinanderfolgende Prozesse der passiven und aktiven Informationsbereitstellung.

Arbeitsanleitungen hingegen sind ausführliche Beschreibungen, welche sämtliche, für die richtige und vollständige Ausführung aller Tätigkeiten benötigten Informationen enthalten und vom Assistenzsystem abgefragt werden können. Dementsprechend sind deren Inhalte hauptsächlich für die Werker in der Produktion, Montage und Wartung interessant. Bei passiven Anleitungen handelt es sich um objektbezogene Informationen, die eine Handlung an diesen auslösen sollen. Interaktive Anleitungen liefern ebenfalls objektbezogene Informationen, wobei die Gegenstände mittels Augmented Reality selbst in die Informationsbereitstellung miteinbezogen werden.

Die vorliegenden Prozesse skizzieren dabei idealisierte Sollzustände, in denen die Werker mit den in Kapitel 4 vorgestellten Smart Devices ausgestattet sind. Folglich sind die Abläufe auf die

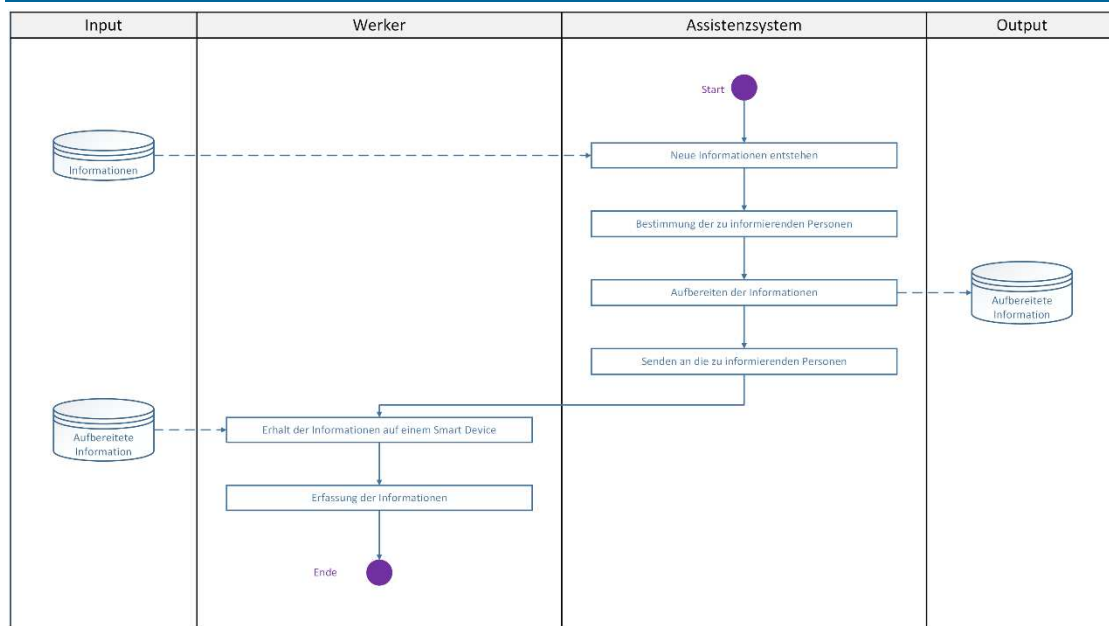
Versorgung der Arbeiter mit den richtigen Informationen zum benötigten Zeitpunkt durch informationstechnologische Systeme ausgerichtet.

### 5.1 Passive Informationsbereitstellung

Passiv erhaltene Informationen bezeichnen Benachrichtigungen, die den Werkern automatisiert vom Assistenzsystem zur Verfügung gestellt werden. In diesem Zusammenhang wird zwischen Mitteilungen, welche im normalen Arbeitsprozess entstehen, und solchen, die unerwartet auftreten unterschieden, wobei sich die allgemeine Vorgehensweise von der Entstehung der Nachricht bis zur Erfassung durch die Mitarbeiter nicht unterscheidet.

- Als im normalen Arbeitsprozess entstehende Benachrichtigungen werden Informationen verstanden, die als Folge von geplanten Ereignissen entstehen. Als Beispiel sei hier die Benachrichtigung des Monteurs über die Lieferung eines benötigten Bauteils genannt.
- Spontan auftretende Nachrichten sind hingegen das Ergebnis von unerwarteten Ereignissen wie beispielsweise dem Ausfall einer Maschine.

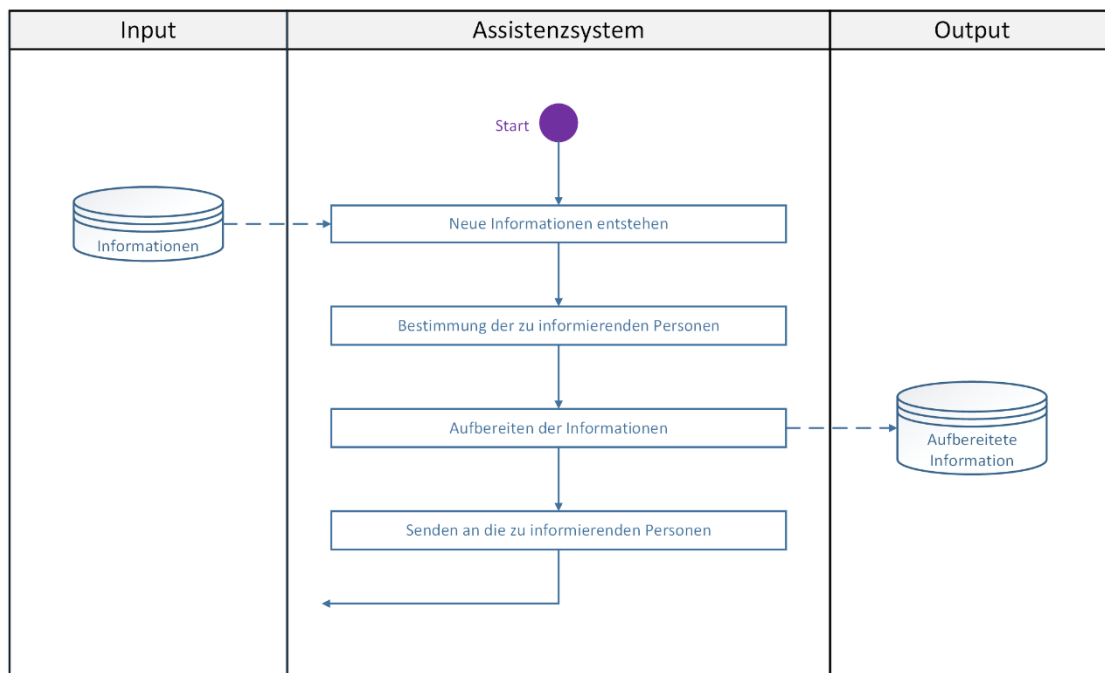
Abbildung 5-1: Passive Informationsbereitstellung – Übersicht





### 5.1.1 Schritt 1: Serverseitige Informationsbereitstellung

Abbildung 5-2: Passive Informationsbereitstellung – Serverseitige Informationsbereitstellung



Der Aufbereitungsprozess der passiven Informationsbereitstellung ist stark von der Art der Nachricht abhängig, wodurch sowohl die Inhalte, als auch die zu informieren Personen in Abhängigkeit von der Situation stark variieren.

Außerdem ergeben sich aufgrund der Vielfalt möglicher Inhalte, die übermittelt werden können, unterschiedlichste Informationsquellen. Die Gebräuchlichsten sind dabei das Enterprise Resource Planning und das Manufacturing Execution System, welche sämtliche, im normalen Arbeitsalltag notwendigen Informationen enthalten.

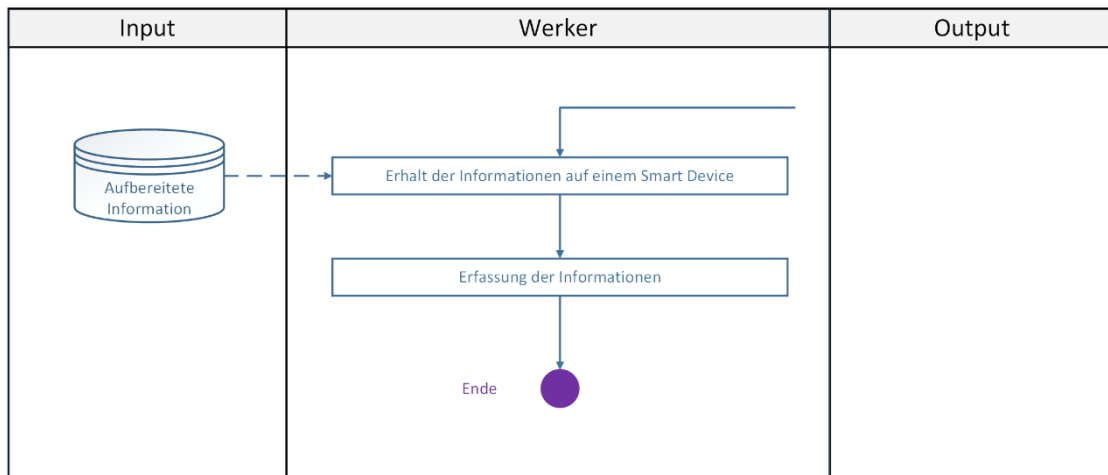
Dabei fragt das Assistenzsystem in regelmäßigen Abständen alle relevanten Informationen von den Managementsystemen ab oder erhält diese über Push-Benachrichtigungen. In beiden Fällen ist das Vorhandensein einer entsprechend ausgelegten Programmierschnittstelle, über welche das Assistenzsystem die Anfragen stellen kann eine Grundvoraussetzung.

Neben den Managementsystemen können sämtliche firmeninterne Systeme, welche über eine entsprechende Benutzerschnittstelle verfügen als Informationsquelle dienen. Zuletzt können auch an anderer Stelle innerhalb des Assistenzsystems entstandene Inhalte als Bezugsquelle dienen.

Im Anschluss an die Generierung der Benachrichtigung erfolgt die Bestimmung der zu informierenden Personen, welche nach unternehmensspezifischen, firmenintern festgelegten Regeln erfolgt. Abschließend bereitet das Assistenzsystem die Inhalte für die optimale Anzeige auf dem gewählten Smart Device auf und leitet diese an den Werker weiter.

### 5.1.2 Schritt 2: Erfassung durch den Mitarbeiter

Abbildung 5-3: Passive Informationsbereitstellung – Erfassung durch den Mitarbeiter

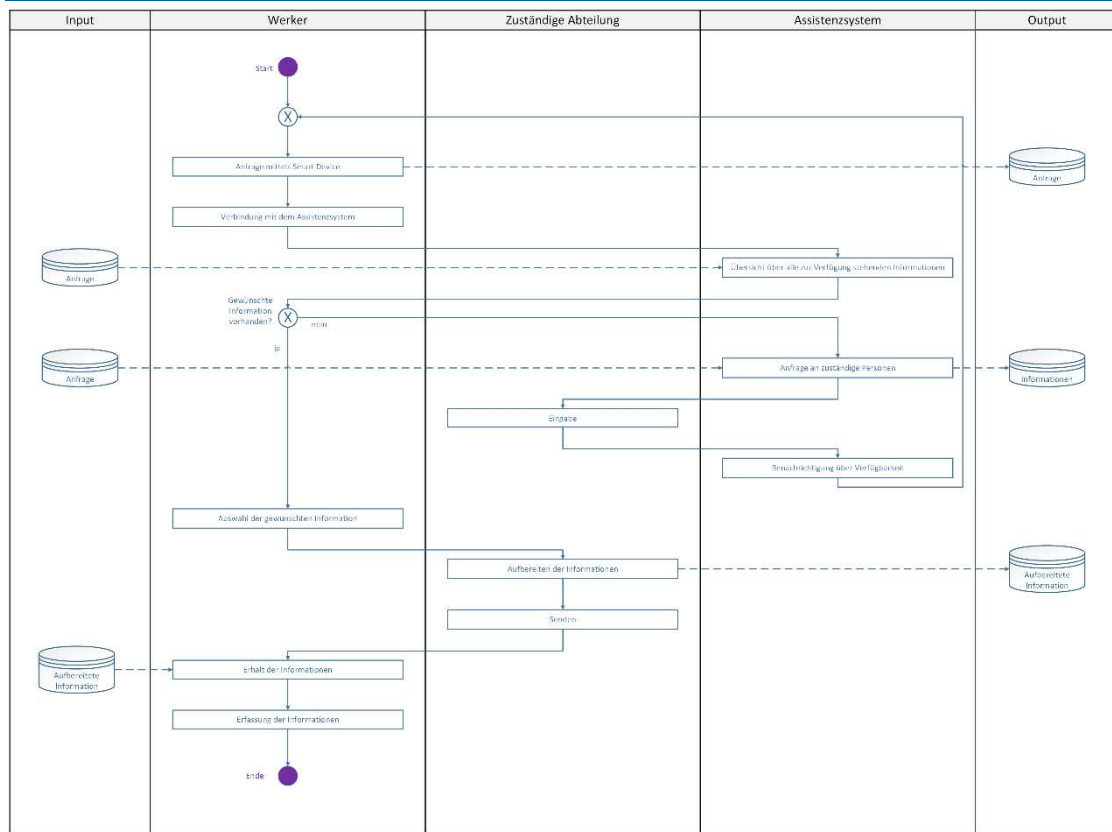


Nach Erhalt der Nachricht informiert das Smart Device den Werker über die neuen Informationen, wobei die Intensität von der Dringlichkeit des Inhaltes abhängt. Dem Werker obliegt es anschließend, die Mitteilung zu lesen, zu interpretieren und Schlussfolgerungen zu ziehen.

## 5.2 Aktive Informationsbereitstellung

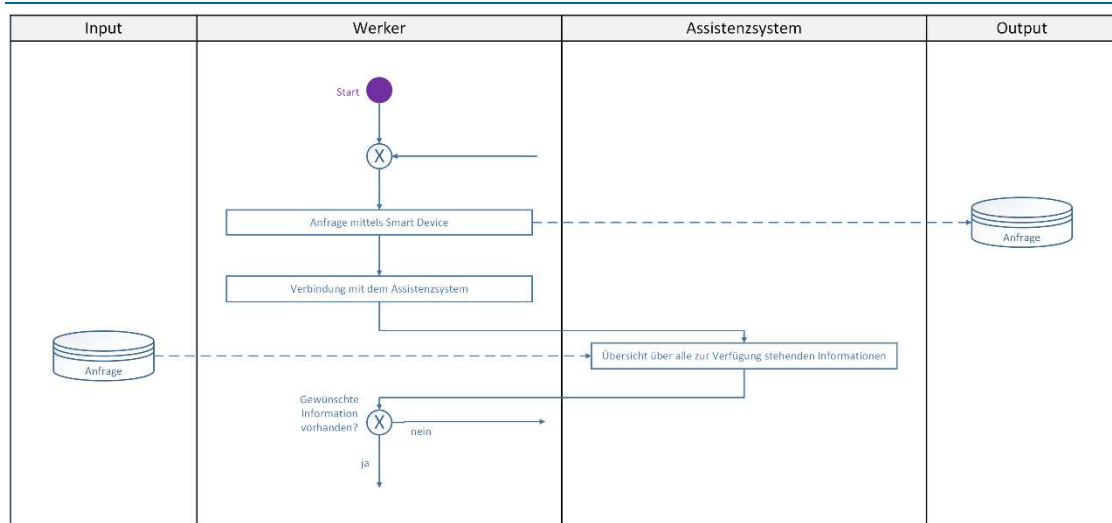
Die aktive Informationsbereitstellung wird durch die Anfrage eines Mitarbeiters ausgelöst, woraufhin das Assistenzsystem die benötigten Informationen an den Werker übermittelt.

Abbildung 5-4: Aktive Informationsbereitstellung – Übersicht



### 5.2.1 Schritt 1: Abfrage vorhandener Informationen

Abbildung 5-5: Aktive Informationsbereitstellung – Abfrage vorhandener Informationen

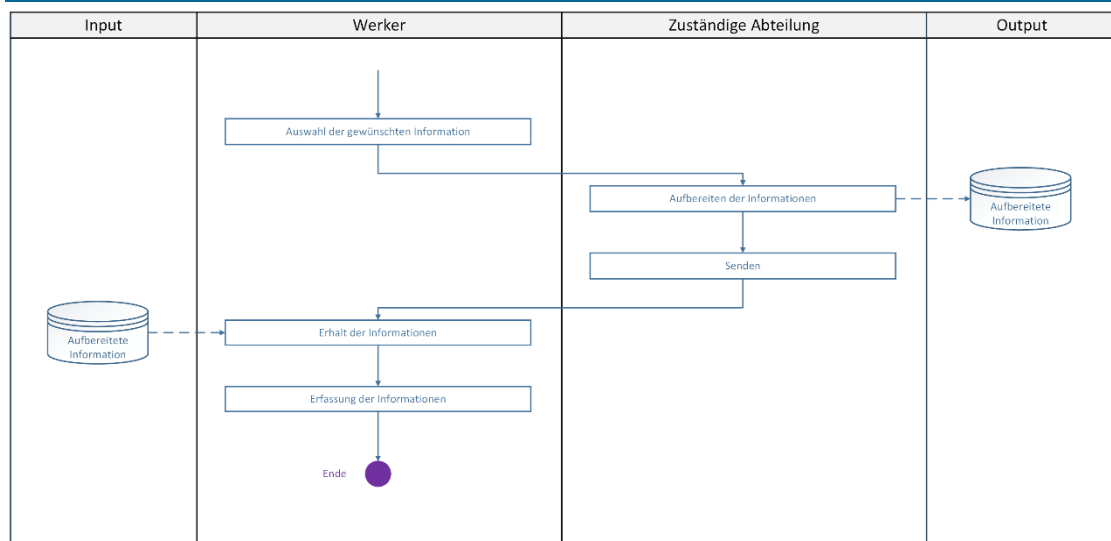


Der Prozess beginnt mit dem Informationsbedarf eines Werkers, wobei dieser die benötigten Informationen mittel seines Smart Devices von seinem Arbeitsplatz aus abfragen kann. Dazu

verbindet er sich in einem ersten Schritt mit dem Assistenzsystem und stellt eine Anfrage. Um den Prozess möglichst einfach und intuitiv zu gestalten, sind sämtliche während des normalen Betriebes notwendigen Anfragen bereits vordefiniert, sodass der Werker diese nur auszuwählen braucht.

### 5.2.2 Schritt 2: Abfrage der benötigten Informationen

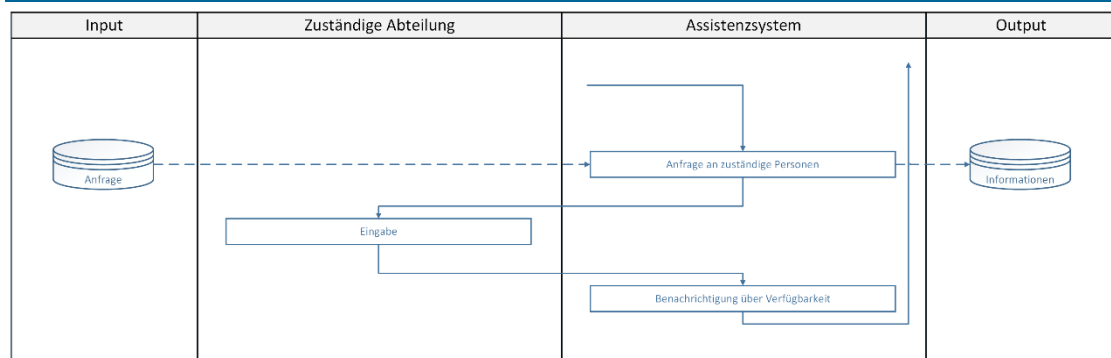
Abbildung 5-6: Aktive Informationsbereitstellung – Abfrage der benötigten Informationen



Nachdem der Werker eine Auswahl getroffen hat, bereitet das System die Informationen auf. Dabei werden die aktuellen Daten ermittelt und in eine, für den Werker gut verständliche Form gebracht, um Aufnahme der Inhalte und deren Verständnis zu erleichtern. Anschließend werden die Informationen an das Smart Device der anfragenden Person übermittelt und am Display angezeigt.

### 5.2.3 Schritt 3: Anfrage nicht vorhandener Informationen

Abbildung 5-7: Aktive Informationsbereitstellung – Anfrage nicht vorhandener Informationen



Sind die abgefragten Daten nicht vordefiniert oder vorhanden, wird die zuständige Abteilung ermittelt und die Inhalte weitergeleitet, wobei im Falle nicht vordefinierter Informationsabfragen eine textuelle Beschreibung der benötigten Informationen durch den Werker vorliegt. Dieser obliegt es in weiterer Folge, die fehlenden Informationen im Assistenzsystem zu ergänzen. Sobald dies abgeschlossen ist, erhält der Werker eine Nachricht über die neu verfügbaren Informationen und kann eine erneute Abfrage durchführen.

### 5.3 Passive Arbeitsanleitungen

Trotz der starken Verbreitung informationstechnischer Systeme in Unternehmen werden in vielen Betrieben den Werkern Arbeitsanleitungen immer noch mittels ausgedruckter Werkstattzeichnungen und zugehörigen textuellen Beschreibungen zugänglich gemacht. Die damit verbundenen Nachteile einer oftmals schweren Verständlichkeit der Anleitungen oder Unklarheiten über die Aktualität der Dokumente führen dazu, dass wertvolle Zeit verschwendet wird, die an anderer Stelle besser genutzt werden könnte.<sup>1</sup>

Durch den Einsatz elektronischer Arbeitsanleitungen kann man diesen Problemen entgegenwirken und die Produktionsprozesse optimieren, da bei deren Aufruf stets die aktuellste Version geladen wird und der Werker mit den Anleitungen interagieren kann. In diesem Zusammenhang wird zwischen passiven und interaktiven (siehe Kapitel 5.4) Anleitungen unterschieden. Bei passiven Arbeitsanleitungen handelt es sich um objektbezogene Informationen, welche mittels mobiler oder stationärer Systeme angezeigt werden und eine Handlung an diesen auslösen sollen. Interaktive Anleitungen liefern ebenfalls objektbezogene Informationen, wobei die Gegenstände selbst in die Informationsbereitstellung miteinbezogen werden. Dabei werden die für die Tätigkeiten benötigten Informationen mittels Augmented Reality direkt in das Sichtfeld des Werkers geblendet, wobei vorrangig Datenbrillen oder mobile Systeme zum Einsatz kommen.

#### Dokumentbasierte versus modulare Arbeitsanleitungen<sup>2</sup>

Bei passiven Arbeitsanleitungen muss zwischen dokumentbasierten und modularen Anleitungen unterschieden werden. Während sich für den Werker bei der Darstellung der Inhalte zwischen den beiden Varianten kaum Unterschiede ergeben, hängen die Vorgehensweise bei der Erstellung und die Möglichkeiten der Erweiterung der Dokumente von der Variante ab.

Dokumentbasierte Arbeitsanleitungen speichern alle Informationen in einer Datei, wie beispielsweise PDF, was deren Erstellung mittels gewöhnlicher Textverarbeitungsprogramme wie Word oder InDesign ermöglicht. Dies ermöglicht außerdem, die Formatierung beliebig an die Inhalte anzupassen. Für die anschließende Verwendung durch die Werker können die Dokumente mit

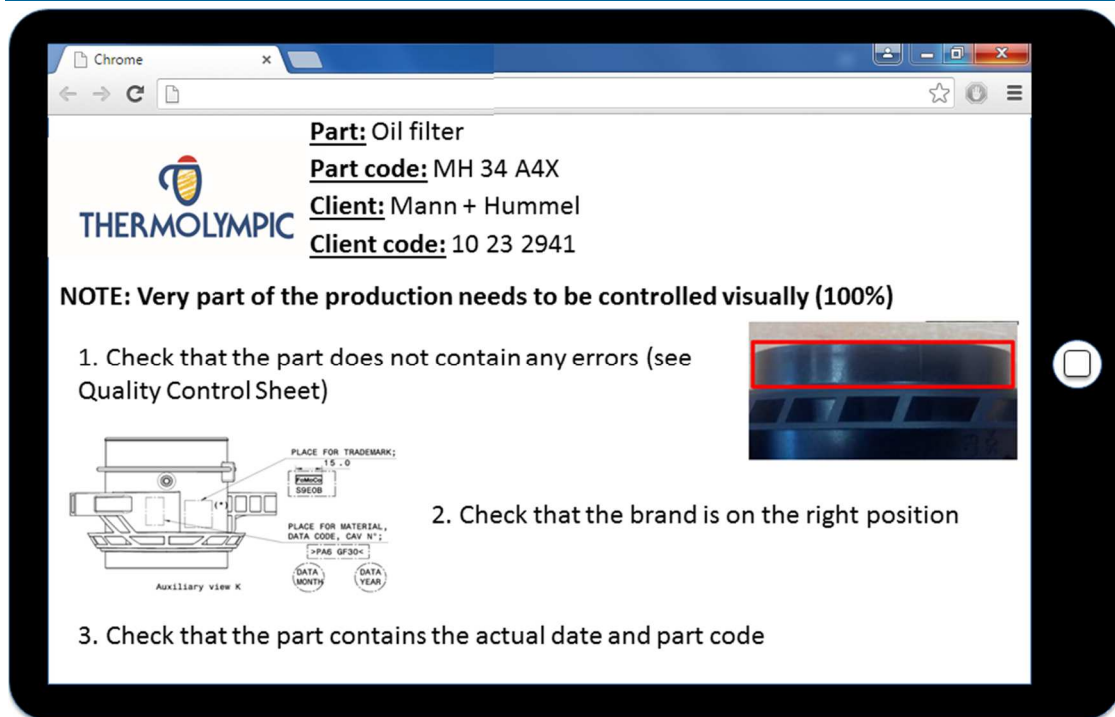
---

<sup>1</sup> vgl. Siemens, 2013, S.3ff.

<sup>2</sup> vgl. ebenda

einem beliebigen Webbrowser geöffnet oder auf Papier ausgedruckt werden. Bei dieser Methode existieren folglich einzelne Dateien, die alle Informationen beinhalten, was vorteilhaft ist, wenn diese an externe Personen wie Kunden gesendet werden sollen.

Abbildung 5-8: Dokumentenbasierte Arbeitsanleitung



Modulare Anleitungen dagegen bestehen nur aus einem Layout und den Verlinkungen zu den Speicherorten der zugehörigen Informationen innerhalb von Datenbanken. Bei der Erstellung der Inhalte wird folglich ein spezielles Softwaretool benötigt, welches es erlaubt, die eingegebenen Daten strukturiert zu speichern. Anschließend werden die Inhalte bei jedem Aufruf von neuem aus der Datenbank geladen und mit dem zugehörigen Layout zur angefragten Arbeitsanleitung zusammengesetzt, wodurch die ständige Aktualität der Arbeitsanleitungen gewährleistet ist. Dies bietet außerdem den Vorteil, dass die gespeicherten Informationen einzeln bearbeitet oder verändert werden können, ohne dass die Dokumente neu erstellt werden müssen. Daneben können die zugrundeliegenden Informationen an mehreren Stellen gleichzeitig verwendet werden. Nachteilhaft ist jedoch, dass das Layout nicht individuell an die jeweiligen Inhalte angepasst werden kann.

Abbildung 5-9: Module der modularen Arbeitsanleitung

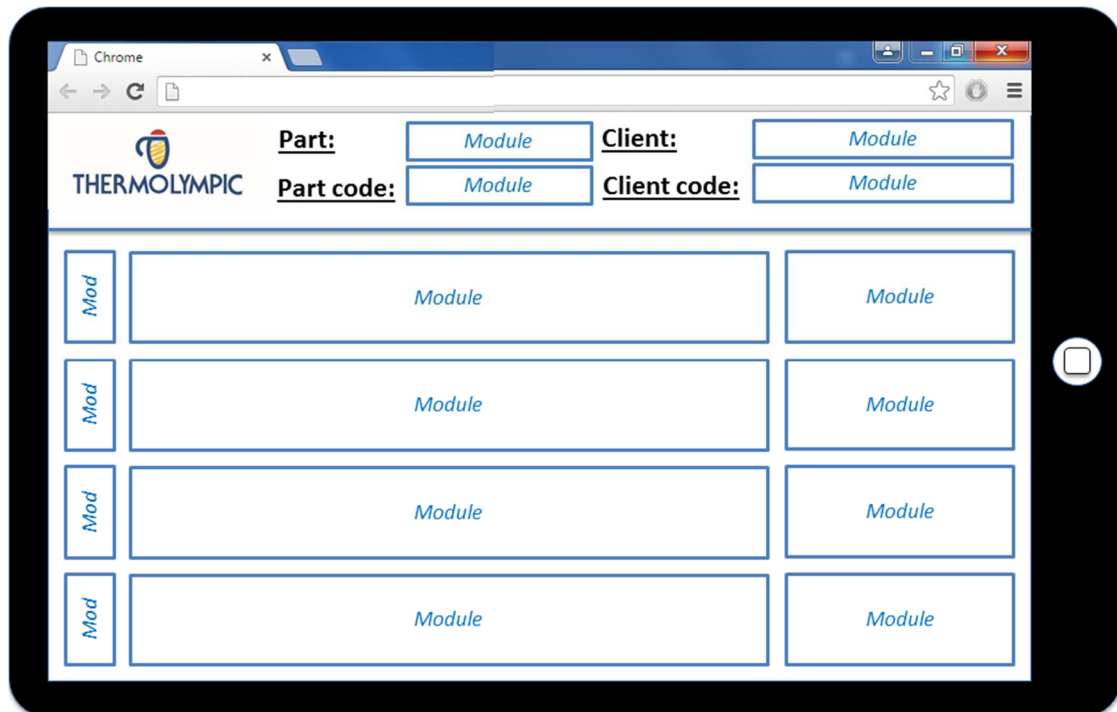
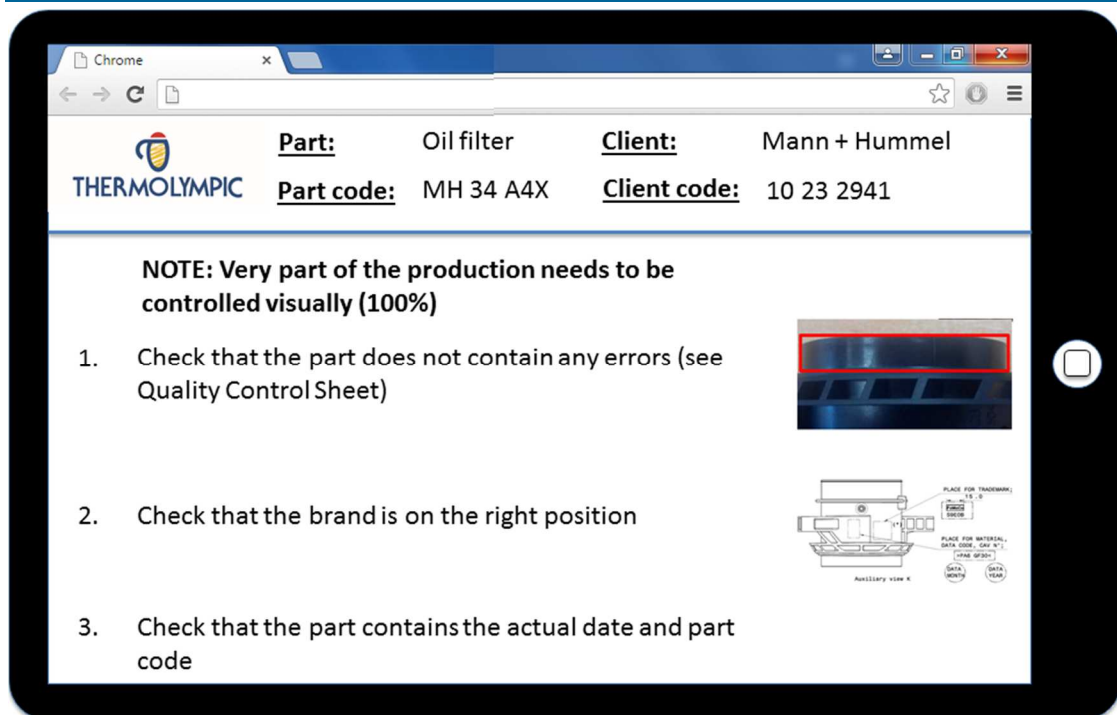


Abbildung 5-10: Modulare Arbeitsanleitung



## Vorteile passiver Arbeitsanleitungen

Passive Arbeitsanleitungen bringen folgende Vorteile mit sich:<sup>1</sup>

### ■ Interaktivität

Im Gegenteil zu papierbasierten Anleitungen ist die Interaktion mit webbasierten Arbeitsanleitungen durch die Einbettung dreidimensionaler Modelle möglich. Dabei wird beim Aufruf der Arbeitsanleitung eine Kopie mittels eines Viewers auf dem Gerät angezeigt und kann dabei gedreht, geschwenkt, vergrößert oder verkleinert werden. Aufgrund dieser Manipulationen erhalten die Mitarbeiter eine klare und übersichtliche Darstellung aller Details. Daneben können die Werker Notizen erstellen und diese als Feedback an die Entwicklungsabteilung zurücksenden.

### ■ Durch jeden Browser aufrufbar

Ein weiterer großer Vorteil liegt in der Abrufbarkeit der Informationen über jeden Internetbrowser. Folglich muss vor der Verwendung der Arbeitsanleitungen keine spezielle Software auf den Informationssystemen installiert werden, sofern ein Webbrowser verfügbar ist. Lediglich Datenbrillen und raumfixierte Displays spezialisierter Hersteller erfüllen diese Anforderung nicht, sodass die Verwendung einer Zusatzsoftware notwendig ist.

## Spezifische Vorteile dokumentbasierter Arbeitsanleitungen

Daneben bietet die Verwendung dokumentbasierter Anleitungen zusätzliche spezifische Vorteile:<sup>2</sup>

### ■ Nachvollziehbarkeit von Änderungen

Bei dokumentbasierte Arbeitsanleitungen können sämtliche Veränderungen durch die Verwendung von digitalen Signaturen lückenlos nachvollzogen werden. Gerade für Betriebe in stark regulierten Geschäftsbereichen wie der Luftfahrt oder dem Schiffsbau, bietet dies einen großen Vorteil.

Dabei werden die finalen, im Dokumentenmanagementsystem abgelegten Dokumente mittels einer fälschungssicherer Softwarelösung elektronisch unterschrieben, wobei eine anschließende Veränderung nur mehr über die Erstellung einer neuen Version möglich ist. Daneben wird das Datum, die Versionsnummer und der Inhalt mit Hilfe von digitalen Zeitstempeln und Prüfsummen unveränderlich festgelegt und gegenüber Manipulationen geschützt.<sup>3</sup>

## Spezifische Vorteile modularer Arbeitsanleitungen

Ebenso bietet die Verwendung modularer Anleitungen spezifische Vorteile:<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> vgl. Siemens, 2013, S.3ff.

<sup>2</sup> vgl. ebenda

<sup>3</sup> Brainworx, 2015

<sup>4</sup> vgl. Siemens, 2013, S.3ff.



#### ■ **Aktualität**

Durch die zentrale Speicherung ist die ständige Aktualität der Arbeitsanleitungen stets gewährleistet. Die Werker öffnen beim Aufruf nur eine temporäre Kopie der Dokumente über einen Webbrowser auf ihrem System. Durch das erneute Laden der Daten bei jedem Zugriff wird die Aktualität der Informationen gewährleistet.

#### ■ **Individualisierung**

Der modulare Aufbau und die Erstellung beim Aufruf von modularen Arbeitsanleitungen ermöglicht eine produktspezifische Individualisierung, wodurch das Konzept „Losgröße 1“ verwirklicht werden kann. Da bei jedem Aufruf eine neue Anleitung aus bestehenden Informationsteilen erstellt wird, können diese ohne großen Aufwand dem Variantenreichtum der Produkte angepasst werden.

#### ■ **Erweiterte Informationen**

In Abhängigkeit vom Aufbau der Anleitungen können diese erweiterte Informationen enthalten. Neben den dreidimensionalen Modellen, der Stückliste und einer textuellen Arbeitsanleitung ist die Einbindung von animierten Bearbeitungs- oder Montagesequenzen, sowie zu verwendenden Werkzeugen oder Gefahrenhinweisen möglich.

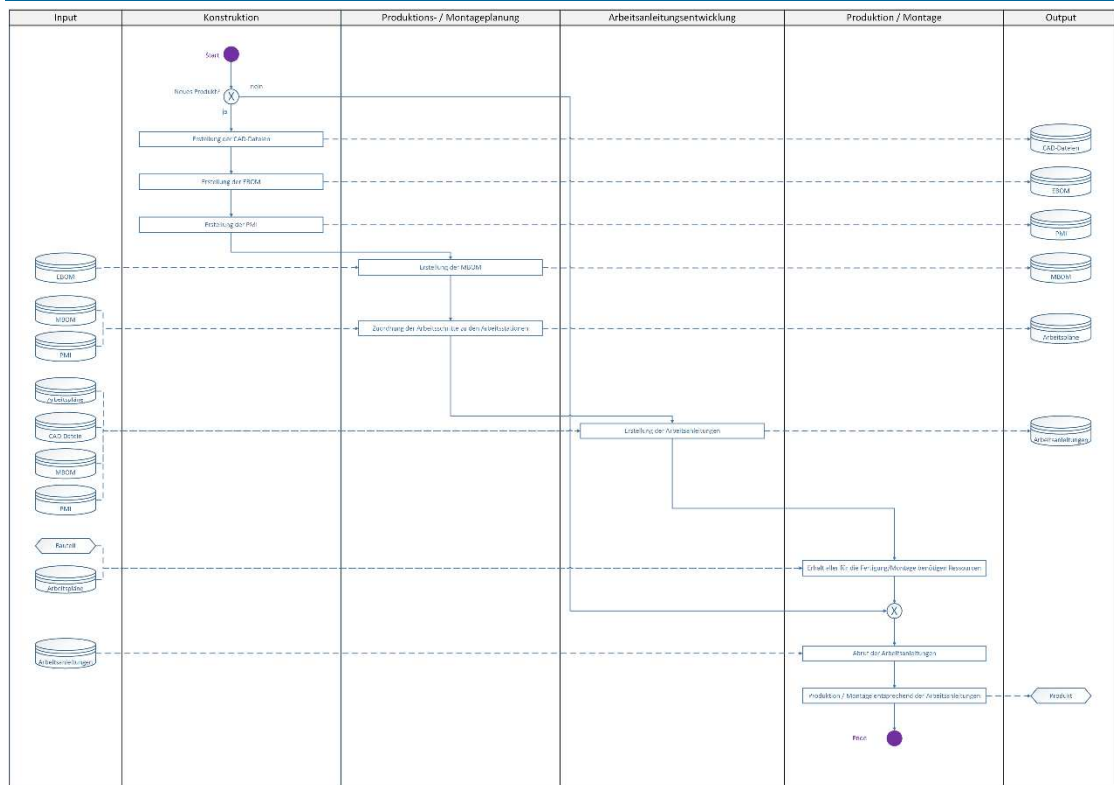
#### ■ **Verlinkung mit anderen Systemen**

Die in den Montageanleitungen enthaltenen Informationen können direkt mit anderen Datenbanken oder Dateien verlinkt werden. Beispielsweise kann die Stückliste mit dem Bestand verknüpft sein, sodass der Mitarbeiter bei fehlenden Teilen diese sofort aus dem Lager anfordern kann.

### **Erstellungsprozess passiver Arbeitsanleitungen**

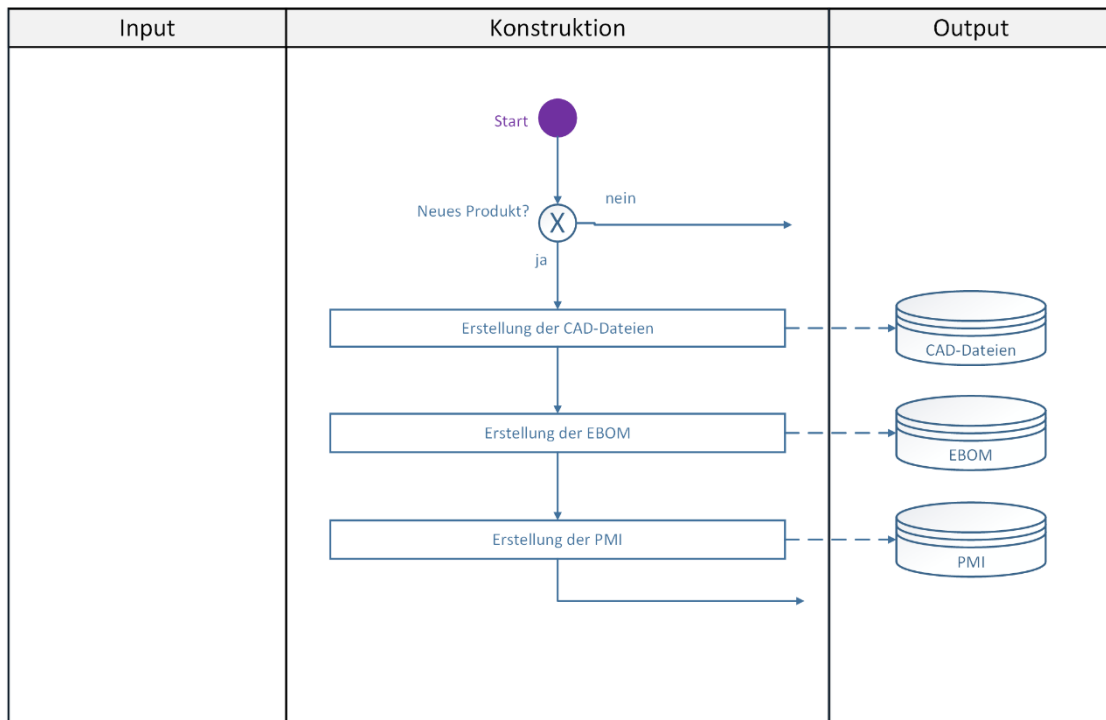
Die nachfolgenden Abbildungen und Beschreibungen dienen der Entwicklung und Veranschaulichung des Informationsbereitstellungsprozesses von passiven Arbeitsanleitungen. Die Betrachtung erfolgt auf Metaebene, da der Prozess allgemein gültig sein soll und die tatsächlich enthaltenen Informationen stark von den Anforderungen des Kunden abhängen.

Abbildung 5-11: Passive Arbeitsanleitungen – Übersicht



### 5.3.1 Schritt 1: Konstruktion

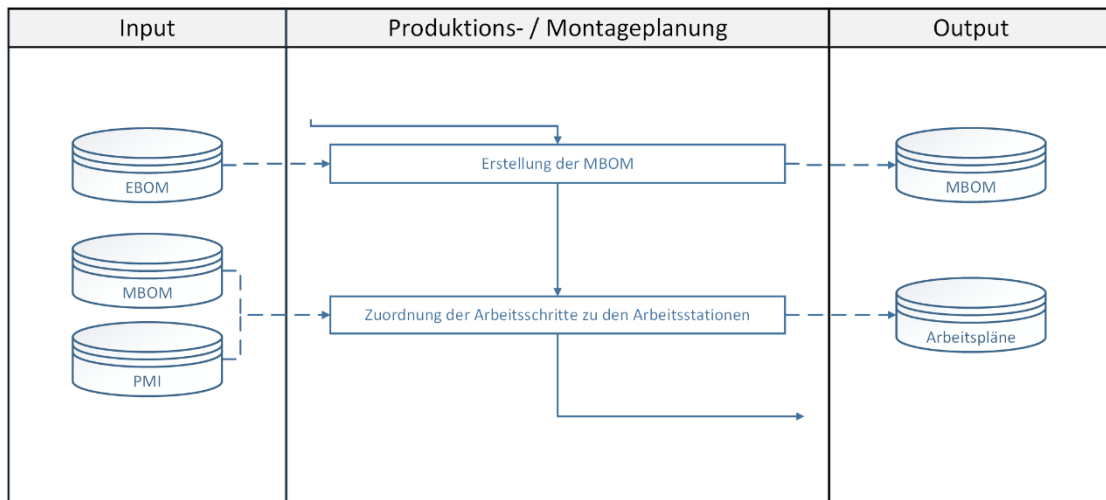
Abbildung 5-12: Passive Arbeitsanleitungen – Konstruktion



Die Erstellung von passiven Arbeitsanleitungen beginnt mit der Konstruktion neuer Produkte mittels eines CAD-Programms. Nachdem die Produkte fertig konstruiert und anhand von FE-Analysen verifiziert sind, muss der Konstrukteur zweidimensionale Ableitungen der dreidimensionalen Modelle und die EBOM, in welcher die benötigten Einzelteile des fertigen Produktes aus konstruktiver Sicht auftragsneutral aufgelistet sind, erstellen. Daneben müssen die Produktfertigungsinformationen festgelegt werden wobei es sich um sämtliche, für die Fertigung aller Einzelteile notwendigen Informationen, wie beispielsweise die Abmessungen, Oberflächenrauheit und Toleranzen, handelt.

### 5.3.2 Schritt 2: Fertigungs- und Montageplanung

Abbildung 5-13: Passive Arbeitsanleitungen – Fertigungs- und Montageplanung

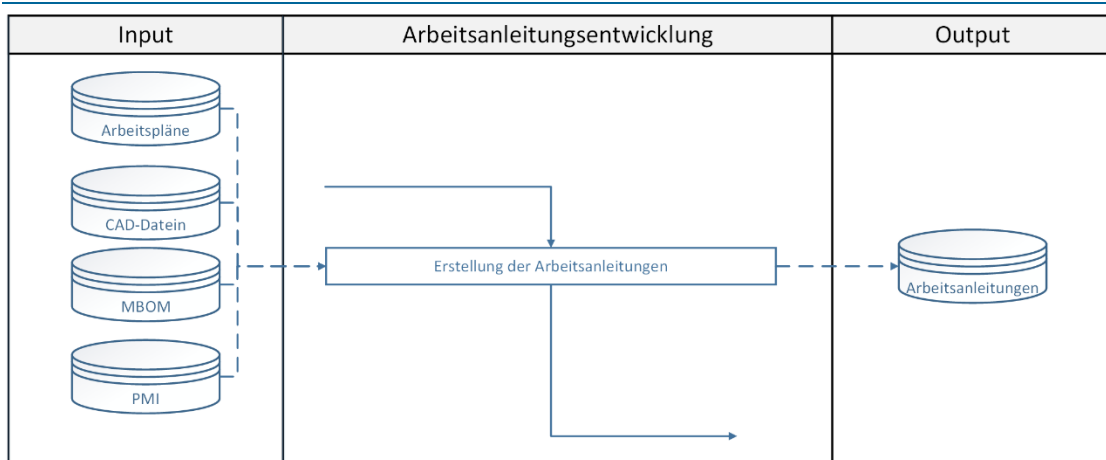


Ausgehend von der EBOM erstellt die Produktions- und Montageplanung die MBOM. Diese bezieht neben den benötigten Einzelteilen auch die notwendigen Roh- und Hilfsstoffe mit ein. Außerdem sind darin alle, für die vollständige Produktion und Montage notwendigen Arbeitsschritte mit deren Beziehungen und Abhängigkeiten aufgelistet.

Sofern direkt mit der Fertigung und Montage der Produkte begonnen werden soll, muss die Zuordnung der Arbeitsschritte zu den einzelnen Arbeitsstationen erfolgen, wobei dies in Abhängigkeit der bereits geplanten Tätigkeiten geschieht.

### 5.3.3 Schritt 3: Erstellung der Arbeitsanleitung

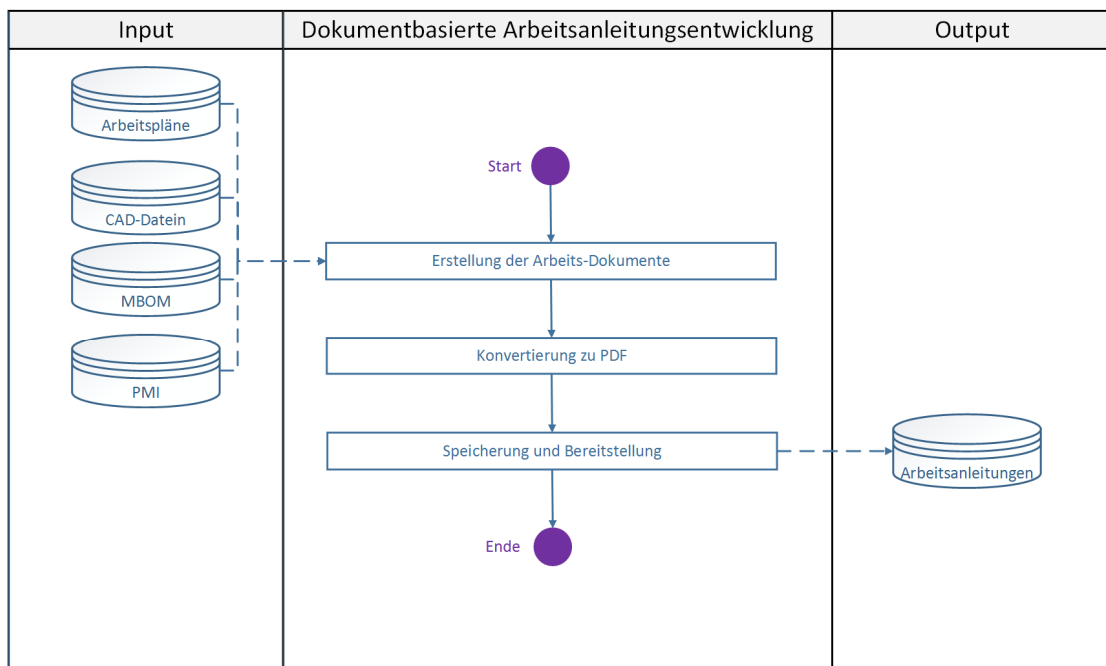
Abbildung 5-14: Passive Arbeitsanleitungen – Arbeitsanleitungsentwicklung



Ausgehend von den Produktions- und Montageplänen, den CAD-Dateien, der MBOM und den Produktfertigungsinformationen werden im nächsten Schritt die Arbeitsanleitungen der einzelnen Arbeitsstationen erstellt, wobei der Erstellungsprozess in Abhängigkeit vom der Art der Arbeitsanleitung variiert.

### Dokumentenbasierte Arbeitsanleitungen

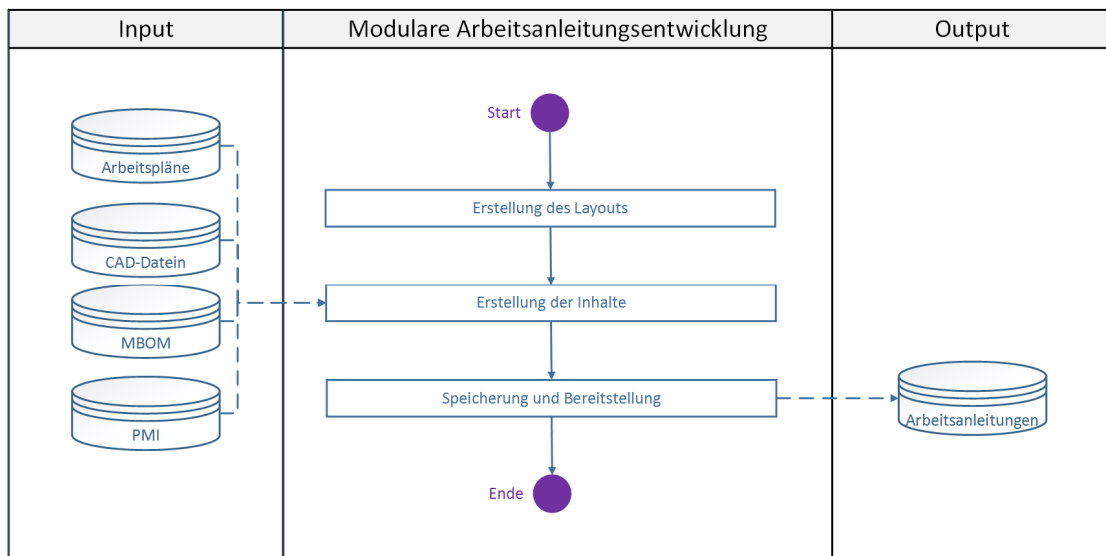
Abbildung 5-15: Passive Arbeitsanleitungen – Dokumentenbasierte Arbeitsanleitungsentwicklung



Der Entstehungsprozess der dokumentbasierten Arbeitsanleitungen startet mit der Erstellung der Dokumente. Dazu werden mittels gängiger Softwareprogramme wie Microsoft Word, Microsoft Excel oder Adobe InDesign sämtliche, für die Arbeitsdurchführung notwendigen Informationen in einem Dokument zusammengefasst, wobei gleichzeitig das Layout definiert wird. Anschließend werden die Dokumente zu PDF konvertiert und falls notwendig, Formularfelder für die Eingabe von Werten durch den Werker hinzugefügt.

## Modulare Arbeitsanleitungen

Abbildung 5-16: Passive Arbeitsanleitungen – Modulare Arbeitsanleitungsentwicklung



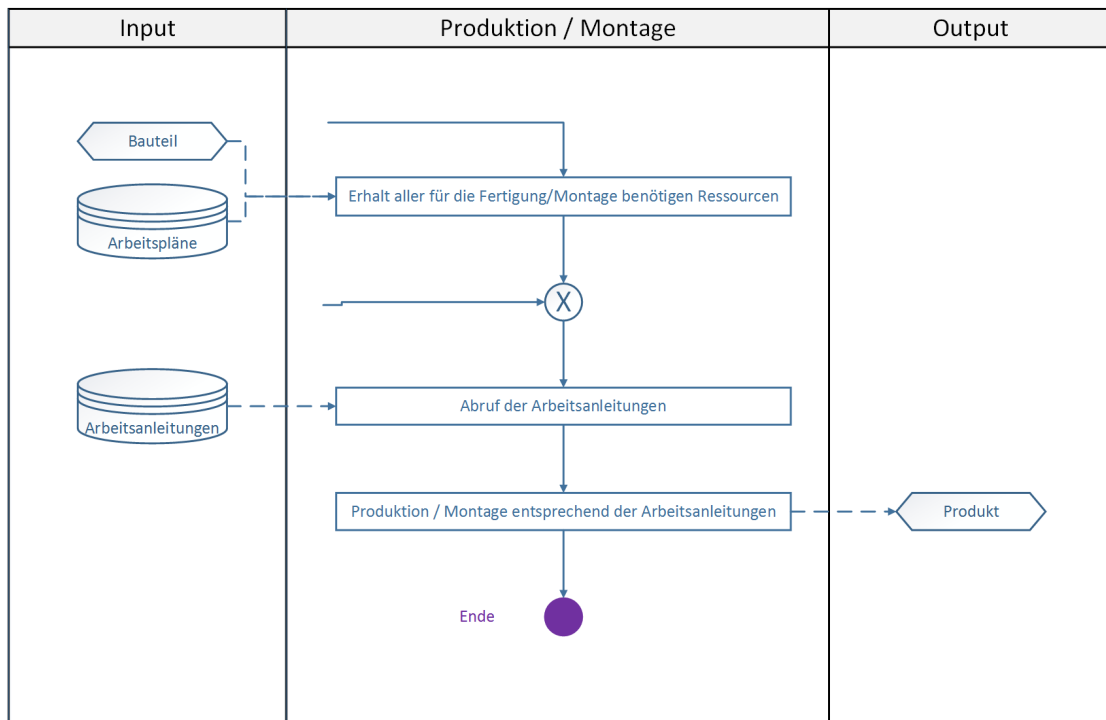
Im Gegensatz dazu startet die Entwicklung modularer Anleitungen mit der Erstellung des Layouts, welches die spätere Benutzeroberfläche festlegt. Diese muss nicht für jedes Dokument neu erstellt werden, sondern kann gegebenenfalls von anderen Anleitungen übernommen werden.

Anschließend kommt es zur Einbindung der Informationen, wofür spezielle Datenbankprogramme für die Speicherung der Daten innerhalb der Datenbank benötigt werden. Um die Eingabe zu erleichtern, muss der Autor nicht mit diesen direkt arbeiten, sondern kann die Inhalte über eine HTML-Benutzeroberfläche erstellen, wobei sich die Software im Hintergrund um die Speicherung kümmert.

Dabei werden die CAD-Modelle und zweidimensionalen Zeichnungsableitungen in die Anleitung eingebunden und im Falle von Montageanleitungen mit textuellen Beschreibungen der zu erledigenden Tätigkeiten erweitert. Daneben werden die Stücklisten der benötigten Einzelteile hinzugefügt, welche direkt mit dem Lagermanagement verlinkt sind und somit die aktuelle Verfügbarkeit angeben können. In Abhängigkeit von den Kundenanforderungen können beispielsweise auch die benötigten Werkzeuge, Warnhinweise, Informationen zu deren Herkunft oder dem Ziel der Teile eingebunden werden. Wie auch beim Layout müssen diese Inhalte nicht für jedes Produkt neu erstellt werden, sondern können gegebenenfalls aus der vorhandenen Daten übernommen werden, was die leichte Erstellung der Anleitungen und damit eine produktspezifische Individualisierung auf Losgröße 1 ermöglicht.

### 5.3.4 Schritt 4: Anwendung

Abbildung 5-17: Passive Arbeitsanleitungen – Anwendung in der Produktion und Montage



Nach Erhalt einer neuen Arbeitsaufgabe rufen die Werker die entsprechenden Arbeitsanleitungen mittels ihrer Smart Devices auf und können anschließend die Vollständigkeit der benötigten Werkzeuge und Einzelteile überprüfen und die beschriebenen Tätigkeiten ausführen.

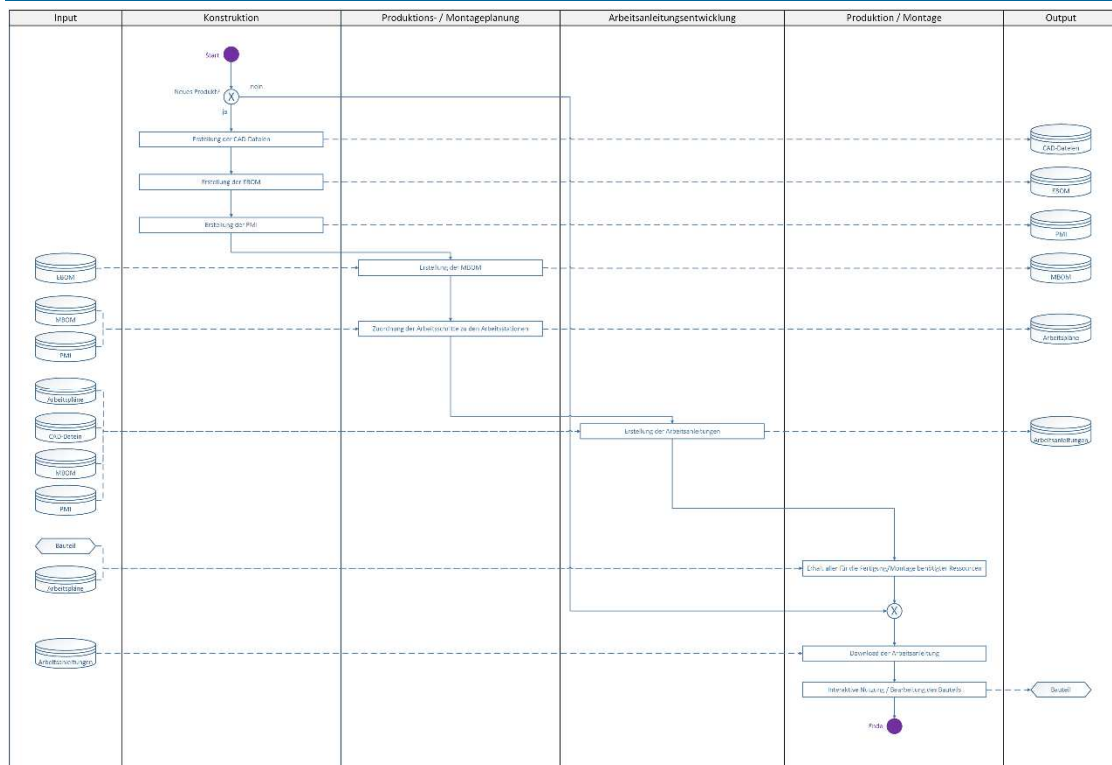
## 5.4 Interaktive Arbeitsanleitungen

Aufbauend auf den bisherigen Informationen soll in diesem Kapitel der Prozessablauf für die Verwendung von auf Augmented Reality basierenden Arbeitsanleitungen entworfen werden. Da aufgrund des Kaufs von Metaio durch Apple<sup>1</sup> derzeit<sup>2</sup> kein Anbieter für den Einsatz entsprechender Softwarelösungen in produzierenden Unternehmen auf dem Markt ist, geht die vorliegende Arbeit nur auf die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Erstellung von interaktiven Arbeitsanleitungen ein und konzentriert sich vorrangig auf den Einsatz entsprechender Systeme in der Produktion, Montage oder Wartung.

<sup>1</sup> Techcrunch, 2015; Golem 2015; Gründerszene 2015

<sup>2</sup> Oktober 2015

Abbildung 5-18: Interaktive Arbeitsanleitungen – Übersicht



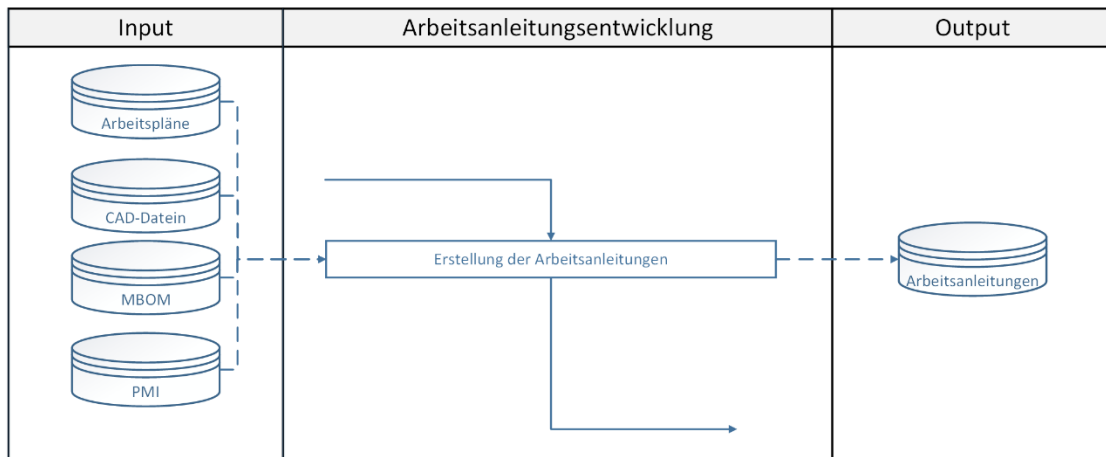
### 5.4.1 Schritt 1&2: Konstruktion und Fertigungs- und Montageplanung

Der Entwicklungsprozess interaktiver Arbeitsanleitungen startet wie auch jener passiver mit der Konstruktion neuer Produkte mittels eines CAD-Programms, der Erstellung der EBOM und der Festlegung der Produktfertigungsinformationen. Anschließend erstellt die Produktions- und Montageplanung ausgehend von der EBOM ebenfalls die MBOM und ordnet die Arbeitsschritte zu den einzelnen Arbeitsstationen in Abhängigkeit der bereits geplanten Tätigkeiten zu.



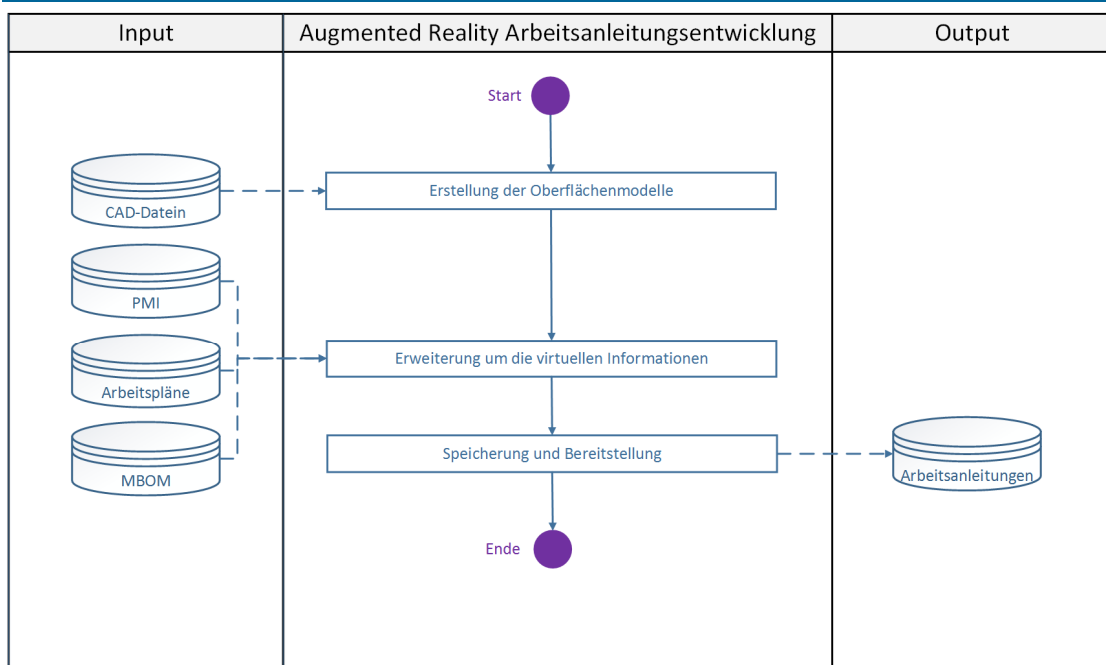
### 5.4.2 Schritt 3: Erstellung der Arbeitsanleitung

Abbildung 5-19: Interaktive Arbeitsanleitungen – Arbeitsanleitungsentwicklung



Im Unterschied zu passiven Arbeitsanleitungen erfolgt die Entwicklung interaktiver Anleitungen durch eine auf Augmented Reality basierenden Anwendungssoftware (siehe Kapitel 4.2.1).

Abbildung 5-20: Interaktive Arbeitsanleitungen – Augmented Reality Arbeitsanleitungsentwicklung

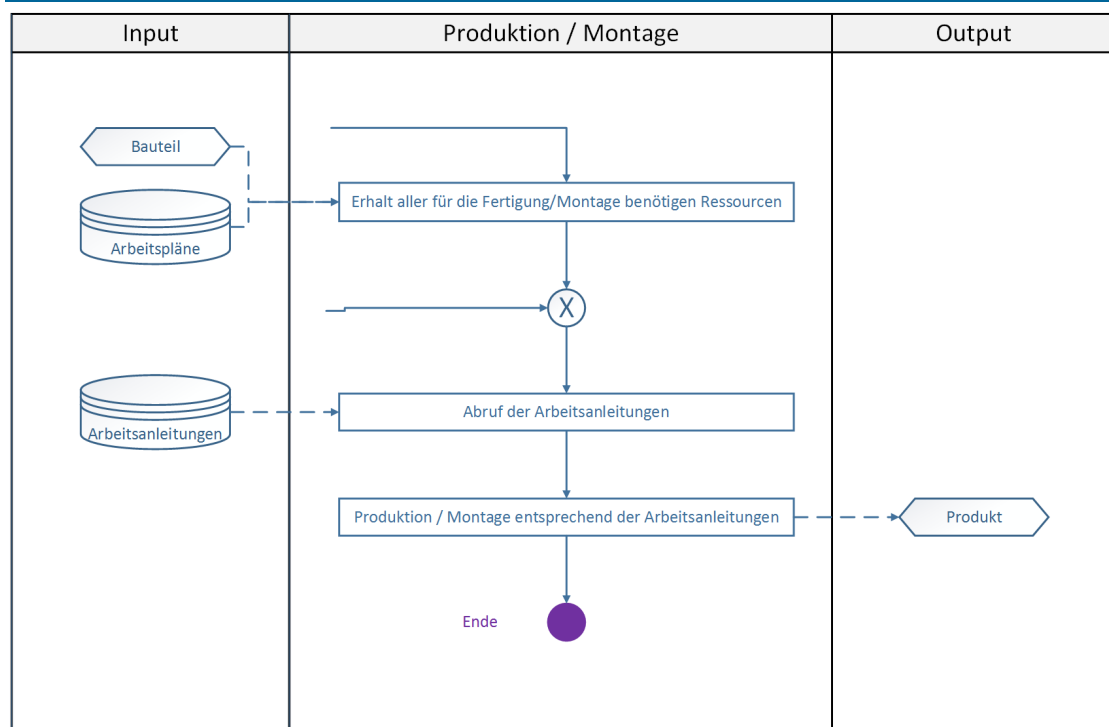


Dazu werden ausgehend von den CAD-Dateien Oberflächenmodelle der zu trackenden Gegenstände erstellt, welche bei der späteren Verwendung mit den realen Konturen der Umgebung abgeglichen werden. Anschließend werden die Modelle mit den, für die Produktion oder Montage benötigten Informationen in Form von virtuellen Einblendungen erweitert. Dabei kann

wie auch bei der passiven Arbeitsanleitung eine Übersicht über die im Montageprozess benötigten Bauteile und Werkzeuge oder die notwendigen Warnhinweise direkt in das Sichtfeld des Betrachters eingeblendet werden.

### 5.4.3 Schritt 4: Anwendung

Abbildung 5-21: Interaktive Arbeitsanleitungen – Anwendung



Nach Fertigstellung der Applikation kann diese eingesetzt werden. Dazu lädt der Werker nach dem Erhalt eines neuen Arbeitsauftrages die zugehörige interaktive Anleitung auf sein Smart Device und richtet dessen Kamera auf das Bauteil. Die Software untersucht dabei das Kamerabild abhängig vom verwendeten Trackingverfahren auf Marker oder vordefinierte Merkmale und ordnet das erkannte Teil dem zugehörigen virtuellen Modell zu. Darauf aufbauend wird in Abhängigkeit von der zur Anwendung kommenden Ausgabemethode das Videobild mit virtuellen Objekten überlagert und dem Benutzer ausgegeben oder nur die virtuellen Zusatzinformationen in das Sichtfeld des Benützers eingeblendet. Folglich erfolgt der gesamte Prozess von der Erkennung des Bearbeitungsfortschritts bis zur Ausgabe der zugehörigen Informationen vollständig automatisiert, wobei das Erfassen des Kontextes objektorientiert anhand des sich am Arbeitsplatz befindlichen Bauteils erfolgt.

Anhand dieser Informationen kann der Werker sämtliche Bearbeitungs- oder Montageschritte ausführen, wobei das System automatisch erkennt, wenn ein Schritt erledigt wurde und automatisch zum Nächsten weiter schaltet. Dies kann jedoch auch vom Benutzer manuell ausgeführt werden.

## 6 Facts4Workers Use Cases

Das europäische Forschungsprojekt „Worker-Centric Workplaces in Smart Factories“, kurz Facts4Workers dient der Weiterentwicklung bestehender Produktionskonzepte durch die Einführung elektronischer Informationssysteme. Der Fokus liegt dabei auf den Fertigungs-, Montage- und Wartungsmitarbeitern, welche als zentrales Element jedes Unternehmens in den zukünftigen smarten Fabriken die Rolle der Produktionssteuerung und -überwachung übernehmen werden. Im Zuge des Projektes wird nach Wegen gesucht, die Produktionsprozesse intelligent und attraktiv für die Werker zu gestalten, um als übergeordnetes Ziel den Produktionsstandort Europa zu stärken.

In diesem Zusammenhang sollen die in Kapitel 5 beschriebenen Informationsbereitstellungsprozesse anhand der Fähigkeit zur Verbesserung oder Lösung aktueller Probleme der am Forschungsprojekt beteiligten Industriepartner EMO-Orodjarna d.o.o. und Thermolympic validiert werden. Forschungsziel ist dabei, durch deren Einführung im Zusammenspiel mit weiteren Maßnahmen zu einem Empowerment der Werker bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung beizutragen.

Nachfolgend widmet sich Kapitel 6.1 der passiven und aktiven Informationsbereitstellung, welche anhand des Use Cases EMO-Orodjarna d.o.o. veranschaulicht werden. Dazu wird in einem ersten Schritt das Unternehmen und die Arbeitssituation eines ausgewählten Arbeitsplatzes vorgestellt. Anschließend werden die vorgestellten Prozesse anhand eines Prozessschaubildes graphisch veranschaulicht, wobei die Anwendungsorte der entwickelten Informationsprozesse hervorgehoben werden, bevor diese abschließend validiert werden. Kapitel 6.2 hingegen widmet sich passiven Arbeitsanleitungen, wobei diese nach dem gleichen Prinzip mit Hilfe des Projektpartners Thermolympic validiert werden. Da es im Zuge des Forschungsprojektes zu keinem Einsatz aktiver Arbeitsanleitungen kommen wird, wird auf Validierung dieses Informationsbereitstellungsprozesses verzichtet.

### 6.1 Use Case EMO-Orodjarna d.o.o.

Das auf die Erzeugung metallischer Produkte spezialisierte Unternehmen EMO-Orodjarna d.o.o. (EMO) konzentriert sich auf die Fertigung von Stanzwerkzeuge für die Automobil- und Flugzeugindustrie, welche direkt beim Kunden in den Fertigungsprozess eingebunden werden. Die sich dadurch ergebende Produktion mit Losgröße 1 benötigt in der Fertigung und Montage einen hohen Steuerungsaufwand, weshalb von den Prozessen eine starke Flexibilität verlangt wird.

Da das Unternehmen im Laufe der Zeit kontinuierlich auf seine derzeitige Größe gewachsen ist und großangelegte Prozessoptimierungsaktivitäten nicht durchgeführt wurden, erfolgt die Informationsbereitstellung vorrangig über ausgedruckte Dokumente, welche in der Produktion und Montage verteilt werden.

Durch diese Arbeitsweise ergeben sich einige Nachteile. Einerseits existieren oft Unklarheiten über die Aktualität der Arbeitsunterlagen, andererseits gibt es Probleme bei der Distribution neuer Versionen, sodass die Mitarbeiter einen nicht unbedeutenden Teil ihrer Arbeitszeit für die Informationsbeschaffung aufwenden müssen.

### 6.1.1 Aktuelle Situation

Der Montageprozess des ausgewählten Arbeitsplatzes startet mit der Ankunft eines neuen Gusseisenrahmens oder einer Umstellung der Montagereihenfolge durch die Produktionsplanung. Während die Ankunft des Rahmens für den Werker offensichtlich ist und mit der Bereitstellung aller für die Montage notwendigen Dokumente einhergeht, erfolgt die, aufgrund von Lieferterminen oftmals notwendige Umstellung des Produktionsplanes nicht nach klar definierten Regeln. Zwar wird der Arbeiter stets durch seinen Gruppenleiter über die Notwendigkeit des Wechsels informiert, erhält jedoch kaum genauere Informationen. Folglich bedeutet die notwendige Einholung aller für die Bearbeitung erforderlichen Dokumente einen hohen Aufwand für den Werker. An dieser Stelle könnte der Einsatz einer passiven Informationsbereitstellung seine Arbeit erheblich erleichtern. Mittels seines Smart Devices könnte dieser bei der Notwendigkeit einer Umstellung seiner Tätigkeiten automatisch vom Assistenzsystem informiert und mit allen, für die Ausführung notwendigen Informationen versorgt werden.

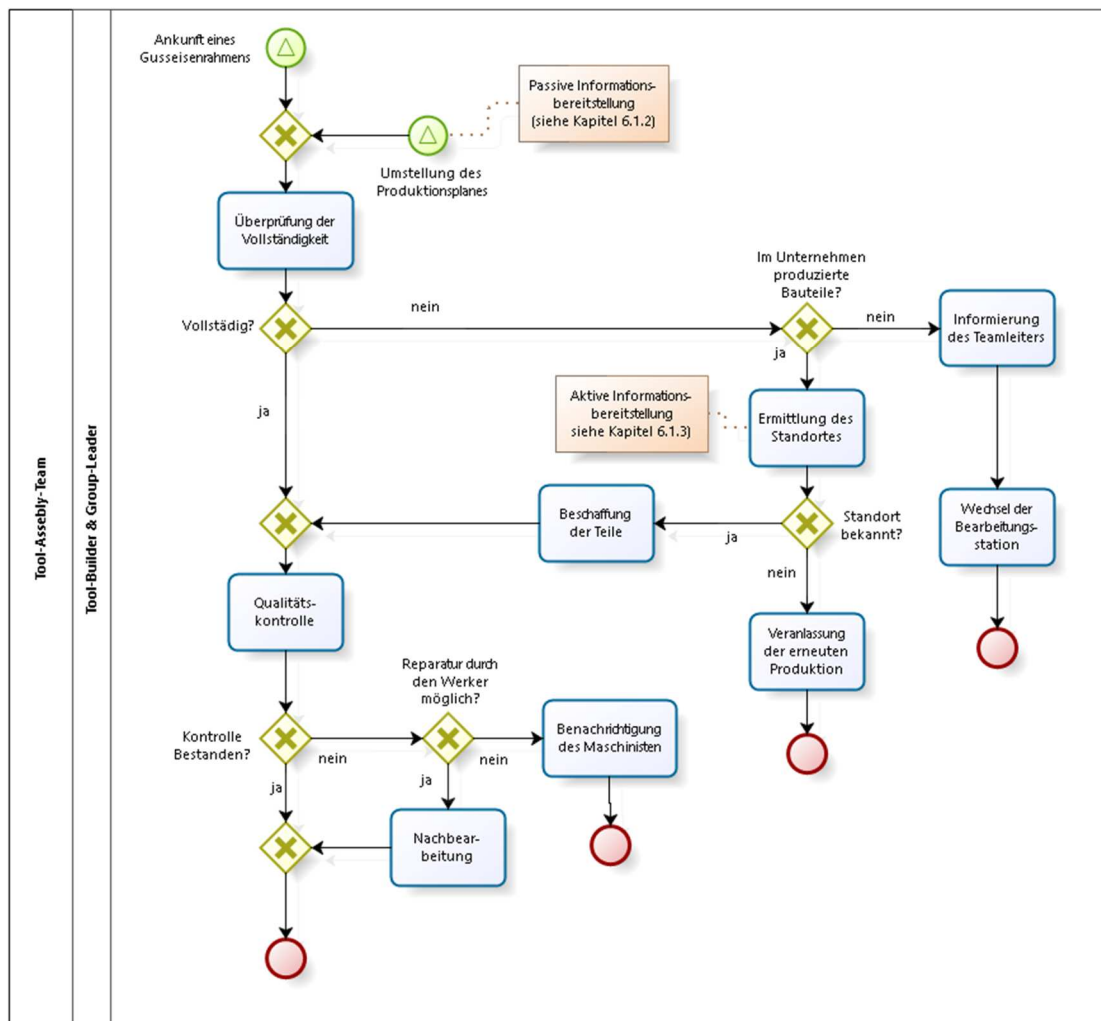
Nachdem der Werker alle Informationen zusammengetragen hat, beginnt er mit der Vollständigkeitsüberprüfung der am Arbeitsplatz vorhandenen Einzelteile. Falls in diesem Zusammenhang das Fehlen von Teilen bemerkt wird, muss er zuerst die Herkunft der Bauteile identifizieren. Dies erfolgt derzeit hauptsächlich aufgrund der Erfahrung des Arbeiters oder mit der Hilfe von Kollegen, weshalb sich der Einsatz eines Assistenzsystems in Form einer aktiven Informationsbereitstellung als günstig erweisen würde. Dabei müsste der Werker den Lagerort der fehlenden Teile abfragen und gleichzeitig die aktuelle Verfügbarkeit einsehen können. Daneben könnte er eine Reservierung vornehmen oder deren Einkauf oder Produktion veranlassen.

Derzeit erfolgt nach der Identifizierung des Lagerortes eine Bestandsaufnahme. Wird dabei festgestellt, dass das benötigte Bauteil nicht vorhanden ist, muss als nächstes ermittelt werden, ob es sich um ein intern produziertes oder ein zugeliefertes Teil handelt. Im Falle eines extern zugelieferten Teils wird der Teamleiter über den Bedarf informiert, sodass dieser die Anlieferung veranlassen kann. Können die Teile hingegen im Unternehmen produziert werden, so veranlasst der Werker in Abstimmung mit dem zuständigen Maschinisten deren erneute Produktion.

Nachdem alle Teile für die Montage des Produktes vorhanden sind, führt der Arbeiter als nächstes eine Qualitätskontrolle an den Bauteilen und den bisher durchgeführten Arbeiten durch und

unternimmt, falls notwendig selbstständig kleine Reparaturen. Bei umfangreicheren Reparaturen muss hingegen ein Maschinist verständigt werden.

Abbildung 6-1: Use Case EMO Tool Builder



## 6.1.2 Passive Informationsbereitstellung

### 6.1.2.1 Verwendetes Assistenzsystem

Wie die nachfolgenden Gründe veranschaulichen, sind mobile Systeme wie Smartphones oder Tablets am besten für die passive Informationsbereitstellung geeignet.

- Durch ihre Größe können Smartphone und Tablets während des gesamten Arbeitstages vom Werker mitgeführt werden, wodurch dieser die Ankunft neuer Informationen unmittelbar wahrnimmt.
- Daneben können diese Geräte bei Erhalt neuer Informationen über akustische Signale auf

die Nachricht aufmerksam machen.

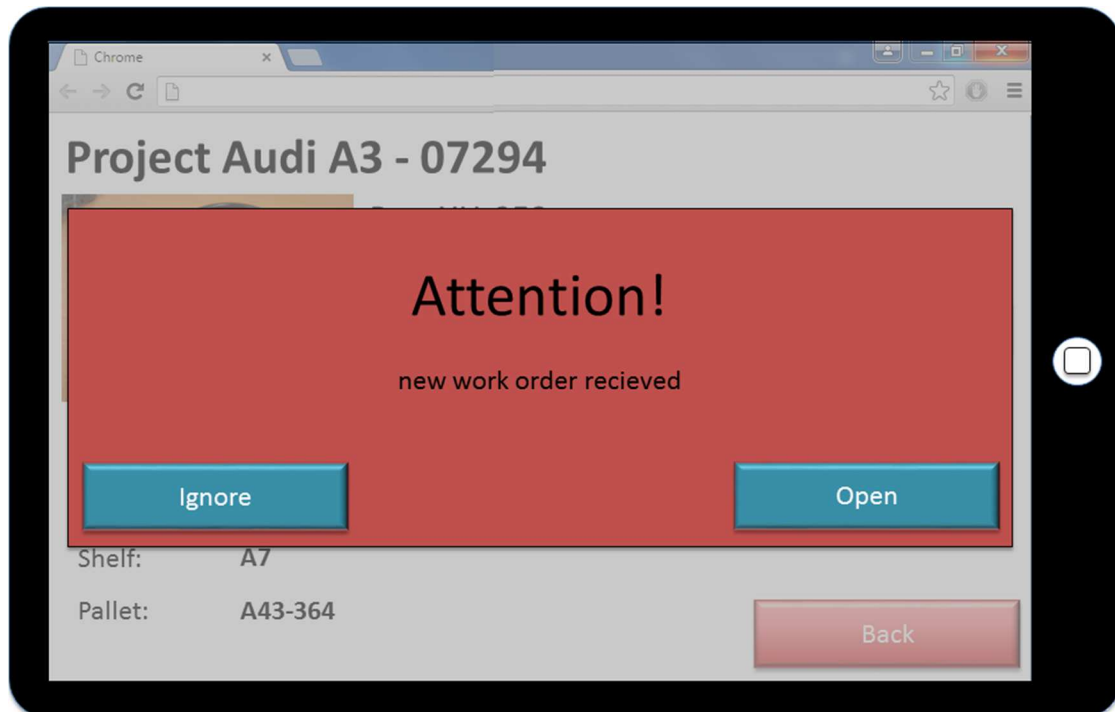
Ob sich das Smartphone oder das Tablet besser für die jeweilige Aufgabe eignet, hängt vorrangig vom Verwendungszweck ab. Soll der Werker lediglich mittels einer kurzen Nachricht informiert werden, so empfiehlt sich die Verwendung des Smartphones. Dieses besitzt eine geringere Größe und ein geringeres Gewicht, was sich über einen längeren Zeitraum positiv auf das Wohlbefinden des Werkers auswirkt. Soll die Nachricht hingegen ausführlichere Informationen oder multimediale Inhalte enthalten, empfiehlt sich die Verwendung eines Tablets.

### 6.1.2.2 Einsatz der passiven Informationsbereitstellung

Im vorliegenden Use Case wird der Werker mittels passiver Informationsbereitstellung über die Umstellung des Produktionsplanes informiert. Nachdem es durch die Produktionsplanungsabteilung zu einer Umstellung des Arbeitsplanes gekommen ist, informiert diese durch einen eigenen Zugang das Assistenzsystem über die Neuerungen, welches anschließend die Änderungen abfragt und die betroffenen Werker ermittelt. Darauf aufbauend werden alle an die Arbeiter zu übermittelnden Inhalte zusammengefasst und an ihre Smart Device gesendet, welche die Werker in Abhängigkeit von der Dringlichkeit auf die Ankunft neuer Informationen aufmerksam machen. Während beispielsweise eine Veränderung einer Tätigkeit in ein paar Tagen lediglich als Notiz angezeigt wird, kann das Gerät bei sofort durchzuführenden Änderungen akustisch auf sich aufmerksam machen.

Abschließend obliegt es dem Werker, die Informationen zu erfassen und daraus Schlüsse zu ziehen. Werden in diesem Zusammenhang erweiterte Informationen benötigt, so können diese anschließend mittels aktiver Informationsbereitstellung angefordert werden.

Abbildung 6-2: Mock-Up passive Informationsbereitstellung



### 6.1.3 Aktive Informationsbereitstellung

#### 6.1.3.1 Verwendetes Assistenzsystem

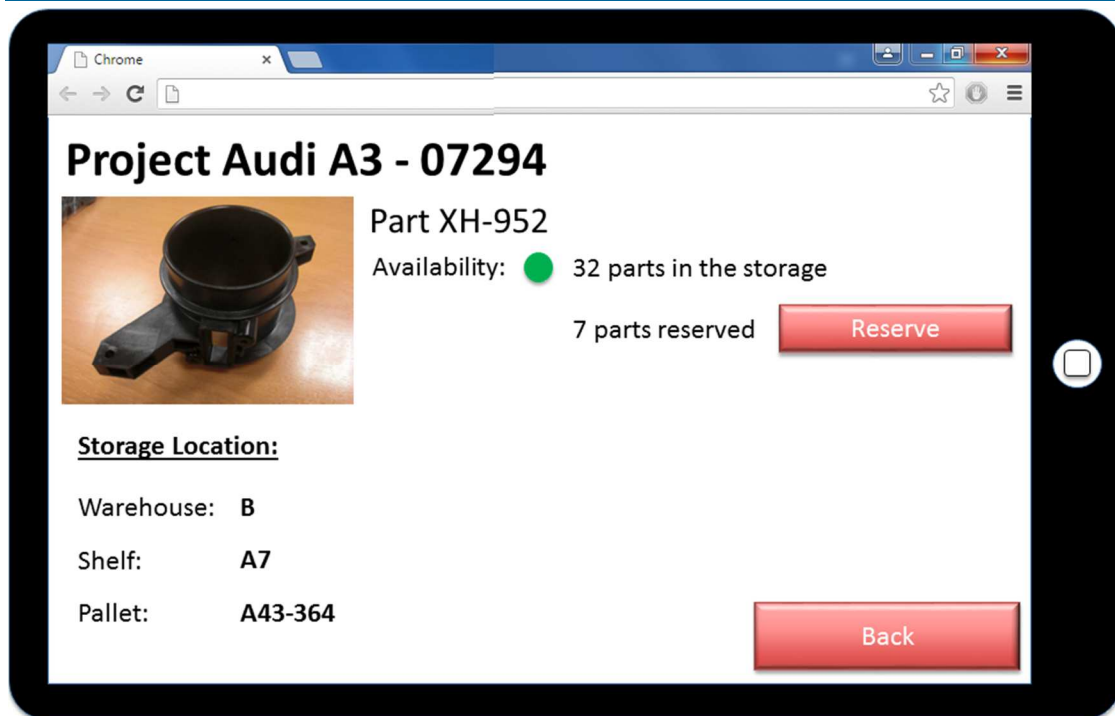
Wie schon bei der passiven Informationsbereitstellung eignet sich auch für die aktive Informationsbereitstellung aus den bereits genannten Gründen besonders mobile Systeme. Dabei hängt die Bevorzugung des Smartphones oder des Tablets vom den nachgefragten Informationen ab. Werden hauptsächlich kurze Informationen angefragt, überwiegen die Vorteile des Mobiltelefons aufgrund seiner geringeren Größe und seines geringeren Gewichtes. Werden hingegen umfangreichere Informationen abgefragt, oder enthalten diese neben textuellen Beschreibungen auch multimediale Inhalte, so sind Tablets aufgrund des größeren Displays und der damit übersichtlicheren Darstellungsmöglichkeit zu bevorzugen.

#### 6.1.3.2 Einsatz der aktiven Informationsbereitstellung

Im vorliegenden Use Case erfolgt die Abfrage der Verfügbarkeit und des Lagerortes der im Montageprozess benötigten Teile mittels aktiver Informationsbereitstellung. Dazu hat der Werker im Vorfeld bereits den Abgleich zwischen den, für den nächsten Montageschritt notwendigen und den, aktuell am Arbeitsplatz vorhandenen Einzelteilen vorgenommen. Falls dabei das Fehlen von Teilen festgestellt wurde, kann anschließend der Lagerort durch das Auswählen der benötigten Einzelteile auf dem Smart Device ermittelt werden.

Sobald der Werker einen Bauteil anklickt, wird dies vom Assistenzsystem erkannt, welches daraufhin eine Anfrage über alle benötigten Informationen beispielsweise an das Manufacturing Execution System stellt. Nachdem dieses die Daten zurückübermittelt hat, bereitet das Assistenzsystem die erhaltenen Informationen auf und sendet diese an das Smart Device des Werkers. Abschließend werden die Informationen auf dem Display angezeigt.

Abbildung 6-3: Mock-Up aktive Informationsbereitstellung



Wie das Beispiel zeigt, ist die Grundvoraussetzung für den Einsatz der aktiven Informationsbereitstellung das Vorhandensein eines IT-Systems, in welchem die benötigten Informationen konsistent gespeichert sind.

## 6.2 Use Case Thermolympic

Das spanische Unternehmen Thermolympic widmet sich der Erzeugung von Plastikspritzgussteilen. Die Einzelteile werden dabei weitgehend automatisiert von Maschinen hergestellt, wobei den Workern die anschließende Entgratung der Teile, deren visuelle Qualitätskontrolle und falls notwendig kleinere Montage- oder Fügetätigkeiten obliegen. Da die Informationsversorgung des Unternehmens bisher hauptsächlich über papierbasierte Dokumente erfolgte, liegt der Fokus des Projektes in der Einführung moderner informationstechnologischer Systeme.

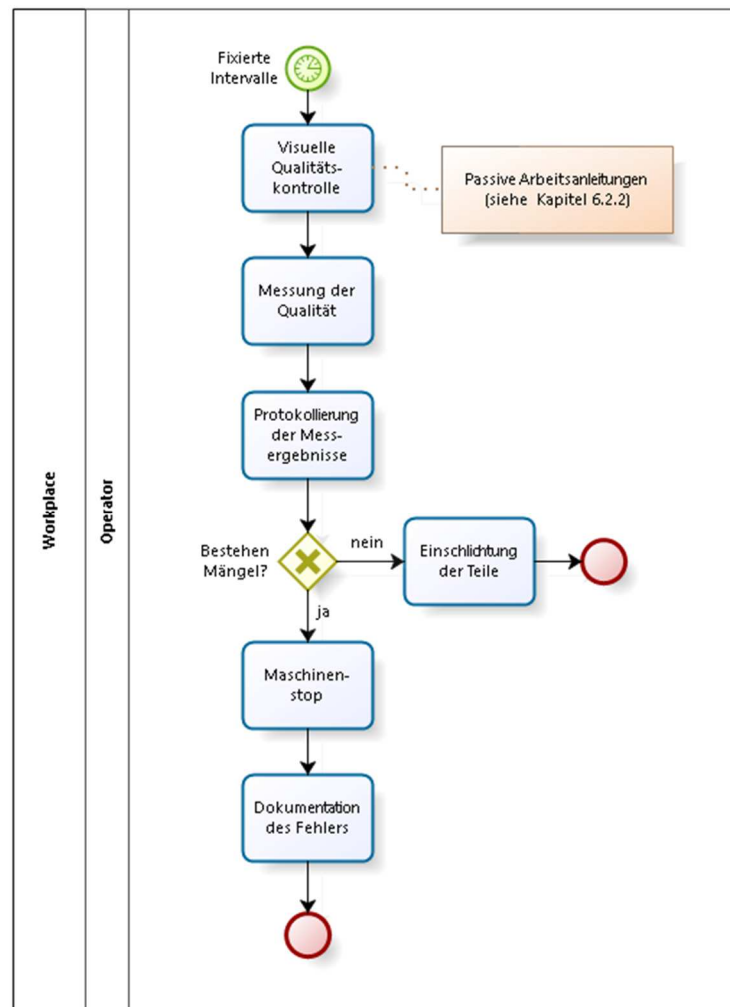


## 6.2.1 Aktuelle Situation

Die Tätigkeiten des Werkers starten nach der automatischen Produktion von Spritzgussteilen mit der Entgratung der Erzeugnisse. Anschließend werden, sofern mit dem Kunden nicht anders vereinbart, alle Teile im Zuge einer 100%-Kontrolle visuell vom Werker auf Fehler überprüft, wobei die Arbeits- und Kontrollanweisungen über mehrere ausgedruckte Dokumente zur Verfügung gestellt werden. An dieser Stelle würde der Einsatz einer passiven Arbeitsanleitung die Tätigkeiten des Werkers erheblich erleichtern. Dabei könnten die Arbeitsanweisungen mittels digitalisierter Dokumente zur Verfügung gestellt werden, sodass der Werker benötigte Informationen in übersichtlicher Weise einsehen kann.

Werden im Zuge der Qualitätskontrolle Fehler an den Teilen entdeckt, so muss der Fertigungsprozess sofort gestoppt, der Defekt vermerkt und der Teamleiter kontaktiert werden, welcher sich um die Behebung kümmert.

Abbildung 6-4: Use Case THO Operator



## 6.2.2 Passive Arbeitsanleitungen

### 6.2.2.1 Dokumentenanalyse und Datenbankentwurf

Bevor mit der Aufbereitung der passiven Arbeitsanleitungen begonnen werden kann, muss eine Dokumentenanalyse von den im Unternehmen zum Einsatz kommenden Arbeitsanleitungen vorgenommen werden. Dazu werden sämtliche, im beschriebenen Anwendungsfall benötigten Dokumente analysiert und ein Konzept für deren digitale Bereitstellung erstellt. Abschließend wird ein Datenbankentwurf in Form eines Entity-Relationship-Modells entwickelt.

Im Zuge des Arbeitsprozesses greift der Werker auf sechs Anleitungen zurück, die derzeit in Form von ausgedruckten Zetteln zur Verfügung gestellt werden. Nach der Einführung elektronischer Informationsbereitstellungsprozesse werden zukünftig sowohl dokumentbasierte, als auch modulare Arbeitsanleitungen eingesetzt werden. Die dokumentbasierten Anleitungen werden dabei in Form von PDF-Dateien gespeichert und mittels eines Browsers am Smart Device des Werkers geöffnet. Die Inhalte der modularen Anweisungen werden hingegen in Datenbanken gespeichert und erst beim Aufruf zusammengestellt.

Zusätzlich wird das Dokument „Inspección final“ ebenfalls in die Dokumentenanalyse miteinbezogen, da dessen Inhalt lediglich eine Erweiterung des Dokumentes „Autocontrol“ darstellt und der entwickelte Datenbankentwurf damit alle im Unternehmen eingesetzten modularen Arbeitsanleitungen umfasst.


*Tabelle 6-1: dokumentenbasierte und modulare Arbeitsanleitungen*

modular	dokumentenbasiert
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Muestrario de Defectos</li> <li>■ Ficha de Calidad</li> <li>■ Método Operativo</li> <li>■ Autocontrol</li> <li>■ Inspección final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hoja de Ruta</li> <li>■ Packaging</li> </ul>

Während zwischen den Inhalten erhebliche Unterschiede bestehen, besitzen sämtliche Dokumente eine Kopfzeile, in welcher sowohl das Dokument, als auch das Produkt und der Auftraggeber eindeutig identifiziert werden.

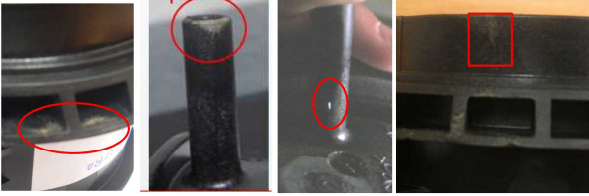
## Muestrario de Defectos

Abbildung 6-5: Muestrario de Defectos<sup>1</sup>

		<b>MUESTRARIO DE DEFECTOS A CONTROLAR</b>			
Referencia:	61752125	Denominación:	TUBO MONTAJE A FILTRO	Fecha creación:	11/12/2013
Cliente:	MANN+HUMMEL	Índice revisión:	3	Fecha revisión:	07/05/2014
Ref. Cliente:	10 492 42 502	Nivel de plano	N01	F.U.M.	18/03/2014


**1**



1.- QUEMAZOS (ATENCIÓN A FALTA DE MATERIAL O GRIETAS DERIVADAS)


  

**2**




2.- RÁFAGAS

**3**



3.- PUNTO DE INYECCIÓN


**4**



4.- FALTA DE MATERIAL


  

**5**



5.- REBABAS EN LINEA DE CIERRE

**6**



6.- INTERIOR DE AGUJERO CEGADO

<b>ELABORADO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>		<b>APROBADO POR:</b>	
Nombre:	Pedro Amoraga	Nombre:	Sergio Muñoz	Nombre:	Pablo Bielsa
Fecha:	13/02/2014	Fecha:	13/02/2014	Fecha:	13/02/2014

Das Dokument „Muestrario de Defectos“ dient der Übersicht über die häufigsten, in der Produktion auftretenden Fehler, wobei diese Informationen dem Werker in Form von Abbildungen in Kombination mit kurzen textuellen Beschreibung zur Verfügung gestellt werden. Im Zuge der Einführung digitaler Bereitstellungsprozesse wird dieses Dokument zukünftig als modulare Arbeitsanleitung verfügbar sein.

<sup>1</sup> Thermolympic

## Hoja de Ruta

Abbildung 6-6: Hoja de Ruta<sup>1</sup>

HOJA DE RUTA				Fecha: 12/08/2015		
O.F.:	32844	ARTÍCULO	62061022			
CANTIDAD:	1.192	DESCRIPCIÓN:	1578642XXX E02 TAPA SHELF 5500268375			
FECHA INICIO.:		FECHA FINALIZACION:	HORA INICIO	N° LOTE		
<b>MATERIALES</b>						
SEC.	Cód.Artículo	Descripción	Consumo unitario (Kg)	Cantidad	Almacén	Ubicación
10	24459001	Etiquetas 105*96 REF.E10596500 Blanca	0,0250	29,800		
15	21453000	FELT 1578644X	1,0000	1.192.000		
25	23670025	[PPT20]HOSTACOM TRC 364N C12594 I	0,1060	126,352		
30	21200506	KLT RL 4147 (400x300x147)SHELF VS20	0,0000	0,000		
35	21200503	TAPA LIL97204AD 1200X1000	0,0000	0,000		
40	21200502	PALETPKF30301AA 1200X1000	0,0000	0,000		
<b>OPERACIONES</b>						
N°Op	Descripción	C.Trabajo	T.Ejec.	Molde	Almacén	Ubicación
5		15	15,02	33333572 - Molde Tapa-Shelf VS-20	ALTILLO (MOLDE)	H03
<b>Codigos de Tiempos no productivos</b>						
10 Averia maquina	70 Falta personal	Stock Material fin de producción		Fecha		
20 Averia molde	80 Mantenimiento	Verificador		Hora		
30 Averia robot	85 Puesta en marcha	<b>Observaciones</b>				
40 Paro calidad	90 Otros	Emb. Alt. Caja 48+sep; H03				
50 Falta material	95 Poner molde					
60 Falta embalaje	99 Quitar molde					

Das Dokument „Hoja de Ruta“ stellt die Stückliste eines Produktes dar und wird automatisch vom firmeninternen Enterprise Resource Planning System als PDF-Datei erzeugt. Aufgrund der Übersichtlichkeit des Dokumentes und der automatischen Erstellung wird dieses Dokument dem Mitarbeiter zukünftig als dokumentbasierte Arbeitsanleitung zur Verfügung gestellt.

<sup>1</sup> Thermolympic

Ficha de Calidad

Abbildung 6-7: Ficha de Calidad<sup>1</sup>

THERMOLYMPIC		FICHA DE CALIDAD		Referencia:	61752125 <th>Índice revisión:</th> <td>2 </td>	Índice revisión:	2
Cliente:	MANN+HUMMEL	Ref Cliente:	10 492 42 S02	Denominación:	TUBO MONTAJE A FILTRO	Fecha creación:	07/05/2014
				Nivel de plano:	N01	Fecha revisión:	09/10/2014
						F.U.M.	18/03/2014
<p>ÁREA DE SOLDADURA LIBRE DE DEFECTOS</p>				<p>ATENCIÓN A FALTA DE MATERIAL</p>			
<p>Acciones en caso anomalía: Avisar Encargado</p>				<p>REVISIÓN</p>			
<p>Registro: Lib. Serie: ficha liberación serieFPOC 09-03. GP12: Registro de GP12 FPOC 19-09</p>				<p>Operario</p>			
<p>Calidad</p>				<p>Calidad</p>			
Caract. Control	Tipo	CÓMO	QUÉ	Liberación Serie	Frecuencia Cantidad	Frecuencia	Cantidad
0	VISUAL	VISUAL	MARCAJE EN ALTO RELIEVE (Material, cavidad, fechadores, referencia, y logotipo FoMoCo)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
1	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Rechupes o líneas de cierre marcadas <math>\pm 0,3</math>)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
2	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Sin obstrucciones o falta de material)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
3	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Rebabas y/o rafagas en punto de inyección y marcas de extracción)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
4	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Rafagas, roturas, marcas, rayas, brillos, marcas de agua, abultamientos...)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
5	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Quemazos y/o falta de material en boquilla)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
6	VISUAL	VISUAL	ASPECTO GENERAL (Zona de soldadura libre de quemazos, mochos y/o protuberancias)	C / E	100%	2 vez / Turno	1 piezas
7	VISUAL + MANUAL (Pasador 10203) (PNP 10284)	MANUAL	Obstrucciones interior tubo y paso de tornillo	C		2 vez / Turno	1 piezas
8	VISUAL + MANUAL (3D-PNP 10279)	MANUAL	COTA 1 / REDONDEZ-24 PUNTOS- ( $\varnothing 70.30 \pm 0,3$ )	C		Inic./final fab. (3D) 2 vez / Turno (PR)	1 piezas
9	VISUAL + MANUAL (Pie de rey)	MANUAL	COTA 2 (2.55 $\pm 0,05$ )	C		2 vez / Turno	1 piezas
10	VISUAL + MANUAL (Pie de rey)	MANUAL	COTA 3 (2.55 $\pm 0,05$ )	C		2 vez / Turno	1 piezas
11	VISUAL + MANUAL (Pie de rey)	MANUAL	COTA 4 (6.5 $\pm 0,2$ )	C		2 vez / Turno	1 piezas
12	VISUAL + MANUAL (3D-Pie de rey)	MANUAL	COTA 5 (25.35 $\pm 0,1$ )	C		Inic./final fab. (3D) 2 vez / Turno (PR)	1 piezas
13	VISUAL + MANUAL (3D)	MANUAL	COTA 6 ( $\varphi / \varnothing 1.0 / B / C-D$ )	C		Inic./final fab	1 piezas
14	VISUAL + MANUAL (Balanza)	MANUAL	Peso 115gr $\pm 5$	C		2 vez / Turno	1 piezas
<p>* La frecuencia de revisión de piezas por parte del operario corresponde con el nº de máquinas a su cargo</p>				<p>1 MÁQUINA --- 100% del TURNO</p> <p>2 MÁQUINAS --- 50% del TURNO</p> <p>3 MÁQUINAS --- 33% del TURNO</p>			
<p>Redactado por:</p>				<p>Aprobado por:</p>			
<p>Nombre: Pedro Amorag</p>				<p>Nombre: Sergio Muñoz</p>			
<p>Función: Calidad</p>				<p>Función: Calidad Responsable</p>			

FPOC-09.01.Ed.

Das Dokument „Ficha de Calidad“ ist mit Abstand das wichtigste Dokument für den Werker und beschreibt in tabellarischer Form die am Produkt auszuführenden Kontrollaktivitäten. Die zukünftige modulare Arbeitsanleitung wird dabei folgende Punkte umfassen:

- **Cómo:** Beschreibt die Art der Qualitätskontrolle, wobei zwischen visueller und manueller Kontrolle unterschieden wird.
- **Qué:** Textuelle Beschreibung der auszuführenden Tätigkeiten.
- **Liberación:** Gibt an, von wem die Tätigkeiten auszuführen sind. Diese können dabei vom

<sup>1</sup> Thermolympic

Werker und dem Qualitätsmanagement oder nur vom Qualitätsmanagement verlangt werden.

- **Operativo:** Beschreibt prozentuell, wie viele Produkte in Bezug auf die gesamte Produktion kontrolliert werden müssen.
- **Cantidad:** Gibt an, wie oft eine Kontrolle durch die Qualitätsabteilung pro Schicht durchzuführen ist.

## Método Operativo

Abbildung 6-8: Método Operativo<sup>1</sup>

MÉTODO OPERATIVO + Lay Out

Referencia de pieza:	61752125	Denominación:	TUBO MONTAJE A FILTRO	Fecha de creación:	20/05/2014
Cliente:	MANN-HUMMEL	Índice revisión:	2	Fecha de revisión:	12/06/2014
Ref. Cliente:	10 492 42 502	Nivel de plano:	NO1	F.U.M.	18/03/2014

MÁQUINA 18

ROBOT

DOCUMENTACIÓN

MÉTODO OPERATIVO

ANTES DEL INICIO DE PRODUCCIÓN PREPARAR TODO LO NECESARIO SEGÚN ESCANDALLO. HAY QUE COLOCAR DOS CAJAS PULMÓN SOBRE UN CARRITO AL FINAL DE LA CINTA, Y COLOCAR UN CABALLETE A LA IZQUIERDA DE LAS CAJAS PULMÓN: EN LA PARTE SUPERIOR DEL CABALLETE ESTÁ LA CAJA FINAL Y EN LA PARTE INFERIOR LA CAJA VACÍA

- 0.- UNA VEZ FINALIZADO EL CICLO, EL ROBOT NOS ENTREGARÁ DOS PIEZAS QUE DEPOSITARÁ AUTOMÁTICAMENTE SOBRE LA CINTA. AL INICIO SE DESCARTAN LAS TRES PRIMERAS INYECTADAS (CAJA DE PIEZAS NOK DE INICIO)
- 1.- RECOGEMOS LA PIEZA ACUMULADAS EN LA CAJA PULMÓN, DEPOSITÁNDOLAS SOBRE LA MESA DE TRABAJO PARA REVISARLAS SIGUIENDO LAS SIGUIENTES PAUTAS:
  - 1.1.- COMPROBAR QUE EL MARCAJE EN ALTO RELIEVE ES CORRECTO, VERIFICANDO QUE APAREZCAN EL MATERIAL, CAVIDAD, FECHADOR, REFERENCIAS, REFERENCIA PIEZA Y LOGOTIPO FOMOCO
  - 1.2.- VERIFICAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA, VERIFICANDO QUE NO EXISTEN RECHUPES O LÍNEAS DE UNIÓN MARCADAS
  - 1.3.- VERIFICAR QUE NO EXISTEN OBSTRUCCIONES Y/O FALTA DE MATERIAL
  - 1.4.- VERIFICAR QUE LA PIEZA NO MUESTRA MARCAS DE PUNTOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN
  - 1.5.- VERIFICAR QUE LOS ALOJAMIENTOS PARA TORNILLOS NO ESTÁN CEGADOS
  - 1.6.- VERIFICAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA EN BÚSCA DE RAFAGAS, ROTURAS, MARCAS, RAYAS, BRILLOS, RECHUPES, ABUTAMIENTOS, CAMBIOS DE COLOR.
  - 1.7.- VERIFICAR QUE NO EXISTEN QUEMATOS O FALTA DE MATERIAL EN BOQUILLA
  - 1.8.- VERIFICAR QUE LA ZONA DE SOLDADURA ESTÁ LIBRE DE QUEMATOS, MANCHAS Y/O PROTUBERANCIAS
- 2.- SI LA PIEZA ES NOK, INTRODUCIRLA EN EL CONTENEDOR ROJO. Si salen más de 5 inyectadas consecutivas NOK avisar al encargado
- 3.- SI LA PIEZA ES OK, REVISAR QUE EL PUNTO DE INYECCIÓN NO MUESTRA NINGÚN TIPO DE REBABA DEPOSITARLA EN LA CAJA FINAL SEGÚN LA FICHA DE EMBALAJE
- 4.- UNA VEZ COMPLETADA LA CAJA COLOCAR ETIQUETA IDENTIFICATIVA DE PRODUCTO Y LLEVAR LA CAJA AL PALET FINAL.
- 5.- CADA 2 HORAS REALIZAREMOS UN AUTOCONTROL DE LAS PIEZAS, FIJANDONOS EN TODOS LOS ASPECTOS VISUALES QUE INDICA LA FICHA DE CALIDAD Y RELLENAREMOS EL DOCUMENTO CORRESPONDIENTE.
  - SI APARECIERA UN NUEVO DEFECTO EN EL AUTOCONTROL, RETENER LAS PIEZAS PRODUCIDAS DESDE EL ÚLTIMO AUTOCONTROL CORRECTO Y AVISAR A CALIDAD PLANTA.
- 6.- (AL TERMINAR EL TURNO, AVISAR AL ENCARGADO Y VACIAR LOS CONTENEDORES DE PIEZAS NOK) MANTENER EL PUESTO LIMPIO Y ORDENADO DURANTE TODO EL TURNO.

<b>ELABORADO POR:</b> Nombre: Pedro Amargosa Fecha: 12/06/2014	<b>REVISADO POR:</b> Nombre: Sergio Muñoz Fecha: 12/06/2014	<b>APROBADO POR:</b> Nombre: Pablo Bletta Fecha: 12/06/2014
--	---	---

Das Dokument „Método Operativo“ beschreibt in Form einer textuellen Aufzählung die Anordnung aller am Arbeitsplatz befindlichen Gegenstände, wobei eine Abbildung am Beginn des

<sup>1</sup> Thermolympic

Dokuments der graphischen Ergänzung der Beschreibung dient. Daneben können den einzelnen Aufzählungspunkten zusätzliche Abbildungen zugeordnet sein. Nach Einführung der digitalen Informationsbereitstellungsprozesse wird dieses Dokument dem Werker als modulare Arbeitsanleitung zur Verfügung gestellt werden.

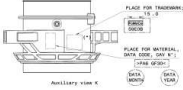
## Autocontrol

Abbildung 6-9: Autocontrol<sup>1</sup>

THERMOLYMPIC		AUTOCONTROL / INSPECCIÓN DE LA PIEZA	
Referencia:	61752125	Denominación:	TUBO MONTAJE A FILTRO
Cliente :	MANN+HUMMEL	Índice revisión:	2
Ref. Cliente:	10 492 42 502	Nivel plano:	N01
		Fecha creación:	11/12/2013
		Fecha revisión:	07/05/2014
		F.U.M.:	18/03/2014

0.- EL AUTOCONTROL LO REALIZARÁ EL OPERARIO REVISANDO VISUALMENTE CADA INYECTADA RECIÉN SALIDA DE LA MÁQUINA.

1.- COMPROBAR QUE MARCAJE DE LA PIEZA ES CORRECTO, VERIFICANDO QUE APARECEN MATERIAL, CAVIDAD, FECHADOR, REFERENCIAS Y LOGOTIPO FOMOCO.  
(Punto 0 de la ficha de calidad)




2.- COMPROBAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA, VERIFICANDO QUE NO EXISTEN RECHUPES O LÍNEAS DE UNIÓN MARCADAS.  
(Punto 1 de la ficha de calidad)

3.- COMPROBAR QUE NO EXISTEN OBSTRUCCIONES Y/O FALTA DE MATERIAL.  
(Punto 2 de la ficha de calidad)


4.- COMPROBAR QUE LA PIEZA NO MUESTRA MARCAS DE PUNTOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN.  
(Punto 3 de la ficha de calidad)

5.- COMPROBAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA EN BUSCA DE RÁFAGAS, ROTURAS, MARCAS, RAYAS, BRILLOS, RECHUPES, ABULTAMIENTOS, CAMBIOS DE COLOR...  
(Punto 4 de la ficha de calidad)

6.- COMPROBAR QUE LA BOQUILLA ESTÁ LIBRE DE QUEMAZOS Y FALTA DE MATERIAL.  
(Punto 5 de la ficha de calidad)



7.- COMPROBAR QUE LA ZONA DE SOLDADURA ESTÁ LIBRE DE QUEMAZOS, MANCHAS Y/O PROTUBERANCIAS  
(Punto 6 de la ficha de calidad)



8.- VERIFICAR LA PIEZA EN BUSCA DE DEFECTOS ADICIONALES NO CONTEMPLADOS EN ESTA INSTRUCCIÓN.

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Pedro Amoraga	Nombre:	Sergio Muñoz	Nombre:	Pablo Biella
Fecha:	11/12/2013	Fecha:	11/12/2013	Fecha:	11/12/2013

Das Dokument „Autocontrol“ besteht ebenfalls aus einer textuellen Aufzählung und beschreibt sämtliche Kontrollaktivitäten, die der Werker im Zuge seiner Tätigkeiten auszuführen hat. Wie auch im vorangegangenen Dokument können die Beschreibungen dabei um Abbildungen erweitert werden. Das Dokument wird zukünftig als modulare Arbeitsanleitung verfügbar sein.

<sup>1</sup> Thermolympic

## Inspección final

Abbildung 6-10: Inspección final<sup>1</sup>

THERMOLYMPIC		MÉTODO DE INSPECCIÓN FINAL DE LA PIEZA	
Referencia:	61752125	Denominación:	TUBO MONTAJE A FILTRO
Cliente:	MANN-HUMMEL	Índice revisión:	3
Ref. Cliente:	10 492 42 502	Nivel plano:	N01
		Fecha creación:	11/12/2013
		Fecha revisión:	07/05/2014
		F.U.M.:	18/03/2014

ESTE MÉTODO ESTA DESTINADO A DESCRIBIR COMO DEBE REALIZARSE LA COMPROBACIÓN FINAL DEL 100% DE LAS PIEZAS POR UNA EMPRESA EXTERNA.

TOMAREMOS LAS CAJAS DE UNA EN UNA DEL AREA DE INSPECCIÓN, LA COLOCAREMOS EN LA MESA DE INSPECCIÓN Y PREPARAREMOS UNA CAJA DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS. AL ABRIR LA CAJA, RESERVAREMOS EL DOCUMENTO DE LA TRAZABILIDAD DE LA CAJA.

EL CONTROL LO REALIZAREMOS EN LAS PIEZAS DE UNA EN UNA DEL SIGUIENTE MODO:

- COMPROBAR QUE MARCAJE DE LA PIEZA ES CORRECTO, VERIFICANDO QUE APARECEN MATERIAL, CAVIDAD, FECHADOR, REFERENCIAS Y LOGOTIPO FOMOCO.  
(Punto 0 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA, VERIFICANDO QUE NO EXISTEN RECHUPES O LÍNEAS DE UNIÓN MARCADAS.  
(Punto 1 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR QUE NO EXISTEN OBSTRUCCIONES Y/O FALTA DE MATERIAL.  
(Punto 2 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR QUE LA PIEZA NO MUESTRA MARCAS DE PUNTOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN.  
(Punto 3 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR EL ASPECTO GENERAL DE LA PIEZA EN BUSCA DE RÁFAGAS, ROTURAS, MARCAS, RAYAS, BRILLOS, RECHUPES, ABULTAMIENTOS, CAMBIOS DE COLOR...  
(Punto 4 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR QUE LA BOQUILLA ESTÁ LIBRE DE QUEMAZOS Y FALTA DE MATERIAL.  
(Punto 5 de la ficha de calidad)
- COMPROBAR QUE LA ZONA DE SOLDADURA ESTÁ LIBRE DE QUEMAZOS, MANCHAS Y/O PROTUBERANCIAS.  
(Punto 6 de la ficha de calidad)
- VERIFICAR LA PIEZA EN BUSCA DE DEFECTOS ADICIONALES NO CONTEMPLADOS EN ESTA INSTRUCCIÓN.
- UNA VEZ REVISADA LA PIEZA LA COLOCAREMOS EN LA CAJA FINAL SEGÚN INDICA LA FICHA DE EMBALAJE.
- EN CASO DE ENCONTRAR ALGUNA PIEZA NOK, LA SEGREGAREMOS Y ANOTAREMOS EL DEFECTO ENCONTRADO, Y OPERARIO EN EL PARTE DE TRABAJO. ESTAS PIEZAS NOK SE ENTREGARÁN A CALIDAD AL FINAL DE LA REVISIÓN O DEL TURNO. En caso de encontrar un defecto repetitivo, avisaremos inmediatamente al personal de calidad.
- UNA VEZ QUE COMPLETAMOS UNA CAJA DE PIEZAS OK, AÑADIR EL PAPEL CON LA TRAZABILIDAD DENTRO Y CERRAR E IDENTIFICAR COMO INDICA LA FICHA DE EMBALAJE. ADEMÁS COLOCAREMOS LA ETIQUETA OK DE LA EMPRESA EXTERNA EN LA ZONA DEL PRECINTO, SIN TOCAR EL CARTÓN.
- LLEVAREMOS LA CAJA AL PALET DE PIEZAS REVISADAS, Y CONTINUAREMOS CON OTRA CAJA. UNA VEZ COMPLETADO EL PALET, DEJAR EN EL PASILLO DE MATERIAL CONFORME PARA SU ENTRADA EN ALMACÉN.

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	Pedro Amoraga	Nombre:	Sergio Muñoz	Nombre:	Pablo Bielsa
Fecha:	21/02/2014	Fecha:	21/02/2014	Fecha:	21/02/2014

Das Dokument „Inspección final“ ist eine um mehrere Arbeitsschritte erweiterte Version des Dokuments „Autocontrol“. Obwohl dieses nicht vom Werker verwendet wird, wird es aufgrund seiner Ähnlichkeit und für die Vollständigkeit des Datenbankentwurfes miteinbezogen.

<sup>1</sup> Thermolympic



## Packaging

Abbildung 6-11: Packaging<sup>1</sup>

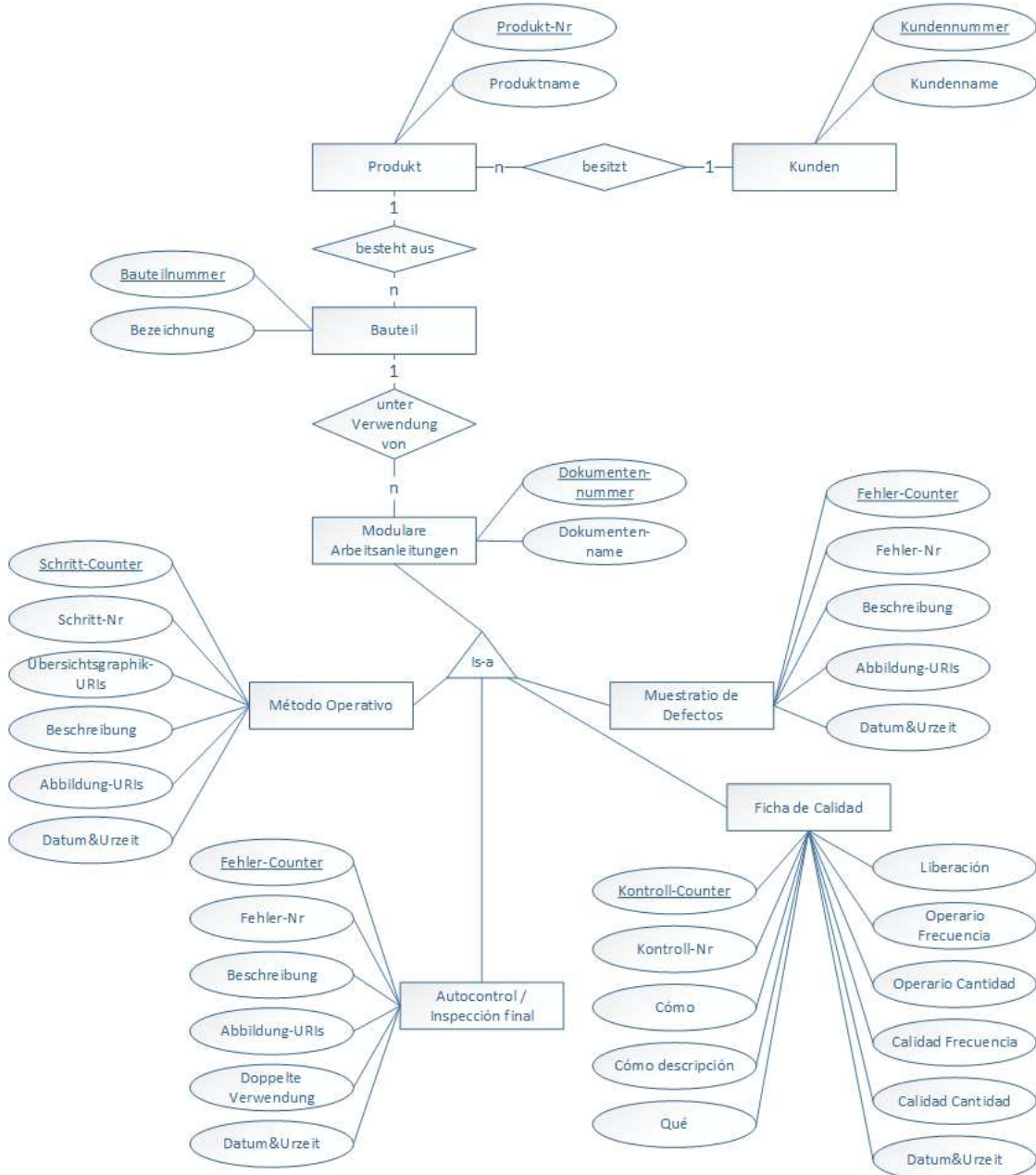
Plan avanzado de calidad para piezas compradas (RL-MHDE-ZQ06)																																						
"Requerimientos de embalaje RCPT"																																						
Sheet of: 4	Referencia: 61752125	Denominación: TUBO DE MONTAJE A FILTRO	Revisión: (GP): 2	Revision status (W): 2	Fecha: 29/10/14																																	
Departamento: SERGIOR THERMOLYMPIC ES																																						
Nuestra Planta de destino: Nuestra persona de: Email: Fax:			Observaciones: - 72 piezas por caja   1080 piezas por pallet. Embaladas en caja 48. 3 capas separadas por cartón, formadas por 24 piezas en disposición 4x6. Prestar especial atención a la disposición de las piezas para evitar que la pipeta esté en contacto con la caja. En pallet 1000x1200 retráctilado, 15 cajas colocadas en 3 pisos de 5 cajas.																																			
Nuestro pedido: --ALL--																																						
<b>Embalaje individual</b>																																						
Descripción: Caja 48	VP-Number M+H:	Dimensiones exteriores (mm): 600 x 400 x 300	Peso Neto (kg):	Número de capas: 3																																		
Tapa: Solapas	VP-Number M+H:	adicional embalaje:	Peso Bruto (kg): 9Kg	Cantidad total (Piezas / kilos)																																		
<b>Unidad de carga / LT / KLT</b>																																						
Descripción: Pallet 1000x1200 retráctilado	VP-Number M+H:	Dimensiones exteriores (mm): 1000 x 1200 x 1050	Peso Neto (kg):	Altura máxima (mm): 1050																																		
Tapa:	VP-Number M+H:	Embalaje adicional:	Peso Bruto (kg):	Etiqueta VDA /Odetle:																																		
Overview of amendments: Indicar la siguiente información: ***Mínimo tamaño lote de envío : 6.000 u ***Mínimo tamaño lote de envío (en caso de pallets multireferencia): ** Cantidad total en la unidad de carga (piezas ó Kg): 6.000 u																																						
Fotos del packaging (obligatorio incorporar foto de la caja individual, pallet y unidad de carga paletizada para transporte indicando sus dimensiones)																																						
MUCHA ATENCIÓN A LA DISPOSICIÓN. LAS PIPETAS NUNCA DEBEN TOCAR LAS PAREDES DE LA CAJA.																																						
		<table border="1"> <tr> <td>Nº PEDIDO</td> <td>THERMOLYMPIC S.L.</td> <td>1 / 105</td> </tr> <tr> <td>**</td> <td>Nº PROVEEDOR</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">DESCRIPCIÓN PIEZA</td> <td>Peso Neto/Unid</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Spacer pipe</b></td> <td>0,00Gr</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>1049242S02</b></td> <td>Peso Bruto/Caja</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>N01</b></td> <td>0,00Gr</td> </tr> <tr> <td colspan="2">OPERARIO</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">REFERENCIA PIEZA</td> <td>Nº Lote 2034</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>61752125</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">CANTIDAD</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>72</b></td> <td></td> </tr> </table>				Nº PEDIDO	THERMOLYMPIC S.L.	1 / 105	**	Nº PROVEEDOR		DESCRIPCIÓN PIEZA		Peso Neto/Unid	<b>Spacer pipe</b>		0,00Gr	<b>1049242S02</b>		Peso Bruto/Caja	<b>N01</b>		0,00Gr	OPERARIO		FECHA	REFERENCIA PIEZA		Nº Lote 2034	<b>61752125</b>			CANTIDAD			<b>72</b>		
Nº PEDIDO	THERMOLYMPIC S.L.	1 / 105																																				
**	Nº PROVEEDOR																																					
DESCRIPCIÓN PIEZA		Peso Neto/Unid																																				
<b>Spacer pipe</b>		0,00Gr																																				
<b>1049242S02</b>		Peso Bruto/Caja																																				
<b>N01</b>		0,00Gr																																				
OPERARIO		FECHA																																				
REFERENCIA PIEZA		Nº Lote 2034																																				
<b>61752125</b>																																						
CANTIDAD																																						
<b>72</b>																																						
<b>Histórico de modificaciones:</b>																																						
Development	Fecha	Nombre:	Departamento:	Razon																																		
0	12/12/13	Pedro Amoraga	Calidad	Creación del documento																																		
1	06/05/14	Pedro Amoraga	Calidad	Actualizado a nuevo nivel de pieza																																		
2	29/10/14	Pedro Amoraga	Calidad	Actualizado con precaución de rotura de pipeta.																																		

Das Dokument „Packaging“ beschreibt die Vorgehensweise bei der Verpackung der fertigen Produkte. Da eine Kopie dem Kunden übermittelt und von diesem bewilligt werden muss, wird das vorliegende Dokument zukünftig als dokumentbasierte Arbeitsanleitung ausgeführt und dem Mitarbeiter in Form eines PDFs zur Verfügung gestellt werden.

<sup>1</sup> Thermolympic

Datenmodell

Abbildung 6-12: Datenmodell Übersicht



Die Firma Thermolympic produziert diverse Bauteile für verschiedene Kunden, wobei diese sowohl durch die Kundennummer, als auch durch ihren Namen eindeutig identifizierbar sind. Dabei wird lediglich die Kundennummer als Primärschlüssel verwendet. Im Zuge der Produktion werden oftmals mehrere Aufträge für einen Kunden erstellt, wodurch sich eine n:1-Beziehung zwischen den Produkten und dem Auftraggeber ergibt.

Jedes im Unternehmen erzeugte Produkt wird mittels einer fortlaufenden Produktnummer identifiziert, welche innerhalb der Table als Primärschlüssel verwendet wird. Die Produkte bestehen wiederum aus einem oder mehreren Bauteilen, die über die fortlaufende Bauteilnummer als Primärschlüssel identifiziert werden.

Insgesamt werden zukünftig sechs Dokumente in Form modularer Arbeitsanleitungen für die Produktion benötigt. Der Counter dient dabei als Primärschlüssel der entsprechenden Table und ermöglicht das eindeutige ansprechen eines Tupels durch das Datenbankmanagementsystem. Die Nummer gibt anschließend an, in welcher Reihenfolge die einzelnen Informationen dem Mitarbeiter angezeigt werden. Dies ermöglicht dem Autor der Arbeitsanleitung, die einzelnen Schritte unabhängig von der Reihenfolge der Anzeige zu erstellen. Damit dem Werker die neueste Version angezeigt wird, enthalten alle Tupel das Datum inklusive Uhrzeit als zusätzliches Attribut. Dadurch übergibt das Datenbankmanagementsystem bei entsprechend erstellter Select-Abfrage die neueste Version.

Da das Dokument „Inspección final“ lediglich eine Erweiterung des Dokumentes „Autocontrol“ darstellt, wird nur eine Datenbank verwendet und die Zuordnung zu dem jeweiligen Dokument über eine Boolesche Variable verwirklicht. Die anschließende Tabelle veranschaulicht die in der Datenbank eingesetzten Datentypen.

*Tabelle 6-2: Datentypen*

<b>Produkt</b>	<b>Bauteil</b>
Produktnummer: <b>integer</b> Produktname: <b>char</b>	Bauteilnummer: <b>integer</b> Bezeichnung: <b>char</b>
<b>Kunden</b>	<b>Modulare Anleitungen</b>
Kundennummer: <b>integer</b> Kundenname: <b>char</b>	Dokumentnummer: <b>integer</b> Dokumentenname: <b>char</b>
<b>Método Operativo</b>	<b>Muestrario de Defectos</b>
Schritt-Counter: <b>integer</b> Schritt-Nr: <b>smallint</b> Übersichtsgraphik-URIs: <b>char</b> Beschreibung: <b>char</b> Abbildungs-URIs: <b>char</b> Datum&Uhrzeit: <b>getutctime</b>	Fehler-Counter: <b>integer</b> Fehler-Nr: <b>smallint</b> Beschreibung: <b>char</b> Abbildungs-URIs: <b>char</b> Datum&Uhrzeit: <b>getutctime</b>

Autocontrol / Inspección final	Ficha de Calidad
Fehler-Counter: <b>integer</b> Fehler-Nr: <b>smallint</b> Beschreibung: <b>char</b> Abbildungen-URIs: <b>char</b> Doppelte Verwendung: <b>boolean</b> Datum&Urzeit: <b>getutctime</b>	Kontroll-Counter: <b>integer</b> Kontroll-Nr: <b>smallint</b> Cómo: <b>char</b> Cómo descripción: <b>char</b> Qué: <b>char</b> Liberación: <b>char</b> Operario Frecuencia: <b>char</b> Operario Cantidad: <b>char</b> Calidad Frecuencia: <b>char</b> Calidad Cantidad: <b>char</b> Datum&Urzeit: <b>getutctime</b>

### 6.2.2.2 Aufbereitung der passiven Arbeitsanleitungen

Im Zuge des Use Cases obliegt dem Werker die Qualitätskontrolle der einzelnen Bauteile, wobei die dafür benötigten Informationen in Form von modularen passiven Arbeitsanleitungen mittels seines Tablet zur Verfügung gestellt werden. Dazu müssen in einem ersten Schritt die Layouts erstellt werden, mit welchen die Aufteilung der Informationen innerhalb der zu erstellenden Dateien festgelegt werden. Da die Formatierung der Dokumente zwischen allen Produkte gleich ist, können diese anschließend übernommen werden.

Als nächstes erfolgt die Erstellung der Inhalte. Dazu kann die Entwicklungsabteilung über eine html-basierte Benutzeroberfläche die Informationen in Form von Texten oder Graphiken eingeben. Sobald alle Daten erstellt sind, können diese freigegeben und in der Qualitätskontrolle eingesetzt werden.

Abbildung 6-13: Mock-Up passive Arbeitsanleitung - Erstellung

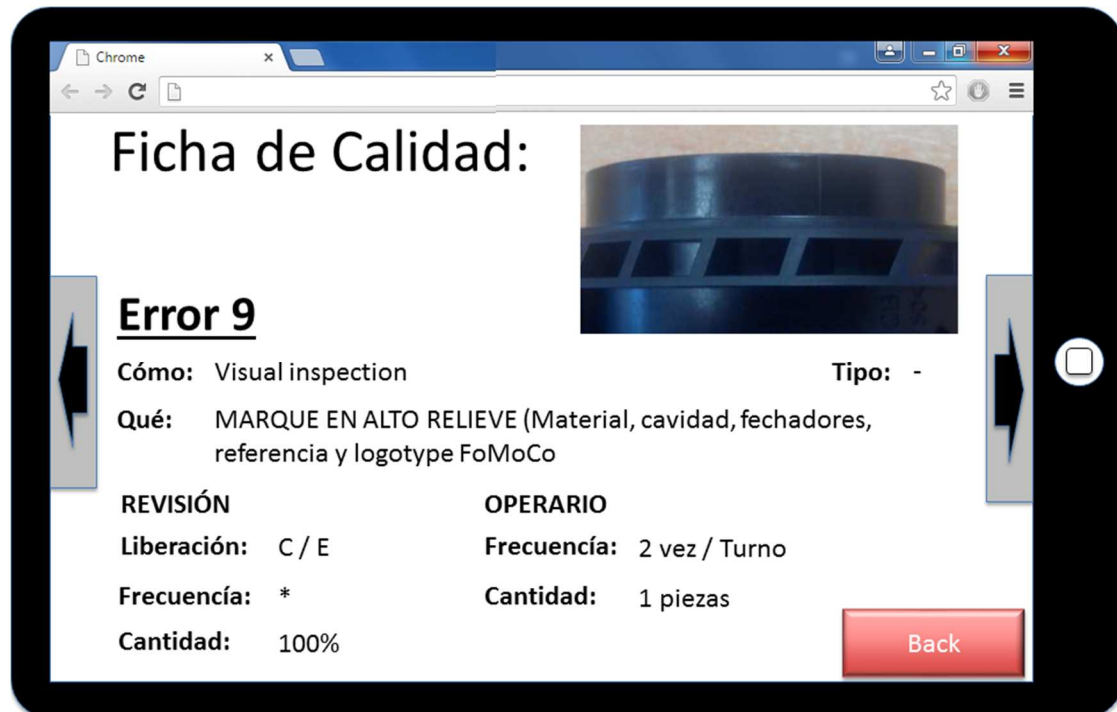


### 6.2.2.3 Einsatz der passiven Arbeitsanleitung

Bevor der Werker mit der Qualitätskontrolle beginnen kann, ermittelt dieser anhand des ihm zugewiesenen Produktionsplanes, welches Produkt herzustellen ist. Darauf aufbauend werden die passenden Arbeitsanleitungen aus der internen Datenbank ausgewählt und über einen Internetbrowser geöffnet.

Im Zuge des Produktionsprozesses beginnt der Werker falls notwendig mit der Montage der Bauteile entsprechend der in der Anleitung vermerkten Arbeitsschritte und führt abschließend eine Qualitätskontrolle durch.

Abbildung 6-14: Mock-Up passive Arbeitsanleitung - Einsatz



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationssysteme große Potentiale für die Steigerung der Effizienz der Produktions- und Montageprozesse ergeben, wobei gleichzeitig die Mitarbeiterzufriedenheit verbessert werden kann. Der Werker wird dabei von einem Informationsempfänger zu einem wichtigen Glied der Informationsprozesse, welcher selbstständig Informationen generiert und damit einen wichtigen Beitrag für die stete Aktualität leistet.

Welche Smart Devices für diese Aufgaben eingesetzt werden, hängt stark vom industriellen Umfeld und dem beabsichtigten Verwendungszweck ab. Dabei zeichnen sich vor allem handheld Geräte und Datenbrillen durch ihre flexiblen Einsatzmöglichkeiten und ihrer Leichtigkeit in der Bedienung aus. Aufgrund der Vertrautheit der meisten Werker mit mobilen Systemen ist in der Einführungsphase der Einsatz entsprechender Geräte empfehlenswert, wobei sich vor allem Tablets durch ihre vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten auszeichnen. Daneben sind Datenbrillen derzeit noch auf das Betriebssystem „Android“ beschränkt, wodurch der Erstellungsprozess der benötigten Softwaresysteme aufgrund der geringen Anzahl derzeit<sup>1</sup> verfügbarer Applikationen mit einem hohen Aufwand verbunden ist.

Gerade bei der Verwendung von passiven Arbeitsanleitungen ergeben sich viele Vorteile gegenüber dem Einsatz papierbasierter Dokumente. Ob dabei dokumentbasierte oder modulare Anleitungen eingesetzt werden hängt stark von der Arbeitsumgebung und dem Einsatzzweck ab, sodass an dieser Stelle keine Empfehlung gegeben werden kann.

Wie sich anhand der Use Cases gezeigt hat, genügen geringe Änderungen und Automatisierungen der Informationsbereitstellungsprozesse, um die firmeninternen Prozesse an die neuen Gegebenheiten anzupassen und diese gleichzeitig zu optimieren. Die Anwendungsfälle veranschaulichen dabei nur einen kleinen Ausschnitt der sich ergebenden Möglichkeiten, welche durch die Einbeziehung unterschiedlicher Use Cases stark erweitert werden können.

Um das volle Potential der Möglichkeiten auszuschöpfen gilt es daher, als nächsten Schritt die aufgezeigten Prozesse der Informationsbereitstellung flächendeckend in produzierende Unternehmen einzuführen und damit die vorhandenen Potentiale auszuschöpfen.

---

<sup>1</sup> Oktober 2015

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

**Bauernhansl, T.; Hompel, M.; Vogel-Heuser, B.:** Industrie 4.0 in der Produktion, Automatisierung und Logistik, Anwendung Technologien Migration, Springer Verlag, Wiesbaden 2014

**Botthof, A.; Hartmann, E. A.:** Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

**Blumauer, A.; Pellegrini, T.:** Social Semantic Web, Web 2.0 – Was nun?, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2009

**Brainworx:** <http://www.brainworx.at/de/loesungen/dokumenten-management-dmsecm/dokumente-vor-manipulation-schuetzen/> zuletzt gelesen am 5 Oktober 2015

**Butz, A.; Krüger, A.:** Mensch-Maschine-Interaktion, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2014

**Calloway, D. L.:** RFID Microchip Technology and the “Internet of Things”, Capella University, Minneapolis, 2010

**Carmigniani, J.; Furht, B.; Anisetti, M.; Ceravolo, P.; Damiani, E.; Ivkovic, M.:** Augmented reality technologies, systems and applications, *in: Multimed Tools Appl. 51 (2011), pp. 341-377*, Springer Science+Business Media, 2010

**Choi, C.; Christensen, H.I.:** Real-time 3D Model-based Tracking Using Edge and Keypoint Features for Robotic Manipulation, *in: Robotics and Automation (2010), IEEE International Conference, pp. 4048-4055*, IEEE, 2010

**DIN EN 62264-1:2013:** Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen, Teil 1: Modelle und Terminologie, 2014

**Dippold, R.; Meier, A.; Schnider, W.; Schwinn, K.:** Unternehmensweites Datenmanagement, Von der Datenbankadministration bis zum Informationsmanagement, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2005

**Dörner, R.; Broll, W.; Grimm, P.; Jung, B.:** Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

**DPS:** <http://www.dps-software.at/pdm/sage-epdm-schnittstelle/>, zuletzt gelesen am 09. Dezember 2015



**Enterprise CEO Forum:** <http://www.enterprisecioforum.com/how-erp-software-plays-important-role-su/>, zuletzt gelesen am 24. Oktober 2015

**Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik:** <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/enterprise-resource-planning>, zuletzt gelesen am 24. Oktober 2015 (a)

**Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik:** <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Manufacturing-Execution-System/Betriebsdatenerfassung>, zuletzt gelesen am 4. Oktober 2015 (b)

**Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik:** <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Produktdatenmanagement/index.html/?searchterm=produktdaten>, zuletzt gelesen am 24. Oktober 2015 (c)

**Epson:** <http://www.epson.de/de/de/viewcon/corporatesite/products/mainunits/overview/12411>, zuletzt gelesen am 26 Juni 2015

**Frey-Luxemburger, M.:** Wissensmanagement – Grundlagen und praktische Anwendung, Eine Einführung in das IT-gestützte Management der Ressource Wissen, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2014

**Golem:** <http://www.golem.de/news/metaio-apple-kauft-muenchner-augmented-reality-firma-1505-114330.html>, zuletzt gelesen am 7 Oktober 2015

**Gründerszene:** <http://www.gruenderszene.de/allgemein/metaio-apple-exit>, zuletzt gelesen am 7 Oktober 2015

**Hachtel, G.; Holzbaur, U.:** Management für Ingenieure, Technisches Management für Ingenieure in Produktion und Logistik, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2010

**Herling, J.; Broll, W.:** Markerless tracking for augmented reality, *in: Handbook of Augmented Reality (2011) pp. 255-272*, Springer New York, 2011

**Industrieinformatik:** <http://www.industrieinformatik.com/de/unternehmen/aktuelles/detail/industrie-informatik-erp-vs-mes.html>, zuletzt gelesen am 4 Oktober 2015

**Jims Meme:** <https://www.jins-jp.com/jinsmeme/en/>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.:** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Berlin, 2012 (a)

**Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.:** Bericht der Promotorengruppe Kommunikation, Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Handlungsempfehlungen zur Umsetzung, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Berlin, 2012 (b)

**Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.:** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Frankfurt an Main, 2013

**Kletti, J.:** Konzeption und Einführung von MES-Systemen, Zielorientierte Einführungsstrategie mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Fallbeispielen und Checklisten, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007

**Lasi, H.; Kemper, H.-G.; Fettke, P.; Feld, T.; Hoffmann, M.:** Industrie 4.0, Springer Verlag, Wiesbaden, 2014

**LaForge Optical:** <http://www.laforgeoptical.com/>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Meta:** <https://www.getameta.com/>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Microsoft:** <http://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Olaf, J.:** ERP Value, Signifikante Vorteile mit ERP-Systemen, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008

**Olmedo, H.:** Virtuality Continuum's State of the Art, *in: Procedia Computer Science 25 (2013)*, pp. 261 – 270, Elsevier, 2013

**Optinvent:** <http://optinvent.com/>, zuletzt gelesen am 26 Juni 2015

**Osterhage, W.:** ERP-Kompodium, Eine Evaluierung von Enterprise Resource Planning Systemen, Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

**Osterhoutgroup:** <http://www.osterhoutgroup.com/products-r7-glasses>, zuletzt gelesen am 26 Juni 2015

**Preim, B.; Dachsel R.:** Interaktive Systeme, Band 2, User Interface Engineering, 3D-Interaktion, Natural User Interfaces, 2.Auflage, Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg, 2015

**Qualcomm Vuforia:** <https://www.qualcomm.com/products/vuforia/features>, zuletzt gelesen am 20 Juni 2015

**Qualcomm Vuforia Developer:** <https://developer.vuforia.com/library/articles/Training/Object-Recognition>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Schuh, G.; Stich, V.:** Produktionsplanung und -steuerung, Grundlagen der PPS, 4. überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2012

**Sendler, U.; Wawer, V.:** CAD und PDM, Prozessoptimierung durch Integration, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2008

**Si14:** <http://www.glassup.net/>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Siemens:** Teamcenter electronic work instruction, White Paper, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2013

**Stiefel, P.:** Eine dezentrale Informations- und Kollaborationsarchitektur für die unternehmensübergreifende Produktentwicklung, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011

**Sony:** <https://developer.sony.com/develop/wearables/smarteyeglass-sdk/>, zuletzt gelesen am 27 Juni 2015

**Techcrunch:** <http://techcrunch.com/2015/05/28/apple-metaio/#.enzypr:GWup>, zuletzt gelesen am 7 Oktober 2015

**Tönnis, M.:** Augmented Reality, Einblicke in die Erweiterte Realität, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2010

**Vuzix:** [http://www.vuzix.com/augmented-reality/products\\_wrap1200dxar/](http://www.vuzix.com/augmented-reality/products_wrap1200dxar/), zuletzt gelesen am 26 Juni 2015 (a)

**Vuzix:** [http://www.vuzix.com/consumer/products\\_m100/](http://www.vuzix.com/consumer/products_m100/), zuletzt gelesen am 26 Juni 2015 (b)

**Wieland, M.; Leymann, F.; Jendoubi, L.; Nicklas, D.; Dürr, F.:** Task-orientierte Anwendung in einer Smart Factory, Köllen Druck + Verlag, Bonn-Buschdorf, 2006

**Wuest, H.; Vital, F.; Stricker, D.:** Adaptive Line Tracking with Multiple Hypotheses for Augmented Reality, in: *Mixed and Augmented Reality (2005) Proceedings, Fourth IEEE and ACM International Symposium*, pp.62-69, IEEE, 2005

## 8.2 Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 8-1: Abkürzungsverzeichnis

<b>2D</b>	Zweidimensional
<b>3D</b>	Dreidimensional
<b>AR</b>	Augmented Reality <i>deutsch: Augmentierte Realität</i>
<b>App</b>	Application <i>deutsch: Applikation</i>
<b>CAD</b>	Computer-aided design <i>deutsch: rechnergestütztes Konstruieren</i>

<b>CPU</b>	Central Processing Unit <i>deutsch: zentraler Prozessor / Hauptprozessor</i>
<b>DIN</b>	Deutsche Industrienorm
<b>EBOM</b>	Engineering Bill of Material <i>deutsch: Stückliste der Konstruktionsabteilung</i>
<b>EMO</b>	EMO-Orodjarna d.o.o.
<b>FE</b>	Finite Elemente
<b>MBOM</b>	Manufacturing Bill of Material <i>deutsch: Stückliste der Montageplanung</i>
<b>Nr</b>	Nummer
<b>OCR</b>	Optical character recognition <i>deutsch: optische Zeichenerkennung</i>
<b>PDF</b>	Portable Document Format <i>deutsch: portables Dokumentenformat</i>
<b>PMI</b>	Product and Manufacturing Information <i>deutsch: Produktfertigungsinformation</i>
<b>RFID</b>	Radio-frequency identification chip <i>deutsch: Chip zur Identifizierung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen</i>
<b>THO</b>	Thermolympic
<b>UC</b>	Use Case <i>deutsch: Anwendungsfall</i>
<b>URI</b>	Uniform Resource Identifier <i>deutsch: Einheitlicher Bezeichner für Ressourcen</i>

### 8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Die vier industriellen Revolutionen .....	2
Abbildung 1-2: Vorgehensweise .....	5
Abbildung 2-1: Daten, Informationen, Wissen .....	6

Abbildung 3-1: Funktionale Hierarchie von Managementsystemen .....	11
Abbildung 3-2: Vertikale Integration .....	13
Abbildung 3-3: ERP Hauptmodule .....	15
Abbildung 4-1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram .....	24
Abbildung 4-2: Tätigkeitsabfolge von Augmented Reality Applikationen .....	25
Abbildung 4-3: Marker .....	27
Abbildung 4-4: Edge-based Tracking .....	29
Abbildung 4-5: Verdrehungen beim edge-based Tracking .....	30
Abbildung 4-6: Feature-based Tracking .....	32
Abbildung 4-7: Vuzix Video-See-Through-Datenbrille .....	34
Abbildung 4-8: Epson Digital-See-Through-Datenbrille .....	35
Abbildung 4-9: Vuzix Datenbrille .....	35
Abbildung 4-10: Vuzix Datenbrille inklusive Befestigung .....	36
Abbildung 4-11: Einschränkung des peripheren Sichtfeldes .....	38
Abbildung 4-12: Moverio BT-200 mit Kabelverbindung zu externen Komponenten .....	41
Abbildung 5-1: Passive Informationsbereitstellung – Übersicht .....	48
Abbildung 5-2: Passive Informationsbereitstellung – Serverseitige Informationsbereitstellung .....	49
Abbildung 5-3: Passive Informationsbereitstellung – Erfassung durch den Mitarbeiter .....	50
Abbildung 5-4: Aktive Informationsbereitstellung – Übersicht .....	51
Abbildung 5-5: Aktive Informationsbereitstellung – Abfrage vorhandener Informationen .....	51
Abbildung 5-6: Aktive Informationsbereitstellung – Abfrage der benötigten Informationen .....	52
Abbildung 5-7: Aktive Informationsbereitstellung – Anfrage nicht vorhandener Informationen .....	52
Abbildung 5-8: Dokumentenbasierte Arbeitsanleitung .....	54
Abbildung 5-9: Module der modularen Arbeitsanleitung .....	55
Abbildung 5-10: Modulare Arbeitsanleitung .....	55
Abbildung 5-11: Passive Arbeitsanleitungen – Übersicht .....	58
Abbildung 5-12: Passive Arbeitsanleitungen – Konstruktion .....	59
Abbildung 5-13: Passive Arbeitsanleitungen – Fertigungs- und Montageplanung .....	60
Abbildung 5-14: Passive Arbeitsanleitungen – Arbeitsanleitungenentwicklung .....	60
Abbildung 5-15: Passive Arbeitsanleitungen – Dokumentenbasierte Arbeitsanleitungenentwicklung .....	61
Abbildung 5-16: Passive Arbeitsanleitungen – Modulare Arbeitsanleitungenentwicklung .....	62
Abbildung 5-17: Passive Arbeitsanleitungen – Anwendung in der Produktion und Montage .....	63
Abbildung 5-18: Interaktive Arbeitsanleitungen – Übersicht .....	64
Abbildung 5-19: Interaktive Arbeitsanleitungen – Arbeitsanleitungenentwicklung .....	65

Abbildung 5-20: Interaktive Arbeitsanleitungen – Augmented Reality Arbeitsanleitungsentwicklung .....	65
Abbildung 5-21: Interaktive Arbeitsanleitungen – Anwendung .....	66
Abbildung 6-1: Use Case EMO Tool Builder .....	69
Abbildung 6-2: Mock-Up passive Informationsbereitstellung .....	71
Abbildung 6-3: Mock-Up aktive Informationsbereitstellung .....	72
Abbildung 6-4: Use Case THO Operator .....	73
Abbildung 6-5: Muestrario de Defectos .....	75
Abbildung 6-6: Hoja de Ruta .....	76
Abbildung 6-7: Ficha de Calidad .....	77
Abbildung 6-8: Método Operativo .....	78
Abbildung 6-9: Autocontrol .....	79
Abbildung 6-10: Inspección final .....	80
Abbildung 6-11: Packaging .....	81
Abbildung 6-12: Datenmodell Übersicht .....	82
Abbildung 6-13: Mock-Up passive Arbeitsanleitung - Erstellung .....	85
Abbildung 6-14: Mock-Up passive Arbeitsanleitung - Einsatz .....	86

## 8.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Datenbrillen (Auswahl) .....	40
Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Systeme .....	45
Tabelle 6-1: dokumentenbasierte und modulare Arbeitsanleitungen .....	74
Tabelle 6-2: Datentypen .....	83
Tabelle 8-1: Abkürzungsverzeichnis .....	91