



Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Masterarbeit



Anforderungen für die interne
Rückverfolgbarkeit von Teilen am Beispiel
eines Automobilzulieferers

Katharina Valerie Gruber, BSc

September 2022

Aufgabenstellung

Frau Katharina Valerie Gruber wird das Thema

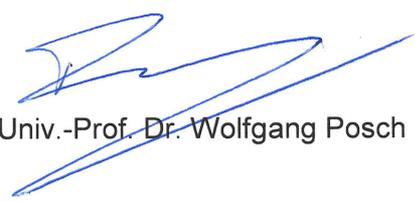
Anforderungen für die interne Rückverfolgbarkeit von Teilen am Beispiel eines Automobilzulieferers

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Abschnitt der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung herauszuarbeiten. Hierzu sind vor allem Grundlagen zu Technologien für die Rückverfolgung von Teilen im Bereich der Industrielogistik zu erarbeiten. Es ist notwendig zu erörtern, welche Herausforderungen es für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit von Teilen bei Automobilzulieferern gibt. Der Fokus soll dabei auf der Betrachtung der innerbetrieblichen Materialflüsse unter Berücksichtigung der drei Teilbereiche der Identifikation von Produkten, dem Erfassen und Sammeln von Daten, sowie dem Datenmanagement liegen. Ein weiterer zu untersuchender Aspekt ist der Nutzen, den Unternehmen aus der Rückverfolgbarkeit von Teilen ziehen können.

Den Schwerpunkt des praktischen Teils bildet, ausgehend von den theoretischen Grundlagen, die Ableitung eines Anforderungskataloges für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit von Teilen. Anschließend ist der Ist-Prozess für Rückverfolgbarkeit in der Produktion des Automobilzulieferers zu erfassen und mit dem Anforderungskatalog abzugleichen. Auf Basis der Ergebnisse des Soll-/Ist-Vergleichs sind Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeit für das Unternehmen abzugeben.

Leoben, April 2022


Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Posch



EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 01.09.2022

Katharina Gruber

Unterschrift Verfasser/in
Katharina Valerie Gruber

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn DI Florian Kaiser für die Betreuung und fachliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken. Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Jürgen Weinzödl, MA für die Unterstützung bei der Themensuche und die Betreuung des praktischen Teils dieser Arbeit. Außerdem möchte ich mich bei den Teilnehmer:innen der Interviews und allen Mitarbeiter:innen der Magna Powertrain GmbH & Co KG bedanken, die mich bei der Erstellung des Praxisteils unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie für die Unterstützung während meines gesamten Studiums. Danke auch vor allem an meinen großen Bruder, der dafür verantwortlich ist, dass ich in Leoben gelandet bin und mir in der Zeit des Studiums eine wichtige Stütze war.

Kurzfassung

Die Branche der Automobilzulieferer ist geprägt von hohen Qualitätsanforderungen und großem Wettbewerbsdruck am Markt. Ein Rückverfolgbarkeitssystem bietet diesen Unternehmen die Möglichkeit den Schaden im Reklamationsfall möglichst gering zu halten und gleichzeitig Daten im produktionsnahen Umfeld in Echtzeit zu erfassen, womit durch die Verknüpfung von Maschinendaten mit Bauteilinformationen das Potential von Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 genutzt werden kann. Daher ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Herausforderungen für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit von Teilen bei Automobilzulieferern zu identifizieren und einen Anforderungskatalog abzuleiten. Hierfür wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt und ein Katalog mit technischen, prozesstechnischen, ökonomischen Anforderungen sowie Anforderungen an Mitarbeitende und Organisation und Daten und Software, erstellt. Des Weiteren wurden die logistische und Stücklistenebene als Möglichkeiten identifiziert, den Gegenstand, der rückverfolgt werden soll, zu definieren und Identifikations- und Prozessmerkmale, die im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfasst werden können, aufgelistet. Die untersuchten Studien sehen den Nutzen der internen Rückverfolgbarkeit neben der Gewährleistung der Qualität und Nachvollziehbarkeit im Reklamationsfall, in der Steigerung der Transparenz, Effizienz und Flexibilität im Materialfluss sowie der Verbesserung der Steuerung und Kontrolle von komplexen Produktionsprozessen. Der Anforderungskatalog wurde am Beispiel des Automobilzulieferers Magna Powertrain GmbH & Co KG betrachtet, um den Ist-Prozess der internen Rückverfolgbarkeit zu erfassen und Handlungsempfehlungen für die Erreichung einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit auf Einzelteilebene abzuleiten. Diese sind unter anderem, den internen Rückverfolgbarkeitsprozess bereits ab dem ersten Prozessschritt zu gewährleisten und die Möglichkeit zur Identifikation möglichst an die Anforderungen des Prozesses anzupassen. Des Weiteren ist es wichtig, alle verfügbaren Daten zu erfassen, diese in einer zentralen Datenbank zu speichern, um unter Berücksichtigung einer guten Datenqualität die aktive Nutzung dieser Daten durch Analysen zu ermöglichen.

Abstract

The automotive supplier industry is characterised by high quality requirements and high competitive business environments. Traceability systems offer these companies the opportunity to minimise damage in the event of a complaint and allows them to record production-related data in real time, thus utilising the potential of Industry 4.0 technologies by linking machine data with the information of parts and components. Therefore, the aim of this master thesis is to identify the challenges associated with the implementation of an internal traceability system for parts and components in the automotive industry, as well as to develop a requirements catalogue. For this purpose, a systematic literature research was carried out and a catalogue including technical, process-related and economic requirements, as well as requirements for the organisation, employees, data and software was created. Furthermore, the logistical and bill of material levels were identified as a tool to help organisations define the object to be traced and a list was created containing the different identification and process features that could be recorded in the context of traceability. The studies examined during the literature review show that the benefits of internal traceability go beyond ensuring quality and traceability in the event of a complaint, as they additionally help companies increase the transparency, efficiency and flexibility of the material flow, as well as to improve the management and control of complex production processes.

The developed requirements catalogue was assessed based on the example of the automotive supplier Magna Powertrain GmbH & Co KG. The goal is to record the actual process of internal traceability and to derive recommendations for action to achieve complete traceability at the level of individual parts. These include ensuring the internal traceability process from the first process step and adapting the opportunity for identification as close as possible to the requirements of the process. Furthermore, it is important to collect all available data and store it in a central database so that it can be actively used for analyses while maintaining good data quality.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Forschungsfrage	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	2
1.4	Aufbau der Arbeit	3
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Digitalisierung in der Industrielogistik	4
2.1.1	Digitale Transformation	5
2.1.2	Industrielogistik	5
2.1.3	Industrie 4.0	8
2.1.4	Industrie 4.0 Maturity Index	12
2.1.5	Daten- und Informationsmanagement	14
2.1.6	Datenqualität	16
2.1.7	Datenanalytik	18
2.1.8	Barrieren der Digitalisierung	20
2.1.9	Herausforderungen für Automobilzulieferer	21
2.2	Rückverfolgbarkeit	23
2.2.1	Definition von Rückverfolgbarkeit	23
2.2.2	Produktidentifikation	25
2.2.3	Verfahren zur Kennzeichnung von Objekten	26
2.2.4	Optische Codes	29
2.2.5	Lesegeräte für optische Codes	33
2.2.6	RFID	35
2.2.7	Verwendung von Rückverfolgbarkeitsdaten	38
2.2.8	Systeme und Schnittstellen	39
3	Anforderungskatalog für interne Rückverfolgbarkeit	42
3.1	Methodik	42
3.2	Suche von relevanten Studien	43
3.3	Analyse der Studien	45
3.3.1	Anforderungen an die Identifikation	45
3.3.2	Anforderungen an die Datenerfassung	50
3.3.3	Anforderungen an das Datenmanagement	51
3.4	Erstellung Anforderungskatalog	53

4	Interne Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers.....	58
4.1	Methodik.....	58
4.2	Datenerfassung.....	59
4.2.1	Auswahl Interviewpartner:innen.....	59
4.2.2	Erstellung Interviewleitfaden.....	60
4.3	Datenauswertung.....	61
4.3.1	Ausgangssituation.....	62
4.3.2	Traceable Resource Unit.....	63
4.3.3	Identifikations- und Prozessmerkmale.....	64
4.3.4	Technische Maßnahmen.....	69
4.3.5	Prozesstechnische Maßnahmen.....	71
4.3.6	Maßnahmen bezüglich Mitarbeitende und Organisation.....	72
4.3.7	Ökonomische Maßnahmen.....	72
4.3.8	Maßnahmen bezüglich Daten und Software.....	73
4.3.9	Darstellung Gesamtprozess.....	74
4.4	Handlungsempfehlungen.....	78
4.4.1	Traceable Resource Unit.....	78
4.4.2	Identifikations- und Prozessmerkmale.....	78
4.4.3	Technisch.....	79
4.4.4	Prozess.....	80
4.4.5	Mitarbeitende und Organisation.....	81
4.4.6	Ökonomisch.....	82
4.4.7	Daten und Software.....	83
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	85
6	Literaturverzeichnis.....	87
7	Anhang.....	a
7.1	Relevante Studien.....	a
7.2	Interviewleitfaden.....	e
7.1	Interview 1.....	f
7.2	Interview 2.....	j
7.3	Interview 3.....	n
7.4	Interview 4.....	r
7.5	Interview 5.....	x
7.6	Interview 6.....	aa
7.7	Interview 7.....	ff

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Subsysteme der Industrielogistik	6
Abbildung 2: Produktionsfaktoren nach GUTENBERG und HEINEN.....	7
Abbildung 3: Sechs Reifegradstufen der Industrie 4.0 Entwicklung	13
Abbildung 4: Wissenstreppe.....	15
Abbildung 5: Ursachen schlechter Datenqualität	17
Abbildung 6: Verarbeitungskette der Datenanalyse.....	19
Abbildung 7: Analytik-Varianten.....	20
Abbildung 8: Zuliefererpyramide.....	22
Abbildung 9: Traceability Level.....	25
Abbildung 10: Methoden der Teilekennzeichnung	26
Abbildung 11: Nadel- und Ritzprägen auf Metall.....	28
Abbildung 12: Allgemeiner Aufbau eines Barcodes	30
Abbildung 13: Aufbau eines PDF417-Codes	32
Abbildung 14: Aufbau eines QR-Codes.....	32
Abbildung 15: Aufbau eines Data Matrix-Codes	33
Abbildung 16: Barcodescanner.....	34
Abbildung 17: Bilderfassung von Codes	34
Abbildung 18: Komponenten eines RFID-Systems.....	36
Abbildung 19: Automatisierungspyramide nach SIEPMANN	40
Abbildung 20: Vorgehensweise bei der systematischen Literaturrecherche	42
Abbildung 21: Art des Dokuments	44
Abbildung 22: Anzahl der Publikationen pro Jahr	44
Abbildung 23: Kategorisierung der relevanten Studien	45
Abbildung 24: Vorgehensweise im Praxisteil	59
Abbildung 25: Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Stückliste eines Bauteils.....	63
Abbildung 26: Prüfkarte im ERP-System	66
Abbildung 27: Auszug aus Prozessdatenblatt.....	67
Abbildung 28: Rückverfolgbarkeitsprozess für ein Gebinde mit Rohteilen	75
Abbildung 29: Rückverfolgbarkeitsprozess für einen Bodenroller mit Halbschichten.....	76
Abbildung 30: Rückverfolgbarkeitsprozess für ein Fertigteil.....	77
Abbildung 31: Unterschiede einzelner Bereiche im Materialfluss.....	81
Abbildung 32: Beispielhafte Systemarchitektur eines Rückverfolgbarkeitssystems.	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika des Suchstrings.....	43
Tabelle 2: Technische und Ökonomische Anforderungen bei der Implementierung von RFID laut PIELMEIER und REINHART	48
Tabelle 3: Mehrwert von Rückverfolgbarkeit für Unternehmen	53
Tabelle 4: Übersicht welche Daten im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfasst werden können.....	54
Tabelle 5: Technische Anforderungen.....	55
Tabelle 6: Prozesstechnische, Organisatorische und Ökonomische Anforderungen	56
Tabelle 7: Anforderungen an Daten und Software.....	57
Tabelle 8: Interviewpartner:innen	60
Tabelle 9: Identifikations- und Prozessmerkmale der Materialarten.....	69

Abkürzungsverzeichnis

Auto-ID	Automatische Identifikation
BPMN	Business Process Modelling and Notation
CPS	Cyber Physische Systeme
ERP	Enterprise Resource Planning
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
KPI	Key Performance Indicator
MES	Manufacturing Execution System
QR-Code	Quick Response Code
RFID	Radio-Frequency Identification
ROI	Return on Investment
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TRU	Traceable Resource Unit

1 Einleitung

Im ersten Kapitel wird die Ausgangssituation und die Relevanz des Themas der vorliegenden Arbeit diskutiert. Danach erfolgt die Definition der Zielsetzung und der Forschungsfragen. Anschließend wird die Methodik und Vorgehensweise des theoretischen und praktischen Teils erläutert und der Aufbau der Arbeit beschrieben.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Anzahl der Rückrufaktionen durch deutsche Automobilhersteller hat sich in den letzten zehn Jahren verdreifacht.¹ Diese können einen großen Imageschaden beim betroffenen Unternehmen verursachen und stellen zusätzlich eine große finanzielle Belastung dar. Die Herausforderungen hierbei sind, Qualitätsprobleme rechtzeitig zu identifizieren und eine schnelle Eingrenzung auf die betroffenen Komponenten und Fertigteile vornehmen zu können.² Durchschnittlich verursacht eine Rückrufaktion in der Automobilindustrie einen Schaden von rund 1,3 Millionen Euro.³ Rückverfolgbarkeitssysteme bieten hierbei die Möglichkeit Transparenz entlang der Wertschöpfungskette zu schaffen indem physische Materialflüsse gesamtheitlich erfasst werden.⁴ Jedoch darf das Thema Rückverfolgbarkeit nicht nur im Kontext von Produktrückrufen oder Qualitätsproblemen betrachtet werden, denn das Anwendungsgebiet ist breiter. Ein vollumfängliches Rückverfolgbarkeitssystem bietet produzierenden Unternehmen die Möglichkeit, Einzelteile zu identifizieren und somit Maschinendaten mit Bauteilinformationen zu verknüpfen. Dadurch wird die Verfügbarkeit aller in der Produktion relevanten Daten gewährleistet, die eine digitale Arbeitsweise ermöglichen und in Echtzeit für Analysen zur Verfügung stehen.⁵ Des Weiteren bieten Daten, die im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfasst werden, die Voraussetzung für die Umsetzung einer digitalisierten Produktion und tragen dazu bei, das Potential von Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 nutzen zu können. Durch die Kombination einer automatisierten Identifikation von Objekten und der Verwendung von Echtzeitdaten kann die Transparenz und Effizienz innerhalb der Fertigung gesteigert werden.⁶ Ein erfolgskritischer Faktor hierbei ist, dass diese erfassten Daten nur nützlich sein können, wenn die Datenqualität gewährleistet ist. Sonst können diese nicht verwendet werden und verursachen nur Kosten für die Erfassung, ohne einen Mehrwert zu bringen.⁷

¹ Vgl. Statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1254342/umfrage/rueckrufaktionen-in-der-automobilindustrie-in-deutschland/>, (Zugriff: 21.08.2022).

² Vgl. Abramovici, M. et al. (2008), S. 122.

³ Vgl. Rieke, T.; Sardoux Klasen, A. (2019), S. 60.

⁴ Vgl. Klug, F. (2011), S. 64.

⁵ Vgl. Urnauer, C. et al. (2021), S. 167.

⁶ Vgl. Urnauer, C. et al. (2021), S. 166.

⁷ Vgl. Axmann, B. et al. (2019), S. 305.

Die Branche der Automobilzulieferer ist geprägt von komplexen Lieferketten und hohen Qualitätsanforderungen. Dadurch sind Automobilzulieferer einem hohen Preis- und Wettbewerbsdruck ausgesetzt.⁸ Um wettbewerbsfähig zu bleiben, hat auch der Automobilzulieferer Magna Powertrain GmbH & Co KG das strategische Ziel die Digitalisierung und Automatisierung im Unternehmen weiter voranzutreiben. Ein Punkt davon ist die Gewährleistung einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit. Daher soll im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden, wo die Handlungsfelder für die Erreichung einer internen Rückverfolgbarkeit auf Einzelteilebene im Unternehmen sind.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist, die Herausforderungen für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit von Teilen in der Automobilindustrie zu identifizieren und daraus einen Anforderungskatalog abzuleiten. Der Fokus liegt dabei auf der Betrachtung der innerbetrieblichen Materialflüsse unter Berücksichtigung der drei Teilbereiche: Die Identifikation von Produkten, das Erfassen und Sammeln von Daten, sowie dem Datenmanagement. Des Weiteren soll herausgefunden werden, welchen Nutzen Unternehmen aus der Rückverfolgbarkeit ziehen. Dafür wurden folgende Forschungsfragen definiert:

- **F1:** Welchen Mehrwert bietet die Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems einem Unternehmen?
- **F2:** Welche Daten können in welcher Granularität im Rahmen der internen Rückverfolgbarkeit erfasst werden?
- **F3:** Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?

1.3 Methodische Vorgehensweise

Die Forschungsfragen werden mit folgender Methodik beantwortet. Im Theorieteil der Arbeit wird eine Literaturrecherche zu den Themen Digitalisierung in der Industrielogistik und Rückverfolgbarkeit durchgeführt. Für die Identifikation der Herausforderungen für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit in der Automobilindustrie wird eine systematische Literaturrecherche in der Literaturdatenbank Scopus durchgeführt. Die gefundenen Publikationen werden auf ihre Relevanz überprüft und relevante Studien werden in die Kategorien Identifikation, Datenerfassung und Datenmanagement aufgeteilt und analysiert. Die Erkenntnisse aus den relevanten Studien werden dann dazu verwendet die Forschungsfragen zu beantworten und einen Anforderungskatalog zu erstellen. Dieser wird anschließend am Beispiel eines Automobilzulieferers betrachtet. Dafür wird mit Hilfe von qualitativen Befragungen der Ist-Prozess für interne Rückverfolgbarkeit des Unternehmens erfasst. Dieser wird mit den Soll-Anforderungen aus dem Katalog verglichen, um Handlungsempfehlungen abzuleiten.

⁸ Vgl. Helbling, S.; Nyffenegger, F. (2022), S. 87f.

1.4 Aufbau der Arbeit

Das zweite Kapitel der vorliegenden Arbeit enthält die theoretischen Grundlagen. Darin wird zuerst die Digitalisierung in der Industrielogistik betrachtet. Hierzu werden zunächst die Begriffe Digitalisierung und Industrielogistik definiert. Anschließend werden die Industrie 4.0 und die zugehörigen Technologien erklärt. Das Daten- und Informationsmanagement spielt eine wichtige Rolle im Rahmen dieser Arbeit, also werden hierzu die wichtigsten Begriffe und Konzepte erläutert. Abschließend werden die Herausforderungen der digitalen Transformation und spezielle Herausforderungen für Automobilzulieferer diskutiert. Im zweiten Teil des Theoriekapitels erfolgt eine Definition des Begriffs Rückverfolgbarkeit. Anschließend werden Methoden zur Identifikation und Kennzeichnung von Objekten beschrieben. Des Weiteren werden Verwendungsmöglichkeiten für Rückverfolgbarkeitsdaten, sowie spezielle Systeme und Schnittstellen im industriellen Umfeld erläutert. Im dritten Kapitel der Arbeit wird ein Anforderungskatalog für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit in der Automobilbranche erstellt. Dafür wird eine systematische Literaturrecherche durchgeführt und relevante Studien identifiziert. Diese werden in die Kategorien Identifikation, Datenerfassung und Datenmanagement aufgeteilt und analysiert. Die wichtigsten Erkenntnisse werden anschließend in einer Tabelle zusammengefasst, welche den Anforderungskatalog darstellt. Im vierten Kapitel wird dieser Katalog anschließend am Beispiel eines Automobilzulieferers betrachtet. Hierzu werden sieben Expert:inneninterviews im Unternehmen durchgeführt, um den Ist-Prozess für Rückverfolgbarkeit in der Produktion zu erfassen. Dieser wird mit den einzelnen Kategorien des Anforderungskatalogs abgeglichen, um anschließend Handlungsempfehlungen abgeben zu können. Im letzten Kapitel der Arbeit werden die Erkenntnisse zusammengefasst und kritisch betrachtet.

2 Theoretische Grundlagen

In den theoretischen Grundlagen der vorliegenden Arbeit werden zunächst die Begriffe Digitalisierung und digitale Transformation erläutert. Anschließend wird die Industrielogistik als Querschnittsfunktion einer Produktion erklärt und die Entwicklung von Industrie 4.0, sowie die wichtigsten Technologien hierzu beschrieben. Daten sind ein bedeutsamer Faktor für die digitale Transformation, daher werden die Grundlagen zu Daten- und Informationsmanagement sowie die Darstellung und Bewertung von Datenqualität beleuchtet. Des Weiteren werden Barrieren der Digitalisierung und besondere Herausforderungen für Automobilzulieferer beschrieben. Der zweite Abschnitt der theoretischen Grundlagen beschäftigt sich mit der Rückverfolgbarkeit und den Möglichkeiten zur Identifikation und Teilen, der Datenerfassung im produktionsnahen Umfeld sowie der Verarbeitung dieser Daten.

2.1 Digitalisierung in der Industrielogistik

Digitalisierung und Industrie 4.0 haben sich in den letzten Jahren zu einem Trend in der produzierenden Industrie entwickelt.⁹ Die zunehmende Vernetzung von digitalen Technologien und der realen Welt generiert neue Geschäftspotentiale und bewirkt drastische Veränderungen bestehender Wertschöpfungsketten und Märkte.¹⁰ Die Ursprungsdefinition der Digitalisierung ist die Umwandlung von Analogem in ein digitales Format. MOCKENHAUPT definiert die Digitalisierung als *„ein Werkzeug, dass es ermöglicht, selbstständig (maschinell) Daten zu ordnen, sie besser zu verstehen und daraus (Optimierungs-) Potenzial zu schöpfen.“*¹¹ Der Mehrwert der Digitalisierung in der produzierenden Industrie ist eine Reduktion der Kosten und Erhöhung der Flexibilität, indem Produktivität und Effizienz gesteigert werden. Dies gelingt durch die Selbststeuerung und Vernetzung innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks. Einerseits kann die physische mit der virtuellen Welt systematisch vernetzt werden, um gewonnene Daten auszutauschen und zu kombinieren. Andererseits bietet die Selbststeuerung die Möglichkeit für eine autonome Entscheidungsfindung. Somit können Daten selbstständig analysiert und anschließend interpretiert werden, um in Echtzeit auf Gegebenheiten zu reagieren.¹²

In diesem Kapitel werden zunächst die Grundlagen der digitalen Transformation beschrieben. Anschließend werden die Teilbereiche der Industrielogistik erläutert, um einen theoretischen Rahmen für die Betrachtung des innerbetrieblichen Materialflusses zu schaffen. Im nächsten Schritt werden die Entwicklungen und Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 beschrieben. Da es im Rahmen von Digitalisierungsprojekten im

⁹ Vgl. Mockenhaupt, A. (2021b), S. 32.

¹⁰ Vgl. Roth, A. (2016), S. 3.

¹¹ Mockenhaupt, A. (2021b), S. 33.

¹² Vgl. Mockenhaupt, A. (2021b), S. 34.

industriellen Bereich zu sehr großen Mengen an Daten kommt, werden anschließend die Grundlagen und Definitionen zum Daten- und Informationsmanagement erklärt. Am Ende dieses Kapitels werden die Barrieren der Digitalisierung im industriellen Bereich, sowie die Herausforderungen von Automobilzulieferern, beschrieben.

2.1.1 Digitale Transformation

Durch die Digitalisierung sind viele Bereiche des Lebens einem digitalen Wandel ausgesetzt. Dieser schreitet mit einer hohen Geschwindigkeit voran und bietet die Möglichkeit, sehr komplexen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen gerecht zu werden.¹³ Der Begriff digitale Transformation beschreibt die Verwendung von neuwertigen digitalen Technologien, sowie die drastischen Veränderungen, die damit einhergehen.¹⁴ Im Kontext von Unternehmen betrifft die digitale Transformation nicht nur technische Bereiche, sondern muss vielmehr als Umgestaltung der gesamten Organisation gesehen werden. Verantwortungsbereiche, Entscheidungsprozesse, sowie die Interaktion von Maschine und Mensch sind von dieser Veränderung betroffen, was Unsicherheiten beim Personal eines Unternehmens hervorrufen kann. Diese Ängste betreffen vor allem Mitarbeiter:innen, die sich weiterbilden müssen und damit eventuell überfordert sind, oder befürchten ihren Arbeitsplatz zu verlieren.¹⁵ Eine Herausforderung ist, dass es oft kein gemeinsames Verständnis der digitalen Transformation innerhalb von Organisationen gibt, was dazu führt, dass Ziele und Visionen nicht klar formuliert sind und keinen Bezug zu den Fähigkeiten des Unternehmens haben.¹⁶ Daher scheitern Schätzungen zufolge rund 66 bis 84 Prozent der Projekte, die im Rahmen der digitalen Transformation durchgeführt werden.¹⁷ Die technologische Basis für die digitale Transformation bilden unter anderem die Verbesserung der Rechenleistung sowie die Weiterentwicklung der Sensortechnik.¹⁸ Des Weiteren beeinflussen verbesserte Technologien zur mobilen Kommunikation, die Möglichkeiten für die Verarbeitung von sehr großen Mengen an Daten, Technologien zur Simulation, sowie die Verbesserung der Interaktion zwischen Menschen und Computern den digitalen Wandel.¹⁹

2.1.2 Industrielogistik

Im Rahmen dieser Arbeit wird der innerbetriebliche Materialfluss vom Wareneingang bis zum Warenausgang eines Produktionsbetriebs betrachtet. Dabei unterstützt die Betrachtungsweise der Logistik als Querschnittsfunktion, die ein Systemdenken und eine ganzheitliche Perspektive von Material-, Informations- und Wertflüssen erfordert. Eine grundlegende Sichtweise auf die Aufgaben der Logistik bieten die „6 R“ von JÜNEMANN. Diese definieren als Ziel in jedem Schritt der Wertschöpfung *„das richtige Gut, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität*

¹³ Vgl. Krcmar, H. (2018), S. 7ff.

¹⁴ Vgl. Schellinger, J. et al. (2020), S. 2.

¹⁵ Vgl. Mockenhaupt, A. (2021c), S. 1.

¹⁶ Vgl. Baslyman, M. (2022), S. 42961.

¹⁷ Vgl. Libert Barry et al. (2016).

¹⁸ Vgl. Mockenhaupt, A. (2021c), S. 2.

¹⁹ Vgl. Schellinger, J. et al. (2020), S. 2.

zu den richtigen Kosten“ bereitzustellen.²⁰ Die logistische Kette von Industriebetrieben lässt sich in die Subsysteme Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik unterteilen, welche stark voneinander abhängig sind. In Abbildung 1 kann der Zusammenhang der Subsysteme der Logistik nachvollzogen werden.²¹

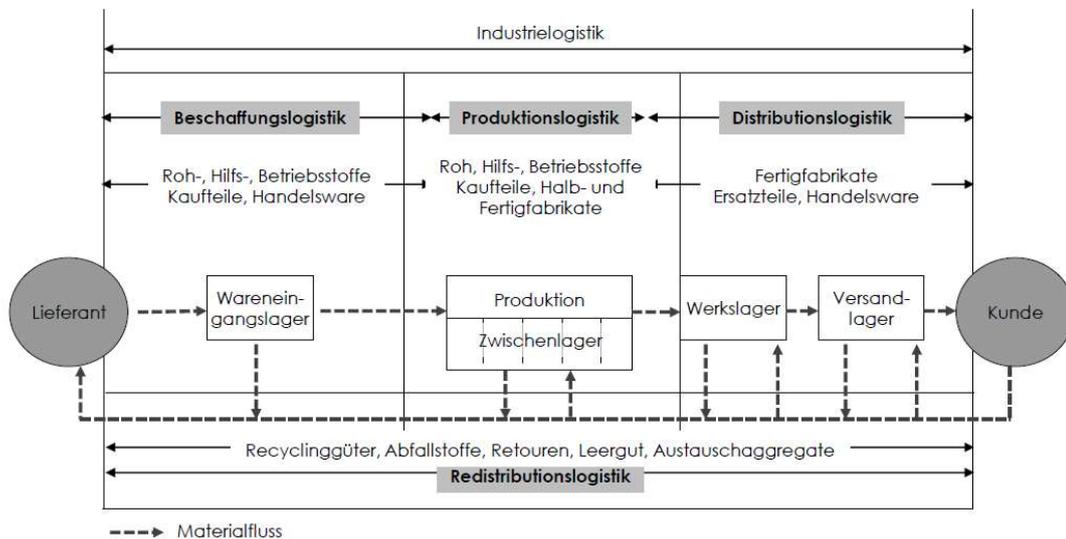


Abbildung 1: Subsysteme der Industrielogistik²²

Die Beschaffungslogistik ist die Schnittstelle zum Lieferanten und gewährleistet eine wirtschaftliche und bedarfsgerechte Versorgung des Unternehmens. Ziel ist es, Wettbewerbsvorteile durch die Optimierung der Materialverfügbarkeit, Transportnetze und Lieferflexibilität zu erreichen, indem die Lieferzeit reduziert und die Komplexität der Beschaffungsvorgänge und -beziehungen gemindert wird. Der größte Teil der Durchlaufzeit fällt in der Beschaffung und Distribution an, daher befindet sich hier der größte Hebel für die Minderung von Lieferzeiten.²³ Laut PFOHL umfasst die Produktionslogistik „alle Aktivitäten, die in einem Zusammenhang mit der Versorgung des Produktionsprozesses mit Einsatzgütern (Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe sowie Halbfertigerzeugnisse und Kaufteile) und der Abgabe der Halbfertig- und Fertigerzeugnisse an das Absatzlager stehen.“²⁴ Ziel ist eine optimale Planung und Steuerung von Materialflussprozessen in Hinblick auf Durchlaufzeiten, Servicegrad und Kapitalbindung. ZSIFKOVITS beschreibt die Produktion als zentralen Faktor der betrieblichen Wertschöpfung, indem Produktionsfaktoren zu wertgesteigerten Outputgütern kombiniert und transformiert werden. Unter Produktionsfaktoren versteht man einerseits Elementarfaktoren, welche als materielle Werkstoffe, Betriebsmittel und menschliche Arbeit in den Produktionsprozess einfließen. Des Weiteren gibt es dispositive Faktoren, welche für die informative Steuerung des Prozesses verantwortlich

²⁰ Jünemann, R. (1994), S. 168.

²¹ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 101f.

²² Zsifkovits, H. E. (2013), S. 102.

²³ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 171ff.

²⁴ Pfohl, H.-C. (2018b), S. 201.

sind. Der Zusammenhang ist in Abbildung 2 ersichtlich. Die ursprüngliche Einteilung der Produktionsfaktoren ist auf Erich Gutenberg zurückzuführen und wurde von Heinen um immaterielle Größen erweitert.²⁵

Produktionsfaktoren									
Elementarfaktoren						Dispositive Faktoren			
Verbrauchsfaktoren			Potentialfaktoren						
Werkstoffe		Betriebsmittel			Menschliche Arbeit	Leitung	Planung	Organisation	Steuerung
Rohstoffe	Hilfsstoffe	Betriebsstoffe	Materielle Betriebsmittel	Immaterielle Betriebsmittel					
Originäre Faktoren						Derivative Faktoren			

Abbildung 2: Produktionsfaktoren nach GUTENBERG und HEINEN²⁶

Die Distributionslogistik ist das Bindeglied der internen Produktionslogistik und der Beschaffungslogistik der nachgelagerten Wirtschaftsstufe. Fertigerzeugnisse werden dem Kunden in seiner gewünschten Form bereitgestellt, wobei hierbei zwischen dem Hol- und Bringprinzip unterschieden werden kann. Beim Holprinzip handelt es sich um die Selbstabholung der Güter vom Kunden selbst. Im Gegensatz dazu wird die Ware beim Bringprinzip von einem Lieferanten geliefert.²⁷ Typische operative Prozesse in der Distributionslogistik sind beispielsweise Lagerungs-, Umschlags-, Kommissionier-, Informations- und Kontrollprozesse, sowie die Touren- und Transportplanung.²⁸ Die Aufgabe der Redistributionslogistik ist die Rückführung von Materialien, Verpackungen und Transporthilfsmitteln in den Produktionsprozess. Der Fokus liegt einerseits auf ökonomischen Kennzahlen, wie den Logistikkosten und dem Servicegrad, sowie auf ökologischen Zielen, wie der Emissionsreduktion und Ressourcenschonung.²⁹

Informationslogistik

Laut WINTER et al. ist die Informationslogistik das Planen und die Kontrolle der gesamten Datenflüsse, die zur Entscheidungsfindung beitragen, sowie das Speichern und Aufbereiten dieser Daten.³⁰ Ziel ist es, den Bedarf an Information in jeder Einheit der Organisation effektiv und effizient zu befriedigen und zu vermeiden, dass Informationen

²⁵ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 103ff.

²⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Zsifkovits, H. E. (2013), S. 105.

²⁷ Vgl. Pfohl, H.-C. (2018a), S. 222.

²⁸ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 196f.

²⁹ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 204.

³⁰ Vgl. Winter, R. et al. (2008), S. 2.

fragmentiert und verteilt gespeichert sind. Somit kann mit einem ganzheitlichen Konzept für die Informationslogistik ein Mehrwert im gesamten Unternehmen geschaffen werden, von dem alle Organisationseinheiten profitieren können.³¹ Der Material- und Informationsfluss eines Unternehmens sind fest miteinander verbunden. Der Unterschied besteht darin, dass Materialflüsse primär nach vorne gerichtet sind, also vom Lieferanten bis zum Kunden. Informationsflüsse hingegen oszillieren zwischen verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette. Durch die steigende Komplexität von globalen Logistiknetzen kommt es zu hohen Anforderungen an die Informationslogistik. Materialflüsse müssen in Echtzeit verfügbar sein, was eine konsistente Erfassung der Zustandsdaten erfordert, die jederzeit und überall zum Abruf bereitstehen müssen. Die Systeme und Informationen bilden die Basis der Lieferketten, daher müssen alle Daten zuverlässig und ausfallsicher bereitstehen. In Bezug auf globale Lieferketten müssen Informationssysteme in der Lage sein, heterogene Datenquellen miteinander zu verbinden. Dies gelingt nur mit Hilfe der Standardisierung von Prozessen und Schnittstellen. Eine gute Informationslogistik bietet viele Vorteile, wie zum Beispiel eine verbesserte Reaktionsfähigkeit, eine gemeinsame Informations- und Wissensbasis für organisationsübergreifendes Zusammenarbeiten, genauere Prognosen und eine verbesserte Entscheidungsbasis. Wichtig ist, den Fokus nicht nur auf Soft- und Hardware zu legen, denn um das volle Potential aus Informationssystemen zu schöpfen, müssen gleichzeitig auch die organisatorischen Abläufe neu gestaltet werden.³²

2.1.3 Industrie 4.0

Am Ende des 18. Jahrhunderts kam es durch die Erfindung von mit Dampf- und Wasserkraft betriebenen Fertigungsmaschinen zur Industrialisierung und die Produktion von Waren wurde revolutioniert. Mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts kam es zur zweiten industriellen Revolution. Mit Hilfe von elektrischer Energie konnten nun beispielsweise Fließbänder betrieben werden, wodurch die Massenproduktion ermöglicht wurde. Durch die Weiterentwicklung der Informationstechnologien wurde ab den 1970er Jahren die Automatisierung von Prozessen in der Produktion ermöglicht. Somit wurden im Rahmen der dritten industriellen Revolution manuelle Arbeitsschritte, als auch Denkprozesse von Maschinen durchgeführt.³³ Der Ausdruck Industrie 4.0 wurde 2011 das erste Mal von der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft eingeführt. Es handelt sich dabei um eine starke Vernetzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in der Fertigung. Durch die wirtschaftliche und massenhafte Verfügbarkeit von Echtzeitdaten werden Anpassungs- und Entscheidungsprozesse beschleunigt und das Verständnis von Zusammenhängen verbessert. Das Potential für die Wertschöpfung von Industrie 4.0 in der deutschen Industrie bis 2025 wurde von der Deutschen Bank im Jahr 2018 auf 70 bis 140 Milliarden Euro geschätzt.³⁴ Unternehmen können jedoch nur davon profitieren, wenn die Grundprinzipien der vierten industriellen Revolution organisationsübergreifend

³¹ Vgl. Winter, R. et al. (2008), S. 8f.

³² Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 246ff.

³³ Vgl. Kagermann, H. et al. (April 2013), S. 17f.

³⁴ Vgl. Auer, J. (29.10.2018), S. 1.

eingeführt werden und eine transparente Informations- und Datenbasis vollumfänglich verfügbar ist.³⁵

Technologien aus der Industrie 4.0 versprechen eine verbesserte Qualität, erhöhte Flexibilität und reduzierte Kosten bei besserer Geschwindigkeit. Industrie 4.0 darf nicht als Überbegriff für diese Technologien dienen. Viel bedeutsamer sind die Wechselwirkungen und Synergien zwischen den Technologien. Mit besserer Sensortechnik und künstlicher Intelligenz wird beispielsweise die Zusammenarbeit von Menschen und kollaborativen Robotern möglich.³⁶ KLINGENBERG et al. haben in dem Paper „*Industry 4.0 as a data-driven paradigm: a systematic literature review on technologies*“ 119 Veröffentlichungen analysiert, um die wichtigsten Technologien der vierten industriellen Revolution zu identifizieren. Cyber-Physische-Systeme (CPS), das Internet of Things (IoT), Big Data (Analytics) und Cloud Computing wurden hierbei als die meistgenannten Begriffe erfasst, welche im Folgenden kurz erklärt werden.³⁷

Cyber-Physische-Systeme

CPS sind multidimensionale Systeme, die die physische und die digitale Welt miteinander vernetzen. Somit können Anlagen zuverlässig und effizient gesteuert und überwacht werden. Der Begriff wurde erstmals im Jahr 2006 von Helen Gill bei der National Science Foundation verwendet, um komplexe Systeme zu beschreiben, die nicht mit klassischen Begriffen aus der Informationstechnologie erklärt werden konnten.³⁸ Vereinfacht ausgedrückt handelt es sich bei CPS um Sensortechnik und Prozessoren, die über Computersysteme gesteuert werden. Durch Rückkopplungsschleifen können sich die physische und digitale Umgebung gegenseitig beeinflussen und somit wird die Belastbarkeit und Anpassungsfähigkeit von physischen Anlagen verbessert.³⁹ CPS ermöglichen eine Datenerfassung in Echtzeit aus physischen Systemen sowie Informationsrückmeldungen aus der digitalen Welt.⁴⁰ Dadurch werden sehr große Mengen an Daten produziert, wobei deren Potential nur durch den Einsatz von Konzepten aus dem Bereich Big Data voll genutzt werden kann.⁴¹ Die Herausforderung für den Einsatz von CPS sind die komplexen Zusammenhänge zwischen den physischen und digitalen Systemen und die verschiedenen Sichtweisen. Laut Liu et al. ist noch Forschung notwendig, bis Technologien alle Anforderungen von CPS umsetzen können, da bestehende Systeme beispielsweise noch nicht die notwendige Robustheit und Effizienz besitzen.⁴²

³⁵ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 11.

³⁶ Vgl. Olsen, T. L.; Tomlin, B. (2020), S. 113f.

³⁷ Vgl. Klingenberg, C. O. et al. (2021), S. 577.

³⁸ Vgl. Tao, F. et al. (2019), S. 653ff.

³⁹ Vgl. Da Xu, L.; Duan, L. (2019), S. 149.

⁴⁰ Vgl. Lee, J. et al. (2015), S. 19.

⁴¹ Vgl. Da Xu, L.; Duan, L. (2019), S. 148.

⁴² Vgl. Liu, Y. et al. (2017), S. 36f.

Internet of Things

Das IoT verbindet Objekte, die im Allgemeinen nicht als Computer betrachtet werden, wie beispielsweise Sensoren, damit diese miteinander kommunizieren können. Dadurch entsteht ein virtuelles Netzwerk, in dem jedes dieser Dinge einen Knoten repräsentiert und laufend große Datenmengen an seine Umwelt und sich selbst überträgt. Diese Objekte können ohne menschliches Eingreifen Daten austauschen, auswerten und verwalten. Im Kontext von Industrie 4.0 ist auch oft vom industriellen IoT (IIoT) die Rede.⁴³ BOYES et al. definieren dieses als ein System, das in der Lage ist, cyberphysische Anlagen, intelligente Objekte, sowie Informationssysteme und Cloud-Plattformen miteinander zu vernetzen, um Produkt-, Prozess- und Dienstleistungsinformationen aus dem industriellen Bereich in Echtzeit zu erfassen und auszutauschen. Dabei wird ein Mehrwert für das gesamte Produktionsumfeld geschaffen, indem die Produktivität gesteigert wird, das Produkt und die Serviceleistungen verbessert werden und Kosten für Arbeit und Energie eingespart werden können.⁴⁴ Typische Anwendungsbereiche des IIoT sind im Qualitätsmanagement, der Logistik und der Produktionssteuerung zu finden. Es kann Transparenz über die gesamte Wertschöpfungskette geschaffen werden, indem verspätete Lieferungen, Qualitätsmerkmale oder Materialverfügbarkeiten automatisch und in Echtzeit in den Prozess miteinfließen. Kritische Faktoren im Rahmen des IoT sind die Interoperabilität und die Konnektivität. Hierbei sind der Energiebedarf, die Gebäudedurchdringungsfähigkeit und Reichweite der Funksysteme zu beachten.⁴⁵

Big Data

Wie bereits erwähnt, entstehen in industriellen Betrieben durch Konzepte der Industrie 4.0 sehr große Mengen an Daten. Daher wird der Begriff Big Data immer wichtiger. Dabei handelt es sich um riesige Datenmengen, deren Auswertung nicht innerhalb einer angemessenen Zeit bewerkstelligt werden kann. Die Kunst besteht darin, den versteckten Wert und die Informationen so schnell wie möglich aus diesen Daten zu generieren.⁴⁶ Ursprünglich wurden die Dimensionen von Big Data mit den drei V's, Volume, Velocity und Variety beschrieben. Volume beschreibt die Menge an Daten. Im Jahr 2005 fiel ein Terabyte an Daten bereits unter Big Data, 2017 war es schon ein Zettabyte. Das Volumen an Daten ist bedeutend, da Auswertungen mit steigender Datenmenge, zuverlässiger werden. Die Dimension Velocity beurteilt mit welcher Geschwindigkeit die Daten generiert werden. Erkenntnisse aus analysierten Daten sind nur hilfreich, wenn sie rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden können. Variety beschreibt die Vielfältigkeit der Datentypen, die erfasst werden. Mit der Zeit wurden noch Veracity und Value ergänzt, wodurch aus den drei nun fünf V's werden. Veracity beschreibt die Glaubwürdigkeit der Daten. Falsche manuelle Eingaben oder maschinelles Versagen können zu ungenauen Daten im System führen. Dies gefährdet alle zukünftigen Entscheidungen, die basierend auf diesem Datensatz getroffen werden.

⁴³ Vgl. Boyes, H. et al. (2018), S. 3.

⁴⁴ Vgl. Boyes, H. et al. (2018), S. 3f.

⁴⁵ Vgl. Mockenhaupt, A. (2021a), S. 249f.

⁴⁶ Vgl. Qi, Q.; Tao, F. (2018), S. 3586.

Value bezieht sich auf den monetären oder sozialen Wert, der aus den Daten generiert werden kann.⁴⁷ Mittlerweile ist in der Literatur bereits von sieben V's die Rede. Hierzu wurden noch Visualization und Variability zu den bestehenden fünf ergänzt. Variability bedeutet, dass sich die Bedeutung eines Datensatzes ständig ändern kann. Dies wird relevant, wenn Information aus Daten mittels Analysen gewonnen werden soll. Am Beispiel von Social Media wird dies deutlich, indem das gleiche Wort in einem ähnlichen Tweet beispielsweise etwas komplett anderes bedeuten kann und nur im entsprechenden Kontext zu verstehen ist. Dies ist sehr schwer in Algorithmen abbildbar. Die richtige Visualisierung von Daten ist bei großen Datenmengen sehr wichtig. Somit können Wissen und die wichtigsten Informationen mit dem Einsatz von visuellen Hilfsmitteln effektiver vermittelt werden.⁴⁸ Mehr zu dem Thema Informations- und Datenmanagement ist in Kapitel 2.1.5 zu finden.

Cloud Computing

Durch das starke Wachstum an Daten innerhalb vom IloT sind Hochleistungsrechner nötig, die Daten verarbeiten, analysieren und speichern.⁴⁹ Prozesse in der Produktion können hiermit erleichtert werden, da große Mengen an Daten in Cloud-Rechenzentren gespeichert und verwaltet werden. Cloud Computing trägt im Gegensatz zu klassischen Servern für Datenbanken zu einem effizienteren Austausch der Daten bei. Dies führt zu einer besseren Produktivität in der Fertigung.⁵⁰ Durch den Einsatz von Cloud Computing wird die gemeinsame Nutzung von Ressourcen für alle Nutzer, unabhängig von Standort, möglich. Grundsätzlich sind die Betriebs- und Investitionskosten von Cloudlösungen geringer, und bieten gleichzeitig eine bessere Effizienz und Skalierbarkeit.⁵¹ Jedoch kommt es bei der Verwendung von Cloud-Lösungen im industriellen Umfeld auch zu Herausforderungen. Auf die Daten kann zwar von überall und zu jeder Zeit zugegriffen werden, dies gelingt jedoch nur mit einer funktionierenden Internetverbindung. Fällt diese aus, ist keine Verwendung der Daten in der Cloud mehr möglich. Zusätzlich ist eine sehr hohe Bandbreite notwendig, um die Datenmengen, die in kürzester Zeit von unterschiedlichen Ressourcen in der Produktion erzeugt werden, übertragen zu können. Diese Bandbreite ist teuer, jedoch notwendig, da es sonst zu Datenverlusten kommen kann. Dabei spielt des Weiteren die Zeit für die Synchronisierung zwischen der Cloud und den Endgeräten eine wichtige Rolle. Diese sogenannte Latenzzeit kann zu Problemen führen, wenn viele Daten gleichzeitig an die Cloud übertragen werden. Um die Kapazität des Cloudsystems nicht unnötig auszureizen, ist eine vorhergehende Datenfilterung hilfreich, um keine unbedeutenden Daten zu übertragen. Um Sicherheitsprobleme zu vermeiden und den sich ständig weiterentwickelnden Hackerangriffen entgegenwirken zu können, müssen der Datenschutz und die Systemsicherheit gewährleistet sein.⁵²

⁴⁷ Vgl. Da Xu, L.; Duan, L. (2019), S. 150.

⁴⁸ Vgl. Sivarajah, U. et al. (2017), S. 273.

⁴⁹ Vgl. Khan, W. Z. et al. (2020), S. 9.

⁵⁰ Vgl. Da Xu, L. et al. (2018), S. 2947.

⁵¹ Vgl. Subramanian, N.; Jeyaraj, A. (2018), S. 28.

⁵² Vgl. Qi, Q.; Tao, F. (2019), S. 86771.

2.1.4 Industrie 4.0 Maturity Index

Der Industrie 4.0 Maturity Index ist ein Modell zur Bewertung eines Unternehmens in Bezug auf seine Entwicklung zu einer agilen und lernenden Organisation. Die Schritte zu den Grundvoraussetzungen für Industrie 4.0 sind auf sechs Entwicklungsstufen verteilt, die in Abbildung 3 ersichtlich sind. Diese Stufen bauen aufeinander auf und ein Unternehmen muss im Rahmen der digitalen Transformation entscheiden, welchen Reifegrad es erreichen möchte, um ein angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen zu erzielen.⁵³

Computerisierung und Konnektivität

In den ersten beiden Stufen des Modells wird die Grundlage für die Digitalisierung gelegt. Die Computerisierung als erste Ebene ist im Großteil der Unternehmen bereits weit verbreitet. Hierbei ist von der isolierten Verwendung von Informationstechnologien, wie zum Beispiel CNC-Fräsmaschinen, die über eine computergestützte Steuerung verfügen, die Rede. In dieser Stufe wird Innovation und Veränderung als Aufgabe der Führungskräfte angesehen. Die zweite Ebene ist die Konnektivität. Der Fokus liegt hier in der Vernetzung der Informationssysteme, sodass diese nicht mehr isoliert voneinander betrachtet werden. Beispiele hierfür sind CAD-Daten, die aus der Entwicklung direkt an die Fertigung weitergeleitet werden können oder der Einsatz von Manufacturing Execution Systemen (MES), um Produktionsschritte in Echtzeit rückzumelden. In dieser Stufe werden alte Produktionsmaschinen, die die gewünschte Qualität liefern, weiterhin verwendet und gegebenenfalls mit Sensorik nachgerüstet, damit Produktionsdaten bereitgestellt werden können. Organisatorisch herrscht auf dieser Ebene im gesamten Unternehmen der Wille zur Veränderung. Projekte werden strukturiert durchgeführt, jedoch sind kurzfristige Anpassungen aufgrund der Trägheit der Organisation oft nur eingeschränkt umsetzbar.⁵⁴

Sichtbarkeit

In der dritten Stufe, der Sichtbarkeit, kann der gesamte Produktionsfluss mit Hilfe einer großen Menge an Datenpunkten durch Sensorik rückverfolgt werden. Somit kann ein sogenannter digitaler Zwilling erstellt werden, was grundsätzlich einem digitalen und jederzeit aktuellen Modell des Unternehmens entspricht. Somit ist die Echtzeit-Rückmeldung von jedem Fertigungsschritt möglich, was dem Management hilft, Entscheidungen basierend auf Daten zu treffen und als Voraussetzung für die folgenden Stufen gilt. Die größte Schwierigkeit ist hierbei für viele Unternehmen, dass es keine zentrale Quelle der Daten gibt und diese oft nur isoliert in manchen Bereichen verfügbar sind. Zusätzlich gibt es viele Prozesse, in denen noch sehr wenige Datenpunkte gesammelt werden. Daher ist es besonders wichtig, vor allem Betriebsdaten im gesamten Unternehmen zu erfassen und diese flächendeckend in Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Hierbei ist jedoch auch eine Veränderung in der Kultur und Organisation des Unternehmens notwendig. Mitarbeiter:innen müssen sehr stark in den

⁵³ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 17.

⁵⁴ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 17f.

Veränderungsprozess miteingebunden werden und der Wille zur Veränderung muss im Fokus stehen.⁵⁵

Transparenz

Die vierte Ebene geht davon aus, dass bereits ein digitaler Zwilling des Unternehmens verfügbar ist. In der Stufe der Transparenz liegt der zentrale Fokus darauf, Datenanalysen durchzuführen und Wirkungszusammenhänge aufzudecken. Hierbei unterstützen Technologien aus dem Bereich Big Data, da klassische Analyseverfahren bei den Mengen an Daten oft nicht mehr ausreichend sind. Diese Technologien bilden gemeinsam mit Enterprise-Resource-Planning (ERP) und MES-Systemen eine gemeinsame Plattform, um Wirkungszusammenhänge zu erkennen. In dieser Stufe ist es beispielsweise möglich, vorausschauende Wartungen von Anlagen durchzuführen. Dies gelingt, indem die Parameter, die an den Maschinen aufgezeichnet werden, mit Ereignissen aus der Produktion und anderen Abhängigkeiten in Beziehung gesetzt werden und somit den Zustand der Anlage reflektieren. Auch in dieser Ebene dürfen Mitarbeiter:innen und die Organisation bei der Veränderung nicht außer Betracht gelassen werden. Über die gesamte Hierarchie des Unternehmens hinweg muss es das Interesse geben, Daten für Entscheidungen zu nutzen. Veränderungen müssen abteilungsübergreifend und agil gesteuert werden, damit der Nutzen so früh wie möglich sichtbar wird.⁵⁶

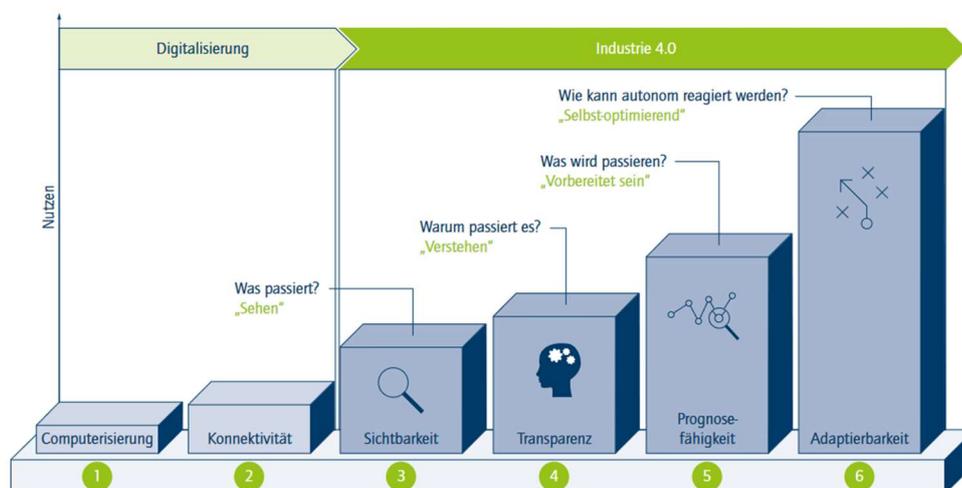


Abbildung 3: Sechs Reifegradstufen der Industrie 4.0 Entwicklung⁵⁷

Prognosefähigkeit

In der Stufe der Prognosefähigkeit steht die Simulation von Zukunftsszenarien im Vordergrund. Dabei werden verschiedene Szenarien nach der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens bewertet und dadurch entsteht eine Projektion des digitalen Zwillings in die

⁵⁵ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 19f.

⁵⁶ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 20.

⁵⁷ Schuh, G. et al. (2020), S. 18.

Zukunft. Somit sinkt das Aufkommen von unerwarteten Ereignissen, und Maßnahmen können rechtzeitig eingeleitet werden. Beispielsweise gibt es die Möglichkeit, wiederkehrende Ausfälle von Verkehrsmitteln in der Logistik frühzeitig zu identifizieren und einen Wechsel des Verkehrsträgers rechtzeitig einzuleiten. Um diese hohe Reaktionsfähigkeit zu gewährleisten, müssen Entscheidungskompetenzen von Mitarbeiter:innen adaptiert werden, damit im Bedarfsfall kurzfristige Entscheidungen nicht durch Hierarchien behindert werden.⁵⁸

Adaptierbarkeit

Die sechste und letzte Reifegradstufe des Industrie 4.0 Maturity Index ist die andauernde Selbstoptimierung des Unternehmens. Hier ist die Organisation in der Lage, die Entscheidungsmacht an IT-Systeme zu übertragen und besitzt die Fähigkeit sich kurzfristig an verändernde Rahmenbedingungen anzupassen. Hierbei ist es wichtig, kritisch zu beurteilen, welche Prozesse autonom gestaltet werden können und wo es weniger sinnvoll ist. Daher sollte immer die Kosten-Nutzen-Frage gestellt werden. Der Zielzustand in dieser Ebene ist die optimale Nutzung der Daten aus dem digitalen Zwilling, um Entscheidungen, mit dem größten positiven Nutzen, schnell und ohne menschliche Hilfe zu treffen und die notwendigen Schritte autonom einzuleiten. Hierfür ist ein kontinuierliches Hinterfragen und Anpassen von Kernkompetenzen in der gesamten Wertschöpfungskette notwendig. In dieser Stufe sind Veränderungen für alle Mitarbeiter:innen selbstverständlich und es herrscht eine Kultur des kontinuierlichen Lernens.⁵⁹

2.1.5 Daten- und Informationsmanagement

Wie in den vorherigen Kapiteln bereits erwähnt, stellen die Digitalisierung und Globalisierung produzierende Unternehmen vor große Herausforderungen. Durch komplexe Abhängigkeiten innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken müssen Betriebe die Fähigkeit entwickeln, aus bestehenden Daten schnell zu lernen. Dafür ist es wichtig, Daten und Informationen unternehmensweit zu nutzen und einen durchgehenden Informationsaustausch zu gewährleisten.⁶⁰ Ein effektives Datenmanagement trägt aber nur dann zum Erfolg von Digitalisierungsprojekten bei, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Beispielsweise muss die zentrale Datenverarbeitung von ERP-Systemen, durch ein Netzwerk von dezentralen Geräten zur Datenbereitstellung und -analyse ergänzt werden. Des Weiteren ist die Fähigkeit eines Unternehmens, sehr große Mengen an Daten zweckmäßig auszuwerten, ein erfolgskritischer Faktor. Die Automatisierung des Datenaustauschs ist nur mit Hilfe von Standards umsetzbar. Diese müssen nicht nur innerbetrieblich, sondern im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk etabliert werden.⁶¹

⁵⁸ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 20.

⁵⁹ Vgl. Schuh, G. et al. (2020), S. 21.

⁶⁰ Vgl. Zeller, V. et al. (2022), S. 3f.

⁶¹ Vgl. Otto, B.; Österle, H. (2016), S. 7.

Begriffsabgrenzung

Durch die Fähigkeit, aus Information Wissen zu schaffen, können sich Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil schaffen. Da es viele Definitionen für diese Begriffe gibt, ist die Wissenstreppe von North in Abbildung 4 für ein einheitliches Verständnis im Rahmen dieser Arbeit hilfreich. Daten bestehen aus Zeichen, die nach einer bestimmten Syntax angeordnet sind. Wenn diese Daten interpretiert werden und einem Bedeutungskontext zugeordnet werden, spricht man von Information, die die Basis für Entscheidungen bildet. Sie bietet jedoch nur einen Mehrwert, wenn sie gespeichert und vernetzt wird. Somit entsteht aus Information Wissen, welches zusätzlich stark von individuellen Erfahrungen geprägt ist. Des Weiteren spielt hierbei der Kontext eine Rolle. Ein Kopfnicken wird beispielsweise nicht in allen Kulturen als ein Ja interpretiert. Wissen ist daher sehr stark personengebunden. Der Wert von Wissen wird messbar, wenn Mitarbeiter:innen das Gelernte in zweckorientierte Handlungen umsetzen können.⁶²



Arten von Daten

Es gibt Eigenschaften, die dabei unterstützen, Daten zu beschreiben. Dazu zählen das Format, der Inhalt, die Verarbeitung, die Stabilität und die Struktur. Des Weiteren sind für eine vollständige Beschreibung der Verwendungszweck, sowie der zugehörige Prozess des Datums notwendig, was auch als Kontextinformation bezeichnet werden kann. Basierend darauf gibt es folgende Arten von Daten:⁶⁴

- **Inhaltsdaten** definieren den eigentlichen Inhalt des Datums.
- **Metadaten** geben Aufschluss über das Format oder erlaubte Werte. Vereinfacht gesagt handelt es sich um Daten, die ein bestimmtes Datum beschreiben.
- **Stammdaten** sind statische Daten, die dauerhaft und zentral abgelegt sind und sich selten ändern. Dadurch kann im Prozess direkt darauf zugegriffen werden,

⁶² Vgl. North, K. (2021), S. 36ff.

⁶³ North, K. (2021), S. 37.

⁶⁴ Vgl. Piro, A.; Gebauer, M. (2021), S. 145ff.

ohne die Daten neu einzugeben. Beispiele dafür sind Artikelbenennungen oder Nummern von Konten.

- **Bewegungsdaten** haben im Gegensatz zu Stammdaten einen variablen Charakter. Sie müssen immer neu eingegeben oder berechnet werden und ändern sich daher innerhalb eines Geschäftsprozesses. Hierzu gehören zum Beispiel Kontensalden oder die Kurse von Wertpapieren.
- **Strukturierte Daten** haben Metadaten, die beispielsweise das Format des Datums festlegen. Im Gegensatz dazu gibt es semistrukturierte und unstrukturierte Daten, bei denen die Information hauptsächlich durch die Interpretation des Empfängers bestimmt wird.

2.1.6 Datenqualität

Laut einer Studie des Kompetenzzentrums für Corporate Data Quality der Universität St. Gallen, die mit 17 Datenmanagern aus verschiedenen Industrien durchgeführt wurde, stellt die Datenqualität mit Abstand die größte Herausforderung im Datenmanagement dar.⁶⁵ Diese lässt sich durch mehrere Dimensionen beschreiben, OTTO et al. betrachtet folgende als die typischen Datenqualitätsmerkmale:⁶⁶

- **Korrektheit:** Überprüfung, ob der Datensatz den realen Eigenschaften des Objekts entspricht.
- **Konsistenz:** Es muss sichergestellt werden, dass unterschiedliche Versionen von Daten über mehrere Informationssysteme hinweg übereinstimmen.
- **Vollständigkeit:** Sicherstellung, ob alle Werte eines Datensatzes vollständig vorhanden sind.
- **Aktualität:** Überprüfung, ob Daten mit der Zeit angepasst werden und immer mit dem aktuellen Stand des realen Objekts übereinstimmen.
- **Verfügbarkeit:** Hierbei stellt sich die Frage, ob alle User jederzeit auf die Datensätze zugreifen können.

Da Unternehmen unterschiedliche Anforderungen an Daten haben, muss die Datenqualität immer im Kontext des entsprechenden Geschäftsfalls gesehen werden. Die korrekte Lieferadresse eines Kunden ist beispielsweise für die Logistikabteilung eine essenzielle Information, um einen Auftrag zu erfüllen. Im Gegensatz dazu sind für den Vertrieb nur die Verkaufszahlen interessant, die Adresse ist eine irrelevante Information. Des Weiteren handelt es sich bei Daten lediglich um eine Momentaufnahme in einer sich stets verändernden Welt. Adressen oder Rechtsformen von Kunden sind nicht in Stein gemeißelt und können sich ändern, was zu Datenqualitätsproblemen führen kann.⁶⁷

⁶⁵ Vgl. Otto, B.; Österle, H. (2016), S. 18.

⁶⁶ Vgl. Otto, B.; Österle, H. (2016), S. 31.

⁶⁷ Vgl. Otto, B.; Österle, H. (2016), S. 31f.

Ursachen schlechter Datenqualität

Die Ursachen für schlechte Datenqualität können in sechs Kategorien eingeteilt werden und sind im Ursache-Wirkungs-Diagramm in Abbildung 5 ersichtlich.

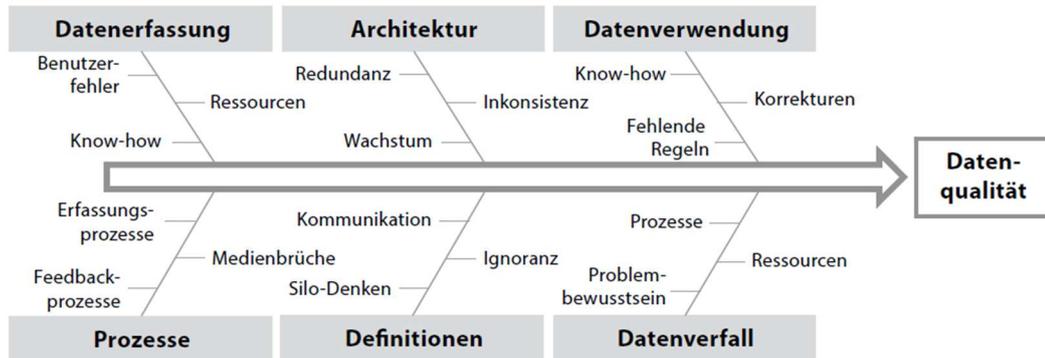


Abbildung 5: Ursachen schlechter Datenqualität⁶⁸

Die Dateneingabe ist die primäre Quelle für mangelhafte Qualität der Daten. Einerseits fehlt das Knowhow für die korrekte Eingabe, andererseits ist das Bewusstsein für die Auswirkungen von fehlerhaften Daten nicht vorhanden. Des Weiteren ist das Design von Dateneingabemasken oft nicht ausreichend an die Anforderungen der Datenqualität angepasst. Komplexe abteilungs- oder sogar unternehmensübergreifende Prozesse stellen ebenfalls eine große Herausforderung dar. Unvollständig definierte Abstimmungsprozesse führen dazu, dass fehlerhafte Daten viel zu spät erkannt werden. Zusätzlich spielt die Datenarchitektur eine bedeutende Rolle, da durch Datenflüsse zwischen unterschiedlichen Applikationen eine Transformation der Daten notwendig ist. Diese muss nachvollziehbar gestaltet werden, sonst leidet die Datenqualität. Eine gute fachliche Beschreibung der Daten ist ebenfalls wichtig, um im gesamten Unternehmen ein einheitliches Verständnis für Datensätze aufzubauen. Dafür müssen abteilungsübergreifend einheitliche Definitionen für Format und Inhalt von Daten verfügbar sein. Des Weiteren sind die Kompetenz, die Daten richtig zu interpretieren und das Bewusstsein für den zeitlichen Verfall der Gültigkeit von Daten wichtige Bestandteile, um schlechte Datenqualität zu vermeiden.⁶⁹

Datenqualitätsmanagement

Ein Datenqualitätsmanagement kann dabei helfen, einem schleichenden Abfall der Datenqualität entgegenzuwirken. Dabei wird zwischen einem präventiven und einem reaktiven Ansatz unterschieden. Das präventive Datenqualitätsmanagement nutzt beispielsweise automatisierte Prüfregelein, um fehlerhafte Daten zu vermeiden. Das Ziel des reaktiven Ansatzes ist die Entdeckung und Behebung von Datendefekten. Der Nachteil an diesem Ansatz ist, dass es meist keine Messungen der Datenqualität gibt, was dazu führt, dass Verbesserungsmaßnahmen nicht überprüft werden können. Des

⁶⁸ Apel, D. (2015), S. 28.

⁶⁹ Vgl. Apel, D. (2015), S. 27ff.

Weiteren werden keine Ressourcen budgetiert und sind daher gegebenenfalls nicht verfügbar.⁷⁰ Die Aufgaben des Datenqualitätsmanagements bestehen laut Apel et al. in der Validierung, Standardisierung, Bereinigung und Anreicherung von Daten. Im Rahmen der Datenvalidierung werden Inputdaten nach einem zuvor festgelegten Regelwert überprüft. Nur valide Daten werden zur Weiterverarbeitung weitergegeben. Die Standardisierung der Daten dient zur Formatierung der Datensätze in ein einheitliches Format, damit sie sich miteinander vergleichen lassen. Zur Datenbereinigung zählen beispielsweise das Ausbessern von einzelnen Datenfeldern und die Identifikation von Duplikaten. Das Anreichern der Daten entspricht einer zusätzlichen Veredelung von qualitativ hochwertigen Daten. Das bedeutet, dass Datensätze mit zusätzlichen Informationen angereichert werden, damit sie zu wertvollen Informationen werden. Des Weiteren sollte regelmäßig ein Monitoring der Datenqualität durchgeführt werden. Somit können fehlerhafte Daten ausgebessert und Probleme mit der Datenqualität vorgebeugt werden.⁷¹

Data Governance

Data Governance kann dazu beitragen, Probleme im Unternehmen in Bezug auf Informationen und Daten zu lösen, wie zum Beispiel eine strukturierte und dokumentierte Verantwortlichkeit für Datenqualität zu schaffen. Organisationen, die sich nicht mit dieser Thematik auseinandersetzen, riskieren den Verlust von Wettbewerbsvorteilen am Markt. Laut BOLLWEG ist Data Governance ein Hilfsmittel zur Verankerung von einem transparenten Datenmanagement in der Ablauf- und Aufbauorganisation eines Betriebs. Somit wird das einheitliche Vorleben von Standards, klaren Verantwortlichkeiten für Daten, sowie Prozesse zur Optimierung im gesamten Unternehmen sichergestellt.⁷² Die Einführung einer Data Governance ermöglicht eine bessere Grundlage für Entscheidungen und schafft Vertrauen in die Nutzung von Unternehmensdaten. Des Weiteren wird in der gesamten Organisation ein Bewusstsein für den Umgang mit Daten geschaffen, das dazu beiträgt, standardisierte und transparente Prozesse zu entwickeln.⁷³

2.1.7 Datenanalytik

Mit Hilfe von modernen Datenanalysemethoden ist die automatische Extraktion von Information und Wissen aus Datenmengen möglich. Die Verarbeitungskette der Datenanalyse beinhaltet die Datenerfassung, die Datenvorverarbeitung, die Datenanalyse und die Ergebnisdarstellung und -interpretation (siehe Abbildung 6). Im Kontext von Big Data können diese vier Schritte um die sogenannte Datenintegration im Rahmen der Vorbereitung der Daten erweitert werden. Hierbei handelt es sich um den Entwurf einer passenden Datenbank zur Speicherung der Daten. Des Weiteren gibt es als letzten Schritt eine Entscheidung, die basierend auf den Datenauswertungen

⁷⁰ Vgl. Otto, B.; Österle, H. (2016), S. 32f.

⁷¹ Vgl. Apel, D. (2015), S. 120ff.

⁷² Vgl. Bollweg, L. M. (2021), S. 14.

⁷³ Vgl. Al-Ruithe, M. et al. (2019), S. 841ff.

getroffen werden kann.⁷⁴ HUBER und OPPERMANN beschreiben Daten als das Öl des 21. Jahrhunderts. Diese Metapher ist durchaus sinnvoll, denn auch für Daten muss zunächst eine relevante Quelle gefunden werden, aus der Wertvolles erschlossen werden kann. Bei der Datenerfassung handelt es sich um das Beschaffen von Daten aus bestehenden Datenquellen und um die Datenerzeugung mit Hilfe von beispielsweise Sensorik oder anderen Kommunikationswegen. Die Qualität von Datenanalysen hängt sehr stark von der Datenqualität (siehe Kapitel 2.1.6) ab, denn eine Auswertung kann nur so gut sein, wie die Daten, die dafür verwendet werden. Daher kann bei Analyseprojekten bis zu 80 Prozent der Zeit in die ersten beiden Schritte der Verarbeitungskette investiert werden.⁷⁵

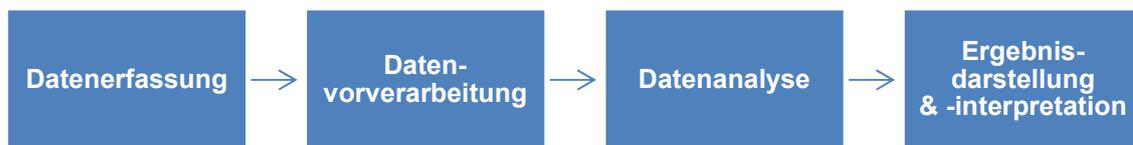


Abbildung 6: Verarbeitungskette der Datenanalyse⁷⁶

Die Analyse ist ein systematischer Prozess, bei dem aus Daten Informationen generiert werden können. Der Begriff Analytik bezeichnet das Durchführen von Analysen und kann als Überbegriff für Methoden und Werkzeuge im Rahmen von Datenanalysen verwendet werden. Wenn der Fokus auf unternehmerischen Fragen und der Unterstützung bei Entscheidungsfindungen liegt, spricht man von Business Analytics. Je nach Fragestellung, kann eine Einteilung in Analytik-Varianten getroffen werden, die von der Komplexität und dem Wert für das Unternehmen abhängig sind. Diese ist in Abbildung 7 ersichtlich.⁷⁷

Bei der beschreibenden Analytik liegt der Fokus auf der Frage was, wann und wo geschehen ist. Diese lässt sich mit einem einfachen Berichtswesen beantworten. Mit Methoden aus dem Bereich der diagnostischen Analytik lässt sich die Fragestellung nach dem Warum beantworten. Dabei handelt es sich um die Analyse von Ursachen, indem Korrelationen und Zusammenhänge aufgedeckt werden, die bei der Lösung von Problemen unterstützen sollen. Die ersten beiden Punkte haben sich mit Fragestellungen aus der Vergangenheit beschäftigt, wohingegen sich die prädiktive Analytik mit zukünftigen Thematiken auseinandersetzt. Hier gilt es herauszufinden, was passieren könnte. Die höchste Stufe der Entscheidungsunterstützung ist die präskriptive Analytik. Hierbei werden aus Vergangenheitswerten Handlungsempfehlungen für die Zukunft abgeleitet, um ein festgelegtes Ziel bestmöglich zu erreichen. Sobald es jedoch zu unerwarteten und seltenen Ereignissen kommt, stoßen datengetriebene Methoden schnell an ihre Grenzen. Daher ist die Rückkopplung zwischen dem Ergebnis und der

⁷⁴ Vgl. Huber, M.; Oppermann, H. (2017), S. 217.

⁷⁵ Vgl. Huber, M.; Oppermann, H. (2017), S. 217ff.

⁷⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Huber, M.; Oppermann, H. (2017), S. 217.

⁷⁷ Vgl. Dorschel, J. et al. (2015), S. 55.

durchgeführten Handlungsempfehlung essenziell, um eine iterative Verbesserung zu erzielen. Bei der Fragestellung was jetzt gerade passiert, spricht man von der Echtzeit-Analytik, welche beispielsweise das Monitoring inkludiert.⁷⁸

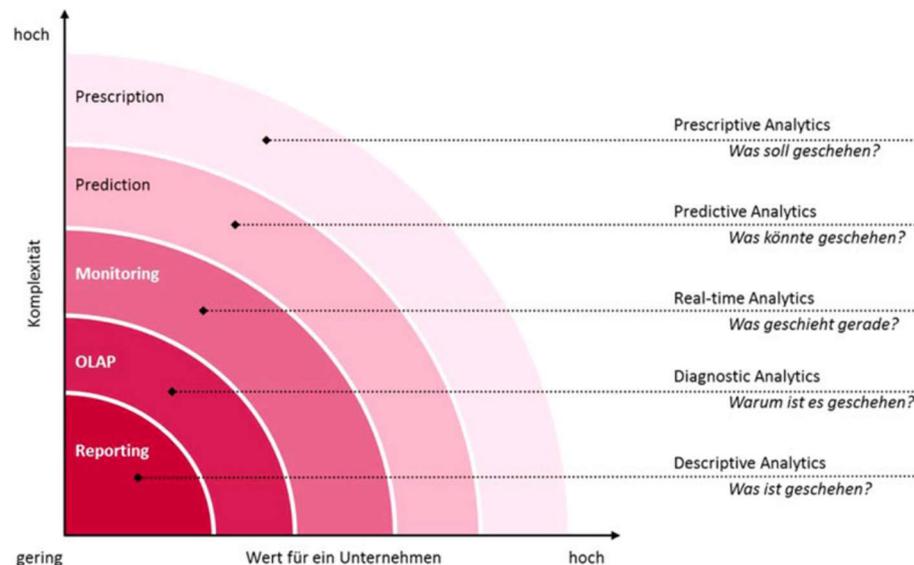


Abbildung 7: Analytik-Varianten⁷⁹

2.1.8 Barrieren der Digitalisierung

Laut APPELFELLER und FELDMANN liegen die Barrieren der digitalen Transformation in:⁸⁰

- der Strategie,
- der Vision und Führung,
- dem Wissen und Fähigkeiten der Mitarbeiter:innen,
- der Ablauf- und Aufbauorganisation und
- im Management der Daten.

Die Vision und Unternehmensstrategie müssen klar mit Bezug auf die Digitalisierung formuliert und vom Führungsteam aktiv vorgelebt werden. Eine starke Führung muss das Bild einer digitalen Zukunft vermitteln, die für das gesamte Personal erstrebenswert erscheint. Jeder Mitarbeitende muss ein Verständnis für Konsequenzen und die Notwendigkeit des Wandels aufbauen und den möglichen Nutzen, wie erleichterte Arbeitsbedingungen und Einkommenssteigerung, erkennen. Die digitale Transformation eines Unternehmens ist ein langer Prozess, der nur schrittweise erfolgen kann und dessen langfristige Auswirkungen nicht eindeutig abschätzbar sind. Daher sollte der Fortschritt mit Hilfe von geeigneten Kennzahlensystemen dokumentiert werden, vor

⁷⁸ Vgl. Dorschel, J. et al. (2015), S. 55ff.

⁷⁹ Dorschel, J. et al. (2015), S. 56.

⁸⁰ Vgl. Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2018), S. 193.

allem weil es schwer ist, den Aufwand und Nutzen von Digitalisierungsprojekten zu quantifizieren.⁸¹ Der Mangel an ausreichend qualifiziertem Personal ist eine weitere Barriere für die digitale Transformation. Veränderungen von Prozessen und Systemen haben sehr große Auswirkungen auf bestehende Arbeitsweisen und Hilfsmittel von Mitarbeiter:innen. Durch den starken Wandlungsbedarf des Unternehmens, ist ein hohes Ausmaß an Wandlungsbereitschaft von allen Organisationseinheiten notwendig. Ein weiterer kritischer Erfolgsfaktor ist die Wandlungsfähigkeit, also die Fähigkeiten und das Wissen der vom Wandel betroffenen Personen. Um die Motivation von Mitarbeitenden für die digitale Transformation nicht zu mindern, sollte bei der Auswahl von neuen Technologien stark auf die Benutzerfreundlichkeit und eine gute Einschulung in neue Systeme geachtet werden. Funktionale Einheiten, in denen sich jede Abteilung nur auf die eigenen Ziele konzentriert, können dramatische Auswirkungen auf die digitale Transformation haben. Die Angst von Führungspersonen, an Einfluss zu verlieren und konkurrierende Abteilungsziele verstärken diese isolierte Denkweise noch weiter. Dem kann mit einem prozessorientierten Ansatz entgegengewirkt werden, in dem der Fokus auf Zielen des Gesamtunternehmens und abteilungsübergreifenden Prozessen liegt. Durch die stetig wachsenden Datenmengen gibt es in Bezug auf das Datenmanagement viele Barrieren für die Digitalisierung. Wenn die Daten nicht zentral und einheitlich gespeichert sind, kommt es zu Schwierigkeiten bei der übergreifenden Datenanalyse.⁸² Besonders für große Konzerne kommt es mit der steigenden Unternehmensgröße zu Herausforderungen in Bezug auf die steigende Anzahl von Datenquellen, die es zu integrieren gilt. Durch Akquisitionen oder Fusionen von Unternehmen ist ein sehr hoher Aufwand nötig, um die Daten richtig zu integrieren und zu migrieren. Das liegt vor allem daran, dass unterschiedliche Branchen und Märkte, Daten und Prozesse nach einer anderen Logik modellieren und pflegen. Diese Herausforderung kann nur mit einer entsprechenden Informationslogistik bewältigt werden, die eine entsprechende Struktur und Systematik für die Bereitstellung von Daten definiert.⁸³

2.1.9 Herausforderungen für Automobilzulieferer

Ein Automobilzulieferer ist ein Unternehmen, dessen Produkte in den Produktionsprozess eines Autos einfließen und somit als Komponente in ein Automobil eingehen. Der Fokus liegt dabei meist auf der Fertigung weniger Kerntechnologien und der Zulieferer agiert oft auch gleichzeitig als Entwicklungspartner. Diese Güter werden anschließend indirekt oder direkt an Automobilhersteller geliefert, die als Original Equipment Manufacturer (OEM) bezeichnet werden. Je nachdem, auf welcher Stufe der Wertschöpfung sich der Zulieferer befindet (siehe Abbildung 8), wird zwischen Tier-1-Zulieferern, die OEMs mit Modulen und Systemen beliefern, Tier-2-Zulieferern und Tier-3-Zulieferern unterschieden, die als Komponenten- und Teilelieferanten agieren.⁸⁴

Die Automobilzulieferer haben eine Vielzahl an Herausforderungen zu bewältigen, um dem steigenden Wettbewerbsdruck am Markt standzuhalten. Dieser geht vor allem von

⁸¹ Vgl. Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2018), S. 193ff.

⁸² Vgl. Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2018), S. 195ff.

⁸³ Vgl. Wegener, H. (2008), S. 191f.

⁸⁴ Vgl. Braun, D. (2011), S. 9f.; Vgl. Helbling, S.; Nyffenegger, F. (2022), S. 87f.

Seiten der OEMs aus, die die Anzahl ihrer Zulieferer zunehmend reduzieren. Des Weiteren ist die Zulieferbranche stark von Finanzierungsproblemen betroffen, da Hersteller Forschungs- und Entwicklungskosten an die Zulieferer übertragen. Der Umstand, dass Produktlebenszyklen sich stetig verkürzen und die Notwendigkeit den OEMs an ihre neuen internationalen Fertigungsstandorte zu folgen, verstärkt den Druck auf die Automobilzulieferer. Durch das starke Abhängigkeitsverhältnis ist es den Automobilherstellern möglich, Preis- und Kostendruck auf ihre Zulieferer abzuwälzen. Durch die zunehmende Globalisierung sind die Anforderungen der OEMs gegenüber den Logistiksystemen der Automobilzulieferer sehr hoch, was diese zwingt, Optimierungspotenziale im Bereich der Logistik zu nutzen.⁸⁵

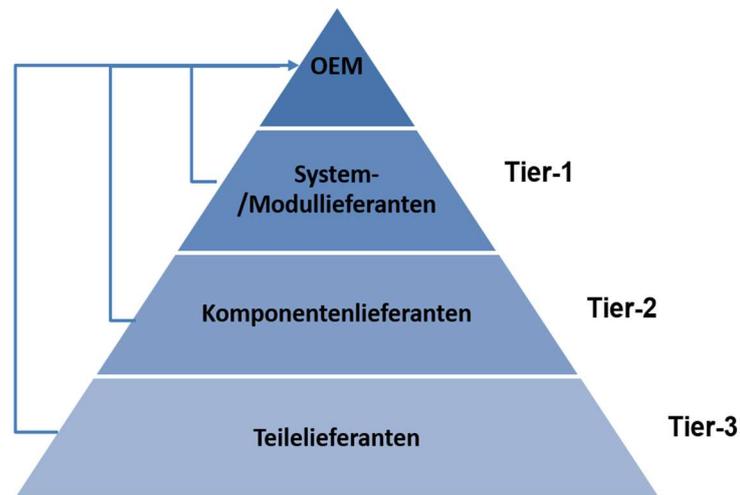


Abbildung 8: Zuliefererpyramide⁸⁶

Im Rahmen einer Studie zur Untersuchung der Zukunftsfähigkeit der Zulieferindustrie in Thüringen aus dem Jahr 2018 wurden folgende Herausforderungen für Zulieferer erkannt. Dadurch, dass die Gegenwart und Zukunft sehr stark von den Automobilherstellern abhängen, kommt es zu Schwierigkeiten bei der langfristigen Strategieplanung von Zulieferbetrieben. Ein weiteres Problem stellt die Altersstruktur des Personals dar. Das Durchschnittsalter bei bestimmten Zulieferbetrieben aus der Studie liegt zwischen 40 und 50 Jahren, und viele fühlen sich von anstehenden Transformationsprozessen nicht betroffen.⁸⁷

Durch ein erhöhtes Aufkommen von Rückrufaktionen fehlerhafter Fahrzeuge, sowie verschärfter Verordnungen und Gesetze kommt es zu erheblichen Kosten für die Automobilindustrie. Daher wird das Thema Rückverfolgbarkeit von Produktkomponenten zunehmend wichtiger, um Qualitätsmängel möglichst früh zu erkennen und exakt eingrenzen zu können. Wichtig ist hierbei jedoch, keine Insellösungen zu erstellen, sondern eine durchgängige Traceability-Lösung über die gesamte Lieferkette zu

⁸⁵ Vgl. Braun, D. (2011), S. 1f.

⁸⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Helbling, S.; Nyffenegger, F. (2022), S. 88.

⁸⁷ Vgl. Becker, K. et al. (2019), S. 251ff.

entwickeln.⁸⁸ Die Zielsetzung ist, eine Transparenz über die gesamten Materialströme der Beschaffungs-, Produktions-, und Distributionslogistik zu schaffen, damit eine gesamtheitliche informelle Erfassung von physischen Materialflüssen verfügbar ist. Die Basis dafür ist eine eindeutige Identifikation von Behältern und Material, welche im nächsten Kapitel näher behandelt werden.⁸⁹

2.2 Rückverfolgbarkeit

Rückverfolgbarkeit ist ein breites Themengebiet, dessen Umsetzung sehr schwierig sein kann. Es bedeutet, ein Objekt eindeutig zu kennzeichnen, damit im gesamten Lebenszyklus alle Informationen und Bewegungen des Gegenstands zur Verfügung stehen.⁹⁰ In der Lebensmittel- und Pharmabranche gibt es schon länger strenge Anforderungen, um die Rückverfolgbarkeit der Produkte zu gewährleisten, daher ist die Thematik in diesen Bereichen bereits weit verbreitet. Auch in produzierenden Unternehmen, außerhalb dieser Branchen, kann es den Produktionsprozess erleichtern einzelne Komponenten zurückzuverfolgen.⁹¹ In der Automobilindustrie sind die Anforderungen an die Qualität sehr hoch und von den Zulieferern bis zu den OEMs sind eine Vielzahl an Stakeholdern in die Prozesse involviert. Daher ist die Rückverfolgbarkeit hier eine große Herausforderung.⁹² Dennoch kann die Transparenz über Produktinformationen in Echtzeit zu einer vertrauensvollen Beziehung zwischen Automobilherstellern und ihren Zulieferern beitragen. Dies gelingt nur, wenn alle Mitglieder im Materialfluss bereit sind, Informationen zu teilen.⁹³

2.2.1 Definition von Rückverfolgbarkeit

Im Englischen wird für Rückverfolgbarkeit der Begriff Traceability verwendet. Dieser setzt sich aus den Wörtern „track“ und trace“ zusammen. Tracking bedeutet, den Standort eines Produkts jederzeit erfragen zu können. Trace steht für die Möglichkeit, alle Produktdaten aufzuzeichnen und abzurufen.⁹⁴ OLSEN und BORIT definieren diese als die Fähigkeit, auf einige oder alle Informationen des gesamten Lebenszyklus eines entsprechenden Gegenstands zugreifen zu können, indem Identifikationsmerkmale aufgezeichnet werden.⁹⁵ Des Weiteren gibt es einen globalen Traceability Standard der Organisation GS1. Dort wird festgehalten, dass entweder die Herkunft von Teilen und Materialien, deren Verarbeitungshistorie oder der Standort der Ware nach der Auslieferung rückverfolgt werden kann.⁹⁶

⁸⁸ Vgl. Abramovici, M. et al. (2008), S. 122.

⁸⁹ Vgl. Klug, F. (2011), S. 64f.

⁹⁰ Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 700.

⁹¹ Vgl. Bischoff, H. (2018), S. 7.

⁹² Vgl. Wohlrab, R. et al. (2021), S. 63.

⁹³ Vgl. Paolucci, E. et al. (2021), S. 1127f.

⁹⁴ Vgl. Bougdira, A. et al. (2020), S. 3358.

⁹⁵ Vgl. Olsen, P.; Borit, M. (2013), S. 12.

⁹⁶ Vgl. GS1 (2017), S. 6.

Rückverfolgbarkeit spielt eine wichtige Rolle im Qualitätsmanagement produzierender Unternehmen. Die Internationale Organisation für Normung definiert in der Norm für Qualitätsmanagementsysteme, der ISO 9001:2015, Anforderungen für Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit. Unternehmen müssen die Verantwortung in Bezug auf die Qualität und die Haftung für extern zugekaufte Teile gegenüber ihren Kunden übernehmen. Daher gibt es die Forderung der Rückverfolgbarkeit gegenüber Lieferanten, diese ist jedoch nicht verpflichtend. Die Norm definiert Traceability als die Fähigkeit, alle verbauten Materialien und Teile vom Hersteller bis zum Ende des Lebenszyklus, inklusive aller Bewegungen und Bearbeitungsschritte, die vorgenommen wurden, rückverfolgen zu können.⁹⁷ Eine Erweiterung der ISO 9001:2015 ist die Norm IATF 16949. Diese enthält zusätzlich Anforderungen aus der Automobilzulieferindustrie.⁹⁸

BENATIA et al. definieren in dem Paper „*A framework for big data driven product traceability system*“ drei Teilbereiche der Rückverfolgbarkeit: Die Identifikation von Produkten, das Erheben und Sammeln von Daten, sowie das Datenmanagement.⁹⁹ SCHUITEMAKER und XU beschreiben folgende Eigenschaften der Rückverfolgbarkeit:¹⁰⁰

- **Aktive oder passive Rückverfolgbarkeit:** In einem aktiven System werden Daten zur Steuerung und Optimierung von Prozessen innerhalb der Lieferkette genutzt. In passiven Systemen hingegen stehen die Daten zur Verfügung, werden jedoch nicht weiter genutzt.
- **Interne oder externe Rückverfolgbarkeit:** Ersteres bezieht sich auf die Aufzeichnung von Produktinformationen innerhalb eines Fertigungsprozesses. Die externe Rückverfolgbarkeit hingegen konzentriert sich auf den Materialfluss zwischen den Akteuren innerhalb der Lieferkette. Für eine gesamtheitliche Nachvollziehbarkeit der Lieferkette ist jedoch das Zusammenspiel von beiden Arten erforderlich.
- **Rückwärts- oder Vorwärts-Rückverfolgbarkeit:** Eine Lieferkette kann einerseits rückwärts nachvollzogen werden, also vom Ende des Produktlebenszyklus bis zurück zum Ursprung. Andererseits können die Daten vorwärts von der Quelle bis zur Senke einer Produktionseinheit betrachtet werden.

Das Potential der Rückverfolgbarkeit von Produkten liegt in der Verbesserung der Informationslogistik und der Verringerung des Aufwands für den Informationsaustausch mit Kunden und Lieferanten. Einerseits wird die Reaktionsgeschwindigkeit bei Rückrufaktionen erhöht und man kann dem Käufer Produktinformationen zugänglich machen. Andererseits können Entscheidungen über das Produktionsprogramm durch die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten effizienter getroffen werden. Dadurch sind auch die Überwachung der Maschinenkapazitäten sowie die Vorhersage von Qualitätsproblemen

⁹⁷ Vgl. Hinsch, M. (2019), S. 45.

⁹⁸ Vgl. Brückner, C. et al. (2019), S. 1.

⁹⁹ Vgl. Benatia, M. A. et al. (2018), S. 3.

¹⁰⁰ Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 701.

möglich, was die Gesamtproduktivität der Fertigung steigert. Zusätzlich ist es möglich, Eigenschaften von Produkten in Bezug auf Nachhaltigkeit zu dokumentieren, was einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil darstellt. Des Weiteren hat die Rückverfolgbarkeit im Bereich von Industrie 4.0 ein großes Potential, wenn sie in Kombination mit IoT-Technologien eingesetzt wird.¹⁰¹ Eine lückenlose Rückverfolgbarkeit ermöglicht, falls ein Qualitätsproblem bei einem Einzelteil detektiert wird, nicht die gesamte Charge als Ganzes aussortieren zu müssen.¹⁰²

2.2.2 Produktidentifikation

Die Automatische Identifikation (Auto-ID) bietet die Basis für die schnelle Identifikation von Gegenständen. Dabei müssen zunächst die Identifikationsmerkmale festgelegt werden, also die Eigenschaften des Objekts, die erfasst werden sollen. Dabei kann es sich beispielsweise um die Abmessungen, den Werkstoff, das Gewicht, die Temperatur oder die Farbe handeln.¹⁰³

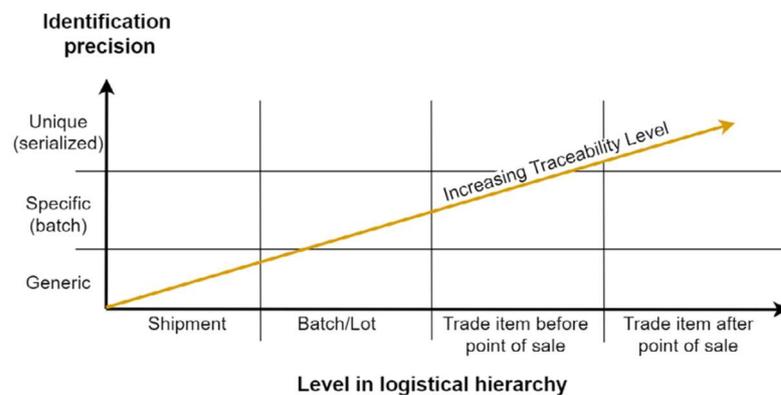


Abbildung 9: Traceability Level¹⁰⁴

Im GS1-Standard definiert ein „Traceable Object“ einen physischen oder digitalen Gegenstand mit einer zu erfassenden Lieferkette.¹⁰⁵ Des Weiteren wird in der Literatur der Begriff „Traceable Resource Unit“ (TRU) verwendet, der den Gegenstand definiert, der rückverfolgt werden soll. Dabei handelt es sich entweder um eine Produktionseinheit, wie zum Beispiel ein Los oder eine Charge, oder um eine logistische Einheit, wie Paletten, Container oder Boxen. Für diese TRUs können Hierarchien angelegt werden, die festlegen, wie die einzelnen logistischen oder Produktionseinheiten in Beziehung stehen.¹⁰⁶ Basierend darauf kann ein Unternehmen festlegen, nach welchem Genauigkeitslevel Objekte rückverfolgt werden sollen. Dies stellt den Haupteinflussfaktor auf die Kosten und die Realisierbarkeit der Rückverfolgbarkeit dar.¹⁰⁷ Den

¹⁰¹ Vgl. Olsen, P.; Borit, M. (2013), S. 1f.; Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 702.

¹⁰² Vgl. Hofmann, A. (2017), S. 1.

¹⁰³ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 9f.

¹⁰⁴ Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 701.

¹⁰⁵ Vgl. GS1 (2017), S. 27.

¹⁰⁶ Vgl. Olsen, P.; Borit, M. (2018), S. 144.

¹⁰⁷ Vgl. Aiello, G. et al. (2015), S. 177.

Zusammenhang zwischen der Definition der logistischen Einheit, was bedeutet, ob nur die Ladung als Gesamtheit verfolgt wird oder das einzelne Produkt bis hin zum Kunden, und der Exaktheit der Identifikation, kann in Abbildung 9 nachvollzogen werden. Diese beiden Größen haben einen direkten Einfluss auf das „Traceability Level“, welches für jeden Anwendungsfall gewählt werden kann. Für einen Spielzeughersteller ist es beispielsweise ausreichend, wenn Produkte nur mit Hilfe von Versandcodes rückverfolgt werden, es ist also nur ein geringes Level an Rückverfolgbarkeit notwendig. Betrachtet man jedoch Lieferanten aus dem medizinischen Bereich, ist ein viel detaillierteres Level notwendig, damit jedes Produkt einzeln rückverfolgt werden kann, um eine ordnungsgemäße Behandlung und Entsorgung von Medikamenten bis zum Ende des Lebenszyklus sicherzustellen.¹⁰⁸ Bei der Entscheidung der Genauigkeit der Rückverfolgung muss die Kosten-Nutzen-Frage im Vordergrund stehen, da mit steigender Präzision die Kosten sowie die Menge der zu verarbeitenden Daten ansteigen.¹⁰⁹

2.2.3 Verfahren zur Kennzeichnung von Objekten

Um Teile eindeutig zu identifizieren und voneinander zu unterscheiden, ist es notwendig, physische Produkte mit den jeweiligen Daten zu verknüpfen. Dies gelingt durch eine direkte oder indirekte Objektkennzeichnung, welche dem Gegenstand eine Art Fingerabdruck geben.¹¹⁰ Dafür gibt es viele unterschiedliche Möglichkeiten, die im Folgenden beschrieben werden. Einen Überblick über die Methoden zeigt Abbildung 10.



Abbildung 10: Methoden der Teilekennzeichnung¹¹¹

Für die indirekte Markierung von Objekten wird ein separater Informationsträger benötigt, bei dem es sich beispielsweise um ein Etikett handelt. Darauf kann ein optischer Code (siehe Kapitel 2.2.4) gedruckt werden. Radio Frequency Identification

¹⁰⁸ Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 701.

¹⁰⁹ Vgl. Aiello, G. et al. (2015), S. 177.

¹¹⁰ Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 702.

¹¹¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 702 ; Oberhollenzer, H. (2018), S. 14; Vgl. Hofmann, A. (2017), S. 2.

(RFID) Chips bieten eine weitere Möglichkeit zur Kennzeichnung und Identifikation von Teilen (siehe Kapitel 2.2.6). Des Weiteren ist es möglich, Objekte direkt zu kennzeichnen. Dabei handelt es sich um die Markierung des Teils direkt an der Materialoberfläche. Dafür gibt es diverse Methoden, bei denen die Oberfläche verändert oder abgetragen wird oder etwas direkt auf die Oberfläche aufgetragen wird.¹¹² Eine neue Variante ist die markierungslose Identifikation, indem die Oberflächenstruktur als eindeutiger „Fingerabdruck“ erfasst wird.¹¹³ Für die Kennzeichnung von Metalloberflächen relevante Verfahren werden im Folgenden beschrieben.

Gravur

Die Gravur ist ein Verfahren der spanabhebenden Materialbearbeitung. Für die Kennzeichnung wird Material aus einem Metall oder mehrschichtigem Kunststoff entnommen, sodass eine Vertiefung entsteht. Unter anderem gibt es die mechanische Gravur und die Lasergravur.¹¹⁴

- **Mechanische Gravur:** Die automatisierte mechanische Gravur wird von Fräs- und CNC-Graviermaschinen durchgeführt. Durch eine kraftbetriebenen Frässtichel wird das Material für die Kennzeichnung abgetragen. Mit diesem Verfahren können diverse Feststoffe bearbeitet werden. Der größte Vorteil dieser Technik ist die hohe Robustheit, jedoch handelt es sich um ein Verfahren mit einem hohen Lärmpegel und es können keine komplexen Kennzeichen erstellt werden. Des Weiteren sind die Kosten durch anfallendes Verbrauchsmaterial, wie Fräser oder Ritzdiamanten sowie die Personalkosten für ausreichend qualifizierte Mitarbeiter:innen relativ hoch.¹¹⁵
- **Lasergravur:** Diese Art der Gravur hat die mechanische Gravur im industriellen Bereich größtenteils ersetzt. Bei diesem Verfahren wird durch einen gebündelten Lichtstrahl die Oberfläche eines Materials verbrannt oder verdampft, wodurch eine Gravur sichtbar wird. Laserbeschriftungsverfahren sind für verschiedene Materialien geeignet und sind automatisierbar, schnell und haben eine hohe Beständigkeit. Je nach Material können auch kleine Kennzeichnungen wie, Data Matrix-Codes (siehe Kapitel 2.2.4), erstellt werden. Die Betriebskosten von Lasersystemen sind durch Wartungen und die Gerätekühlung relativ hoch. Auch bei diesem Gravur-Verfahren wird hochqualifiziertes Personal benötigt. Ein weiterer Nachteil ist der anfallende Feinstaub, der gesundheitsschädlich sein kann, wodurch der Einsatz von Absaug- und Filteranlagen notwendig ist.¹¹⁶

Nadel- und Ritzmarkieren

Beim Nadel- und Ritzmarkieren handelt es sich um ein Einpräge-Verfahren, bei dem Material durch Krafteinwirkung verdichtet wird. Bei der Nadelmarkierung wird eine Nadel, die in x- und y-Richtung verschiebbar ist, an festgelegten Positionen ins Material

¹¹² Vgl. Schuitemaker, R.; Xu, X. (2020), S. 702.

¹¹³ Vgl. Voelker, H. (2022).

¹¹⁴ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 16.

¹¹⁵ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 19f.

¹¹⁶ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 20ff.

gestoßen. Die Ritzmarkierung funktioniert ähnlich. Der Unterschied liegt darin, dass die Nadel durch das Material gleitet, sodass anstatt von Punkten eine durchgehende Linie entsteht (siehe Abbildung 11). Bei beiden Verfahren gibt es kaum Materialabtrag, was zu folgenden zwei Vorteilen führt: Einerseits gelten sie als fälschungssicher, daher werden sie beispielsweise für die Kennzeichnung von Fahrgestellnummern verwendet, andererseits sind keine Filter- und Absauganlagen notwendig. Außerdem können beispielsweise Data Matrix-Codes in einer hohen Auflösung dargestellt werden. Jedoch entsteht hierbei, im Gegensatz zu materialabtragenden Techniken, weniger Kontrast.¹¹⁷

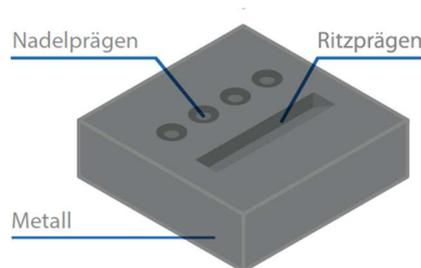


Abbildung 11: Nadel- und Ritzprägen auf Metall¹¹⁸

Druckverfahren

Bei Druckverfahren wird zwischen der direkten und indirekten Objektkennzeichnung unterschieden. Beim Digitaldruck erfolgt die Markierung beispielsweise auf ein Etikett, welches anschließend am Gegenstand angebracht wird. Beim Siebdruck erfolgt die Kennzeichnung direkt auf dem Objekt.

- **Digitaldruck:** Bei diesem Verfahren ist der beständige und präzise Druck von Kennzeichnungen möglich. Die Anschaffungs- und Betriebskosten sind im Gegensatz zu anderen Kennzeichnungsverfahren günstig. Des Weiteren sind für die Bedienung der Geräte keine speziellen Vorkenntnisse nötig.¹¹⁹
- **Analogdruck:** Zu analogen Druckverfahren zählen beispielsweise der Sieb- und Schablonendruck. Mit diesen Verfahren können diverse Materialien, wie Kunststoffe, Keramik, Glas und Metalle, direkt bedruckt werden. Dabei wird Druckfarbe durch ein feinmaschiges Gewebe, das als Schablone dient, auf das Material aufgetragen. Das Verfahren bietet eine gute Beständigkeit des Aufdrucks, jedoch ist der Zeitaufwand für den Druck sehr hoch.¹²⁰

Markierungsfreie Identifikation

Eine neuartige Möglichkeit bietet die markierungsfreie Identifikation. Hierbei handelt es sich um eine Methode zur Teileidentifikation, die die Materialoberfläche nicht zusätzlich beeinflusst und bei welcher auch keine stückabhängigen Kosten für Markierungen anfallen. Bauteile weisen eine einzigartige Mikrostruktur auf ihrer Oberfläche auf. Diese

¹¹⁷ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 52ff.

¹¹⁸ Oberhollenzer, H. (2018), S. 52.

¹¹⁹ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 30.

¹²⁰ Vgl. Oberhollenzer, H. (2018), S. 44.

kann dazu verwendet werden, ein Teil eindeutig zu identifizieren, indem eine hochaufgelöste Bildaufnahme eines festgelegten Bereichs des Bauteils mit Hilfe von einem speziellen Lesegerät aufgenommen wird. Dies entspricht dem sogenannten Fingerabdruck dieses Teils, welcher in einer Datenbank mit einer Identifikationsnummer verbunden wird.¹²¹ Diese Methode lässt sich für alle Bauteile anwenden, die mit einem spanenden Fertigungsverfahren, wie beispielsweise Drehen oder Fräsen, bearbeitet wurden. Die Identifikation soll auch nach Oberflächenveränderungen durch Korrosion oder Verschleiß von bis zu 20 Prozent möglich sein.¹²²

2.2.4 Optische Codes

Um Daten schnell auf maschinell Weg erfassen zu können, wurden optische Codes entwickelt. Somit können mit einem Code gekennzeichnete Objekte manuell, teil- oder vollautomatisiert identifiziert werden. In Verbindung mit den entsprechenden Lesegeräten kann somit der physische Materialfluss mit dem Informationsfluss gekoppelt werden. Mit einem optischen Code können ASCII-Zeichen¹²³ sowie numerische und alphanumerische Daten dargestellt werden. Je nach Variante kann eine unterschiedliche Menge an Zeichen in einem Code gespeichert werden. Eindimensionale Codes, weiterführend als 1D-Codes bezeichnet, bieten die Möglichkeit, ungefähr 30 Zeichen darzustellen, ohne die Lesbarkeit einzuschränken, was beispielsweise ausreichend ist, wenn die Identifikation über einen Datenbankschlüssel erfolgt, welcher ein Code mit wenigen Ziffern ist. Wenn die Anforderung besteht, mehr Information zu codieren, gibt es zweidimensionale Codes, folgend 2D-Codes genannt, womit hunderte von Zeichen gespeichert werden können. Somit ist es möglich, zusätzlich zur Identifikation des Objekts, weitere Informationen zu erfassen.¹²⁴

1D-Barcodes

1949 wurde die Basis für die automatische Identifikation gelegt, indem der eindimensionale Barcode patentiert wurde. Der allgemeine Aufbau eines Barcodes (siehe Abbildung 12) ist für alle Varianten sehr ähnlich. Grundsätzlich besteht er aus einer gewissen Anzahl an Modulen, welche aus Balken und Zwischenräumen bestehen, die einem n-fachen der Modulbreite entsprechen. Diese wird durch den schmalsten dieser Balken bestimmt und kann zwischen 0,25 und 0,6 Millimeter liegen. Am Start eines Barcodes befindet sich eine Ruhezone, die grundsätzlich zehn Modulbreiten entspricht. Dadurch können Zeichen, die rund um den Barcode stehen, das einwandfreie Lesen des Codes nicht behindern. Neben der Ruhezone befindet sich der Start- bzw. Stoppcode. Diese unterstützen die Lesegeräte dabei, die räumliche Lage des Barcodes zu erkennen und können somit festlegen, ob der Code gegebenenfalls um 180 Grad gedreht gelesen werden muss. Die Nutzzeichen entsprechen der codierten Information,

¹²¹ Vgl. Hofmann, A. (2017), S. 2.

¹²² Vgl. Voelker, H. (2022).

¹²³ „Abkürzung für American Standard Code for Information Interchange. Dabei handelt es sich um einen Zeichencode, der in Rechnern zur Darstellung bestimmter Informationen verwendet wird.“ (Quelle: Duden, https://www.duden.de/rechtschreibung/ASCII_Code, (Zugriff: 10.07.2022))

¹²⁴ Vgl. Lenk, B. (2018), S. 133ff.

die als Barcodesymbole dargestellt sind. Des Weiteren kann eine Prüfziffer enthalten sein, die nach verschiedenen Regeln berechnet wird und ebenfalls in Barcodezeichen dargestellt ist.¹²⁵

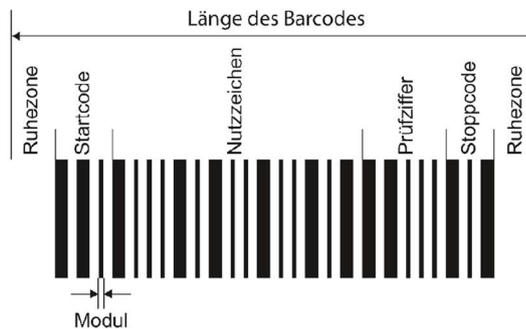


Abbildung 12: Allgemeiner Aufbau eines Barcodes¹²⁶

Je nach Anwendungsfall gibt es unterschiedliche Arten von Barcodes, die verschiedene Anforderungen erfüllen. Bevor also eine Entscheidung getroffen werden kann, welche Drucktechnologie oder welche Codegröße benötigt wird, muss der geeignete Barcode ausgewählt werden. Die folgenden Kriterien müssen dabei in Betracht gezogen werden:¹²⁷

- **Zeichenvorrat:** Die Menge an unterschiedlichen Zeichen, die mit dem Barcode codiert werden können, sind variabel. Mit manchen Strichcodes können lediglich Ziffern dargestellt werden, wobei manche zusätzlich in der Lage sind, Groß- bzw. Kleinbuchstaben als Information zu speichern. Des Weiteren gibt es Barcodes, die zusätzlich auch Satz- und Steuerzeichen transportieren können.
- **Länge:** Der Haupteinflussfaktor auf die Länge des Strichcodes ist die Menge an Zeichen. Dadurch werden auch die Form des Labels und die Wahl des Lesegeräts beeinflusst.
- **Robustheit:** Diese ist ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Wahl der Art des Barcodes. Je kleiner der Zeichenvorrat, umso höher ist die Fehlertoleranz eines Codes. Dies wird beispielsweise benötigt, falls der Strichcode leicht verschmutzt werden kann. Die Auswahl des Anbringungsortes des Labels, auf dem der Barcode gedruckt ist, ist ein wichtiger Einflussfaktor auf die Robustheit. Hierbei sollte geachtet werden, dass die Stelle so gewählt wird, dass der Code möglichst wenig beschädigt werden kann.
- **Lesegerät:** Eine gute Abstimmung zwischen dem Strichcode, dem Etikett, der Druckgröße und -farbe und dem Lesegerät ist besonders wichtig. Bei internen Prozessen können Lesegeräte bei Neuanschaffungen passend zu den Barcodes eingekauft werden. Bei außerbetrieblichen Prozessen ist es jedoch notwendig den Code an vorhandene Lesegeräte anzupassen.

¹²⁵ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 22f.

¹²⁶ Hompel, M. ten et al. (2008), S. 23.

¹²⁷ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 23f.

- **Organisation:** Besonders wichtig sind die eindeutige Verwendung der Identifikatoren sowie die fehlerfreie und genaue Verwaltung dieser verwendeten Nummern. Des Weiteren muss das Intervall der verfügbaren Nummern groß genug sein, um zu gewährleisten, dass jede nur einmal im Umlauf ist.

Folgend werden vier gängige Barcode-Varianten beschrieben. Den Code 39 gibt es seit 1974. Die Bezeichnung dieses Codes lässt sich darauf zurückführen, dass drei der neun Balken und Zwischenräume breit sein müssen. Durch diese fixierte Anzahl an breiten und dünnen Strichen handelt es sich um einen selbstüberprüfenden Code.¹²⁸ Der EAN 13 (Europäische Artikel Nummer) besteht aus zwölf Ziffern mit Information und einer Prüfziffer. Bei diesem Barcode gibt es eine Prüfzifferpflicht, was bedeutet, dass bereits beim Lesen des Codes überprüft wird, ob diese Ziffer vorhanden und der Strichcode somit gültig ist.¹²⁹ Ein sehr typischer Barcode ist der Code 128. Der Code hat die Ebenen A-C, wodurch über 200 Zeichen dargestellt werden können. So wie es auch beim Code 39 möglich ist, können Codes über mehrere Zeilen gelesen werden, wodurch die Überschreitung der maximal verfügbaren Scanbreite eines Lesegeräts möglich ist.¹³⁰ Das Startzeichen des Code 128 gibt an, welche Ebene, also welcher Zeichenvorrat gewählt wird. Die Ebenen A und B können neben Ziffern und Interpunktionszeichen auch Groß- bzw. Kleinbuchstaben darstellen. Im Gegensatz dazu enthält die Ebene C Ziffernpaare von „00“ bis „99“, wodurch mehrere Zeichen in einem Balken platziert werden können, was die Informationsdichte erhöht.¹³¹

2D-Codes

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, kann mittels 2D-Codes eine größere Menge an Information codiert werden, als mit 1D-Codes. Dies gelingt, indem neben den horizontalen auch vertikale Bestandteile zur Codierung besitzt. Es gibt 2D-Codes, die aus klassischen 1D-Barcodes bestehen, welche übereinandergestapelt werden, oder die komplexeren Matrixcodes, die anstatt von Strichen Punkte zur Codierung verwenden. Verschiedene Varianten von 2D-Codes werden folgend beschrieben.¹³²

Beim PDF417-Code handelt es sich um einen zweidimensionalen Stapelcode. Jedes Zeichen wird mit einem Datenwort codiert, das aus 17 Modulen besteht, die jeweils vier breite Balken und vier unterschiedlich großen Lücken aufweisen. Daher leitet sich der Name dieses Codes ab. Der Aufbau des PDF417-Codes ist in Abbildung 13 ersichtlich. Zusätzlich befindet sich auf allen Seiten des Codes eine Ruhezone, die mindestens die Fläche von zwei Modulbreiten besitzt. Zwischen dem Start- und Stoppmuster ist es möglich, drei bis 90 Zeilen mit je ein bis 30 Datenwörtern zu codieren. Somit können maximal 2710 numerische und 1850 alphanumerische Zeichen dargestellt werden. Mit

¹²⁸ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 36f.

¹²⁹ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 40.

¹³⁰ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 45ff.

¹³¹ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 50f.

¹³² Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 75.

den Indikatoren der rechten und linken Zeile werden die Zeilennummern und die Anzahl der Zeilen und Spalten codiert.¹³³



Abbildung 13: Aufbau eines PDF417-Codes¹³⁴

Der Quick Response Code (QR-Code) ist ein Matrixcode in quadratischer Form. Eine spezielle Fehlerkorrektur ermöglicht eine Rekonstruktion dieses Codes, auch wenn bis zu 30 Prozent der Fläche nicht mehr lesbar ist.¹³⁵

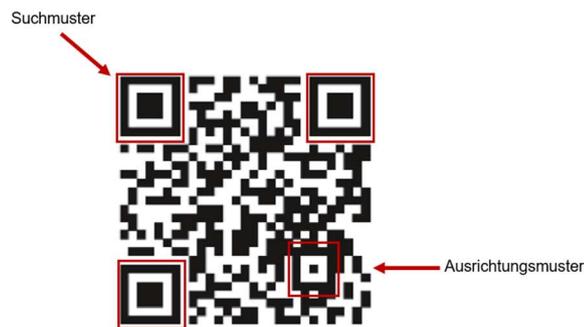


Abbildung 14: Aufbau eines QR-Codes¹³⁶

Der QR-Code besteht aus vielen weißen und schwarzen Quadraten, die als Module bezeichnet werden. Er kann aus mindestens 21x21 und maximal 177x177 Modulen bestehen, wodurch eine Codierung von 7089 numerischen oder 4296 alphanumerischen Zeichen möglich ist. Der Aufbau eines QR-Codes ist in Abbildung 14 ersichtlich. Bei den drei Quadraten an den äußeren Ecken handelt es sich um sogenannte Positionserfassungsmuster, wodurch ein schnelles Lesen des Codes aus jeder Richtung ermöglicht wird. Das vierte etwas kleinere Quadrat ist das Ausrichtungsmuster, das Verschiebungen aufgrund von Verzerrungen korrigieren kann. Um den QR-Code befindet sich eine Ruhezone, die vier Modulen entspricht.¹³⁷

Den Data Matrix-Code gibt es in quadratischer und rechteckiger Form. Es können bis zu 3116 numerische und 2335 alphanumerische Zeichen codiert werden. Die minimale

¹³³ Vgl. Keyence (2019), S. 14ff.

¹³⁴ Keyence (2019), S. 15.

¹³⁵ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 83.

¹³⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Keyence (2019), S. 8f.

¹³⁷ Vgl. Keyence (2019), S. 8f.

Größe des Codes sind 10x10 Module, wodurch er kleiner ist als der QR-Code. Der Aufbau eines Data Matrix-Codes ist in Abbildung 15 ersichtlich. Mit Hilfe eines L-förmigen Rahmens, und des Timing-Musters kann der Code aus allen Richtungen gelesen werden. In der Mitte befindet sich der Datenbereich, der die codierte Information enthält. Die Ruhezone des Data Matrix-Codes entspricht der Fläche eines Moduls auf allen Seiten des Codes.¹³⁸ Ein Data Matrix-Code kann direkt auf einem Teil angebracht werden. Hierbei ist die Herausforderung, je nach Material ein geeignetes Markierungsverfahren auszuwählen, um den Anforderungen des Codes gerecht zu werden und Verzerrungen zu vermeiden.¹³⁹

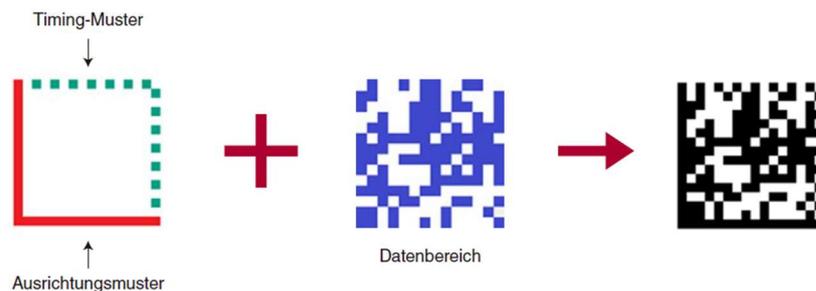


Abbildung 15: Aufbau eines Data Matrix-Codes¹⁴⁰

3D-Codes

Bei dreidimensionalen Codes können, im Gegensatz zum zweidimensionalen Code, wiederum mehr Informationen gespeichert werden. Dieser enthält zusätzlich unterschiedliche Farben, um die Informationsdichte zu erhöhen. Hierzu kann zusätzlich eine zeitliche Komponente miteinbezogen werden. Dabei wird der Code nicht auf ein Objekt oder Label gedruckt, sondern ist auf einem Bildschirm zu sehen, da er sich zeitlich verändert. Somit kann die Datenmenge, die codiert wird, wiederum bedeutend erhöht werden.¹⁴¹

2.2.5 Lesegeräte für optische Codes

Neben der Kennzeichnung von Objekten, ist das Erfassen des Codes mit Hilfe eines Lesegerätes ein wichtiger Faktor bei der Identifikation. Somit können optische Codes erkannt und die enthaltene Information der Schnittstelle in digitaler Form weitergegeben werden.¹⁴²

¹³⁸ Vgl. Keyence (2019), S. 2ff.

¹³⁹ Vgl. Drews, K. (2008), S. 45.

¹⁴⁰ Keyence (2019), S. 3.

¹⁴¹ Vgl. Helmus, M. et al. (2009), S. 208.

¹⁴² Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 91.

Barcodescanner

Mit Hilfe eines Barcodelesers (auch Scanner genannt) ist es möglich, Barcodes zu decodieren und digital zu erfassen. Dies gelingt durch reflektierte Signale der weißen und schwarzen Striche in unterschiedlichen Breiten. Wichtig hierbei ist, eine ausreichende Beleuchtung und einen guten Druckkontrast zu gewährleisten, damit das Licht entsprechend reflektiert werden kann. Je nach Anwendung gibt es mobile Handscanner und stationäre Lösungen.¹⁴³ Die Scangeschwindigkeit von Laserscannern ist sehr hoch und kann daher auch bei Objekten angewendet werden, die sich schnell bewegen. Dies gilt vor allem für stationäre Scanner, da bei handgeführten Geräten die Leistungsfähigkeit durch die geringere Platzverfügbarkeit eingeschränkt ist.¹⁴⁴ Laserscanner bieten ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, können jedoch nur für das Erfassen von eindimensionalen oder gestapelten Strichcodes verwendet werden. Wie in Abbildung 16 ersichtlich, werden bei dieser Erfassungsart nur einzelne Pixelreihen für die Decodierung verwendet.¹⁴⁵

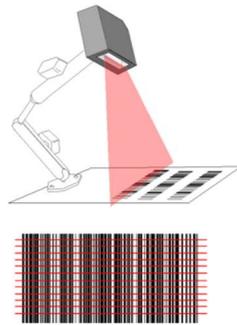


Abbildung 16: Barcodescanner¹⁴⁶

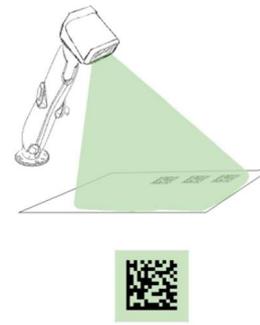


Abbildung 17: Bilderfassung von Codes¹⁴⁷

Bilderfassung

Die Bilderfassung ist für alle Arten von Codes anwendbar. Durch die Verfügbarkeit von Bildaufnahmetechnologien, die eine sehr hohe Auflösung bieten, wird diese Art von Erfassung stetig interessanter. Die Technologien erstrecken sich von stationären oder handgeführten Codelesern, bis hin zu Lesesystemen die Pakete am Fließband sortieren können.¹⁴⁸ Im Gegensatz zu Laserscannern, muss bei der Bilderfassung ein größeres Bild betrachtet und die gesamte Anordnung der Pixel analysiert und gefiltert werden. Daher kann der Erfassungsvorgang etwas länger dauern als bei den Scannern.¹⁴⁹

¹⁴³ Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 91ff.

¹⁴⁴ Vgl. Hippenmeyer, H.; Moosmann, T. (2016), S. 49.

¹⁴⁵ Vgl. Microscan (2012), S. 2.

¹⁴⁶ Microscan (2012), S. 2.

¹⁴⁷ Microscan (2012), S. 2.

¹⁴⁸ Vgl. Hippenmeyer, H.; Moosmann, T. (2016), S. 53f.

¹⁴⁹ Vgl. Microscan (2012), S. 2.

Lesbarkeit

Um die fehlerhafte Erfassung von Daten zu vermeiden, ist es wichtig, dass Objekte korrekt erfasst werden können. Das bedeutet, den Anteil der Fehl- und Nicht-Lesungen möglichst gering zu halten. Dies stellt bei Direktmarkierungen eine größere Herausforderung dar als bei Kennzeichnungen auf Etiketten oder Labels. Für optimale Leseverhältnisse sollte auf folgende Punkte geachtet werden:¹⁵⁰

- Optimierung des Kontrasts durch Beleuchtung
- Einhaltung der Norm, wie zum Beispiel Ruhezeiten oder Zellenform
- senkrechte Einstellung des Lesegeräts, um Verzerrungen beim Lesevorgang zu vermeiden
- gleichmäßiger Untergrund mit wenig Reflexionen
- Abstimmung der Kameraauflösung mit der Codegröße
- Verschmutzungen des Codes und Lesegeräts vermeiden

Bei der Auswahl eines Lesegeräts sollte folgendes beachtet werden. Einerseits muss die benötigte Kameraauflösung festgelegt werden, sowie die Größe des Bildfensters, in dem der Code erfasst werden kann. Andererseits muss die Anforderung an die benötigte Performance des Geräts definiert werden, welche unter anderem davon abhängt, wie viele Codes pro Sekunde gelesen werden müssen.¹⁵¹

2.2.6 RFID

Radio Frequency Identification (RFID) ist eine Technologie für die hochfrequente, kontaktlose und automatische Übertragung von mobilen Datenspeichern mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen. RFID-Systeme bestehen grundsätzlich aus einem Lesegerät, welches meist auch eine Schreibfunktion hat, und einem Transponder. Dies ist in Abbildung 18 ersichtlich.¹⁵² Das Schreib- und Lesegerät, auch Reader genannt, verfügt über mehrere Schnittstellen, um mit anderen Geräten oder Systemen zu kommunizieren. Für den Empfang des Transpondersignals besitzt ein Lesegerät mindestens eine Antenne. Diese kann je nach Anforderungen an die Reichweite bzw. an die Datenträger und deren Speicherkapazität, sehr unterschiedlich aussehen. Der mobile Datenträger wird Transponder genannt. Dieses Wort besteht aus den englischen Begriffen „transmit“ und „respond“, also senden und antworten, wodurch die Eigenschaften bereits impliziert werden. Die Aufgabe des Transponders ist es, eine Antwort auf Abrufsignale zu geben.¹⁵³ Schreib- und Lesegeräte können an unterschiedlichen Orten entlang des Materialflusses positioniert werden. Sie können beispielsweise an stationären Montageorten mit Hilfe einer Halterung direkt am Förderband oder an einem Tor befestigt werden. Jedoch können auch mobile Schreib- und Lesegeräte auf beispielsweise Gabelstaplern oder Robotern angebracht werden. Diese verteilten Geräte erfassen die Daten und sind drahtlos miteinander verbunden.¹⁵⁴

¹⁵⁰ Vgl. Drews, K. (2008), S. 59ff.

¹⁵¹ Vgl. Drews, K. (2008), S. 62.

¹⁵² Vgl. Dieter Horst (2008), S. 26f.

¹⁵³ Vgl. Dieter Horst (2008), S. 27ff.

¹⁵⁴ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69.

Somit können Objekte durch den Einsatz der RFID-Technologie nicht nur identifiziert werden, es ist auch die Überwachung von weiteren Prozessparametern möglich. Dies gelingt mit Hilfe von zusätzlichen Sensoren, die beispielsweise die Temperatur oder den Standort der Objekte erfassen. Der klare Vorteil von RFID im Gegensatz zu optischen Codes ist die vollautomatische Identifikation von einem oder mehreren Gegenständen gleichzeitig, auch ohne direkten Sichtkontakt und mit einigen Metern Abstand.¹⁵⁵

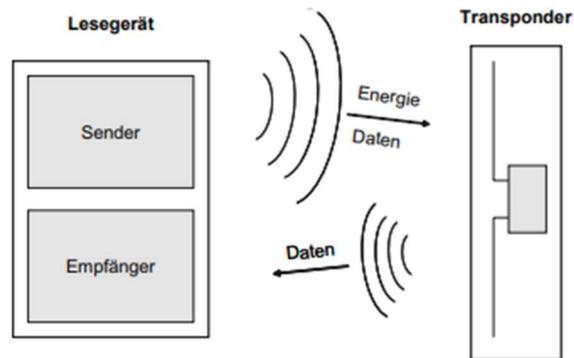


Abbildung 18: Komponenten eines RFID-Systems¹⁵⁶

Energieversorgung

RFID-Transponder lassen sich, bezogen auf die Energieversorgung, in aktive und passive Tags einteilen. Passive erhalten die benötigte Energie über das magnetische oder elektromagnetische Feld des Lesegeräts, da sie über keine eigene Energieversorgung verfügen. Somit ist die Übertragung der Daten in beide Richtungen nur mit der ausgestrahlten Energie des Lesegeräts möglich. Das bedeutet, dass ein passiver Transponder ausschließlich innerhalb der Reichweite des Readers Signale aussenden kann, denn nur so verfügt er über elektrische Energie.¹⁵⁷ Diese Kategorie von RFID-Systemen hat mehrere Vorteile. Die Produktion ist simpel und die Kosten des Transponders sind mit weniger als zehn Cent pro Stück sehr gering. Des Weiteren benötigt er keine Batterie, ist somit wartungsfrei und ermöglicht sehr kleine Bauformen.¹⁵⁸ Im Gegensatz dazu ist in einem aktiven Transponder die Energiequelle integriert. Dafür ist entweder eine Solarzelle oder eine Batterie eingebaut. Daher ist das magnetische oder elektromagnetische Feld des Lesegeräts deutlich schwächer, da es den Transponder nicht mit Energie versorgen muss.¹⁵⁹ Ein aktives System bezieht die gesamte Energie aus der Batterie, um eigene Signale an ein Lesegerät zu senden. Dies wird beispielsweise bei Ortungssystemen angewendet, die nicht nur der Objektidentifizierung dienen, sondern auch der Standortbestimmung.¹⁶⁰

¹⁵⁵ Vgl. Fleisch, E.; Mattern, F. (2005), S. 69f.

¹⁵⁶ Dieter Horst (2008), S. 26.

¹⁵⁷ Vgl. Finkenzeller, K. (2015), S. 25.

¹⁵⁸ Vgl. Dieter Horst (2008), S. 32.

¹⁵⁹ Vgl. Finkenzeller, K. (2015), S. 26.

¹⁶⁰ Vgl. Lampe, M. et al. (2005), S. 69f.

Arbeitsfrequenz

Die Arbeitsfrequenz ist ein wichtiger Faktor bei der Auswahl eines RFID-Systems, da die Leistungsfähigkeit und Reichweite des Systems davon abhängig sind. Es gibt vier unterschiedliche Frequenzbereiche, wobei die verwendeten Frequenzen für jedes Land gesetzlich geregelt sind. Niedrigfrequente Systeme sind Low Frequency (LF) Systeme und haben die geringste Reichweite. High Frequency (HF) und Ultra High Frequency (UHF) Systeme werden häufiger verwendet und besitzen eine größere Reichweite.¹⁶¹ Der vierte Frequenzbereich sind Mikrowellen, welche Reichweiten von mehreren hundert Metern aufweisen können.¹⁶² Diese sind sehr teuer und werden daher nur innerbetrieblich verwendet und wieder entfernt, bevor das Material die Produktion verlässt. Ein möglicher Einsatzbereich hierfür ist die Ortung von Fahrzeugen innerhalb großer Bereiche.¹⁶³

Speicherstruktur

RFID-Transponder können ebenfalls anhand ihrer Speicherstruktur unterschieden werden. Die einfachste Variante ist das einmalige Beschreiben des Datenspeichers des Transponders mit einer Identifikationsnummer, die während des Prozesses ausgelesen werden kann. Des Weiteren gibt es RFID-Transponder, deren Speicher gelesen und auch beschrieben werden kann. Dazu ist jedoch mehr Energie notwendig. Eine dritte Variante ist ein komplexer Speicher mit Sicherheitsmerkmalen. Der Datenspeicher eines solchen RFID-Transponders besitzt mehrere Bereiche auf die separat mit Schlüsseln zugegriffen werden kann.¹⁶⁴ Laut SEGURA VELENDIA et al. gibt es zusätzlich folgende zwei Ansätze, um Daten auf einem RFID-Transponder abzuspeichern. Einerseits gibt es eine dezentrale „data-on-tag“ Variante, bei der die Daten direkt am Tag gespeichert werden und auf die, ohne Verbindung zum Netzwerk, an unterschiedlichen Knoten zugegriffen werden kann. Somit ist es möglich, Daten auch bei einem Netzausfall problemlos zu speichern. Des Weiteren können Engpässe auf zentralen Datenbanken vermieden werden. Die zweite Variante heißt „data-on-network“. Dabei ist eine funktionierende Netzwerkverbindung nötig, damit die erfassten Daten zunächst gefiltert werden können, bevor sie in die zentrale Datenbank übermittelt werden.¹⁶⁵

Bauformen von Transpondern

Je nach Anwendungsbereich können Transponder unterschiedliche Bauformen haben:¹⁶⁶

- **Münzform:** Eine sehr gängige Variante ist ein Spritzgussgehäuse für den Transponder, welches der Form einer Münze entspricht. Je nach Anforderung hat diese einen Durchmesser von bis zu zehn Zentimeter.
- **Glasegehäuse:** Platzierung des Transponders in einem Glasröhrchen.

¹⁶¹ Vgl. Franke, W. (2006), S. 23.

¹⁶² Vgl. Hompel, M. ten et al. (2008), S. 114.

¹⁶³ Vgl. Darkow, I.-L.; Decker, J. (2006), S. 44.

¹⁶⁴ Vgl. Lampe, M. et al. (2005), S. 81.

¹⁶⁵ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69.

¹⁶⁶ Vgl. Finkenzeller, K. (2015), S. 16ff.

- **Plastikgehäuse:** Die Verwendung eines Plastikgehäuses für den Transponder wird vor allem bei hohen mechanischen Anforderungen, wie beispielsweise in der Automobilindustrie, verwendet.
- **Einbau in Metalloberflächen:** Für Transponder, die auf Metalloberflächen angebracht werden, um beispielsweise Gasflaschen oder Werkzeuge zu identifizieren gibt es spezielle Bauformen. Hierbei wird der Transponder in einen Ferrit-Schalenkern eingewickelt und anschließend mit Plastik umschlossen. So kann Hitze- und Vibrationsbeständigkeit gewährleistet werden.
- **Smart Label:** Hierbei befindet sich der Transponder auf einer 0,1 mm dünnen Plastikfolie. Die Spule des Transponders wird hierbei mit Hilfe von Ätz- oder Siebdruck auf die Folie aufgetragen. Somit kann diese Bauform wie ein Klebeetikett an einem Objekt angebracht werden.
- **Coil-on-Chip:** Falls der Transponder besonders klein sein soll, ist es möglich die Spule direkt auf dem Chip einzubauen. Bei den anderen Bauweisen werden diese Komponenten separat verbaut. Bei der Coil-on-Chip Variante können Transponder mit einer Größe von 3 x 3 mm² hergestellt werden.

PILLE und RAHN stellen in dem Artikel „*RFID Bringt Giessereien in die Industrie 4.0*“ eine Methode vor um, RFID-Transponder in einer Schutzkapsel in ein Bauteil zu gießen. Der große Vorteil ist hierbei, dass die Identifikation nur entfernt werden kann, wenn das Bauteil beschädigt wird und somit wird eine durchgängige Rückverfolgbarkeit des Bauteils ab dem Urformprozess ermöglicht.¹⁶⁷

2.2.7 Verwendung von Rückverfolgbarkeitsdaten

Durch die zuvor beschriebenen Konzepte zur Identifikation und Datenerfassung wird eine große Menge an Datensätzen gesammelt. Diese bieten Unternehmen jedoch nur einen Mehrwert, wenn sie entsprechend aufbereitet und ausgewertet werden, um Transparenz in Lieferketten zu bringen und um diese besser kontrollieren und steuern zu können. Laut dem GS1-Standard können Rückverfolgbarkeitsdaten in Verbindung mit Daten aus anderen Quellen dazu beitragen, zukünftige Entwicklungen vorherzusagen und dadurch Entscheidungsprozesse zu unterstützen.¹⁶⁸ Damit diese erfassten Daten optimal genutzt werden können, muss ein grundlegendes Verständnis für Ursache-Wirkungs-Prinzipien herrschen, damit Datenbanken und Prozess- und Simulationsmodelle entsprechend erstellt werden können. Basierend darauf müssen alle relevanten Daten verfügbar sein und in Echtzeit visualisiert werden. Somit können Analysen getätigt werden und es wird ermöglicht, durch die Verknüpfung von Prozesswissen und Fertigungstechnologien zu lernen, Entscheidungen zu treffen, zu planen und zu steuern.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Vgl. Pille, C.; Rahn, T. (2017), S. 36ff.

¹⁶⁸ Vgl. GS1 (2017), S. 9.

¹⁶⁹ Vgl. Bergs, T. et al. (2020), S. 214.

Konkret können Daten, die von einem Rückverfolgbarkeitssystem erfasst wurden, in folgenden Bereichen genutzt werden:¹⁷⁰

- Bestands- und Lagerverwaltung
- Nachweise der Herkunft von Produkten und Komponenten, sowie die Authentifizierung, dass es sich um Originalteile handelt
- Eingrenzungsmöglichkeit bei Rückrufaktionen
- Analysen von Prozessen zur Identifikation von Optimierungspotentialen und der Vermeidung von Fehlerquellen
- Erhöhung der Transparenz durch die Darstellung relevanter Kennzahlen in Echtzeit
- Steigerung des Kundennutzens durch individuelle Angebote mit Hilfe von Informationstechnologien
- Verbesserung der digitalen Arbeitsweise

EISELE beschreibt zusätzlich den Einsatz von Rückverfolgbarkeitsdaten für die verbesserte Kontrolle von Rüstvorgängen, die Optimierung der Verplanung von Aufträgen und die Analyse von Qualitätsdaten.¹⁷¹ Ein Beispiel zur Verarbeitung von Rückverfolgbarkeitsdaten beschreiben URNAUER et al. in dem Artikel „*Anwendungen aktiver Traceability-Systeme*“. Damit erfasste Daten für weiterführende Analysen verwendet werden können, ist es notwendig, Bauteilinformationen mit Maschinendaten zu verknüpfen. Dies gelingt beispielsweise, indem nicht nur Bauteile gekennzeichnet sind, sondern auch Arbeitsstationen mit einem optischen Code versehen werden. So kann die Kennzeichnung des Bauteils gescannt werden und anschließend der Code am Arbeitsplatz, um das Material sozusagen an der Station anzumelden. An den Maschinen können zusätzlich Leistungsdaten der Bearbeitungsschritte erfasst werden. Nach der Bearbeitung kann das Teil mittels eines Scans wieder an der Station abgemeldet werden und so erhält man eine genaue Aufzeichnung, wie lange welches Teil an welchen Arbeitsvorgängen verbracht hat, mit zusätzlichen Kenngrößen über die Bearbeitungsschritte.¹⁷²

2.2.8 Systeme und Schnittstellen

Bestehende Systeme und deren Schnittstellen stellen ein Hindernis bei der Einführung eines Rückverfolgbarkeitssystems dar. Eine funktionierende Systemlandschaft ist auch die Voraussetzung für die richtige Nutzung der im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfassten Daten. SCHREIBER et al. haben Interviews mit elf Experten über die Herausforderungen bei der Einführung von Traceability in Unternehmen durchgeführt. Die Schnittstellen der Systeme und die Auswertung der Daten werden hierbei als größte Schwierigkeiten aufgezählt.¹⁷³

¹⁷⁰ Vgl. Urnauer, C. et al. (2021), S. 166.

¹⁷¹ Vgl. Eisele, O. (2019), S. 3.

¹⁷² Vgl. Urnauer, C. et al. (2021), S. 167.

¹⁷³ Vgl. Schreiber, M. et al. (2021), S. 725.

Systeme

Für einen automatisierten Produktionsbetrieb gibt es eine Vielzahl an Software. Die Arten von Systemen, die in industriellen Betrieben benötigt werden, können gut mit Hilfe der Automatisierungspyramide nach SIEPMANN dargestellt werden. Diese ist in Abbildung 19 ersichtlich und beinhaltet sechs Ebenen, die die Art der Verarbeitung von Daten und Informationen aus der Produktion widerspiegeln.¹⁷⁴ Im Folgenden werden die Ebenen der Automatisierungspyramide kurz beschrieben:¹⁷⁵

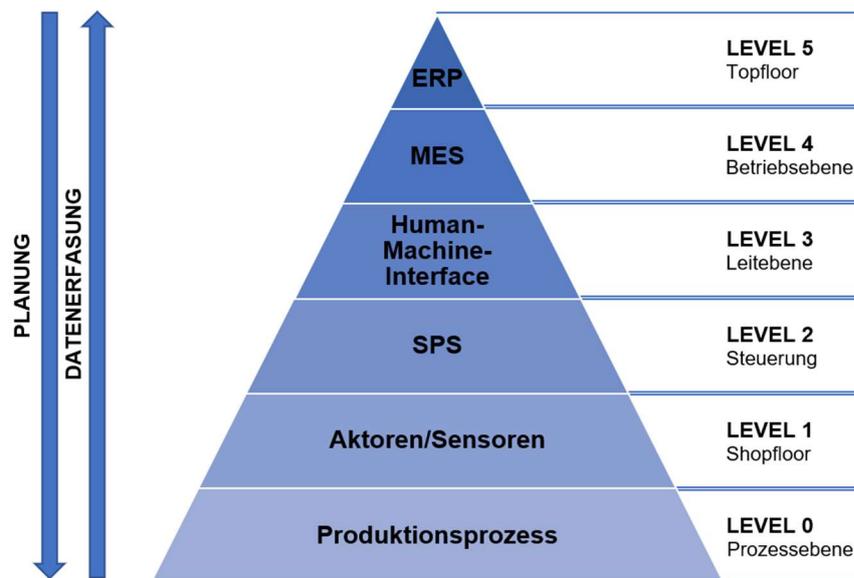


Abbildung 19: Automatisierungspyramide nach SIEPMANN¹⁷⁶

- **Level 5:** Auf Unternehmensebene ist das ERP-System zu finden. Dieses ist das Hauptsystem für die Abwicklung der Bestellungen sowie der Grobplanung der Produktion.
- **Level 4:** Mit Hilfe eines MES-Systems kann die Fertigung gesteuert und gelenkt werden. Hiermit werden Daten erfasst und die Feinplanung der Produktion durchgeführt. Ein MES-System stellt die Verbindung zwischen dem Topfloor und der Maschinensteuerung dar.
- **Level 3:** Die Leitebene bietet eine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, indem beispielsweise Vorgänge, die relevant für die Fertigung sind, visualisiert dargestellt werden.
- **Level 2:** Um Anlagen dezentral zu steuern, wird eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) benötigt. Hierbei werden Daten von Sensoren dazu verwendet, Ausgangssignale an die Ebene am Shopfloor zu senden, um mechanische Bewegungen an den Maschinen auszulösen.

¹⁷⁴ Vgl. Siepmann, D.; Graef, N. (2016), S. 49.

¹⁷⁵ Vgl. Siepmann, D.; Graef, N. (2016), S. 49f.

¹⁷⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Siepmann, D.; Graef, N. (2016), S. 49.

- **Level 1:** Am Shopfloor befinden sich Sensoren und elektrische Regler, die Signale aus der SPS verarbeiten und umsetzen.
- **Level 0:** Auf dieser Ebene ist der tatsächliche Fertigungsprozess zu finden. Hier können beispielsweise RFID-Tags helfen, Informationen zu liefern.

Schnittstellen

Im industriellen Bereich gibt es eine große Anzahl unterschiedlicher Schnittstellen, die dafür verantwortlich sind, dass vorhandene Systeme miteinander kommunizieren können. Schnittstellen sind immer kritische Punkte innerhalb eines Prozesses, da es immer ein Risiko gibt, Informationen zu verlieren. Das liegt daran, dass eine Schnittstelle der Kommunikation zwischen zwei Systemen dient und in den einzelnen Systemen meist ein eigenes Regelwerk herrscht, das nicht immer mit dem von anderen Systemen im Einklang ist. Daher ist es auch oft notwendig, Informationen zuerst an die Regeln des neuen Systems anzupassen, bevor sie dort verarbeitet werden können. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Veränderung von Einheiten oder eine andere Definition von Identifikationsnummern. Ein wichtiges Werkzeug, um Risiken an Schnittstellen zu vermeiden, ist die Standardisierung. Das bedeutet, wenn ein standardisiertes Regelwerk für alle Bereiche und Systeme verwendet wird, können Datenverluste durch inkompatible Daten vermieden werden. Schnittstellen können laut ZSIFKOVITS in drei Kategorien eingeteilt werden:¹⁷⁷

- **Logische Schnittstellen bzw. Softwareschnittstellen** sind Berührungspunkte von unterschiedlichen Softwaresystemen.
- **Physische Schnittstellen bzw. Hardwareschnittstellen** sind physische Berührungspunkte im Materialfluss. Beispielsweise der Zusammenbau von Komponenten unterschiedlicher Hersteller oder Transportverpackungen, die Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten sind. Hier werden zum Beispiel normierte ISO-Paletten oder ISO-Container zur Standardisierung eingesetzt.
- **Organisatorische Schnittstellen** betreffen Hierarchien und prozessuale Abläufe im Unternehmen. Dabei handelt es sich um Berührungspunkte zwischen unterschiedlichen Personen, unterschiedlichen Bereichen oder zu anderen Unternehmen. Hierbei kann der Informationsaustausch beispielsweise mit einheitlichen Formularen standardisiert werden.

¹⁷⁷ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 252f.

3 Anforderungskatalog für interne Rückverfolgbarkeit

Ziel dieses Kapitels ist es, die Herausforderungen für die Umsetzung einer innerbetrieblichen Rückverfolgbarkeit von Teilen in der Produktion von Automobilzulieferern zu identifizieren. Es wird eine systematische Literaturrecherche in der Forschungsdatenbank Scopus durchgeführt, um Anforderungen und Herausforderungen aus Studien zusammenzufassen. Abschließend werden diese Erkenntnisse in einem Anforderungskatalog dargestellt.

3.1 Methodik

Um Anforderungen für Rückverfolgbarkeit in der Automobilbranche darzustellen, werden vorhandene Literatur und Studien mit Hilfe einer systematischen Literaturrecherche analysiert. Das Ziel dabei ist laut DENYER und TRANFIELD vorhandene Informationen transparent und reproduzierbar zusammenzufassen und subjektive Ansichten des Schreibenden zu minimieren.¹⁷⁸

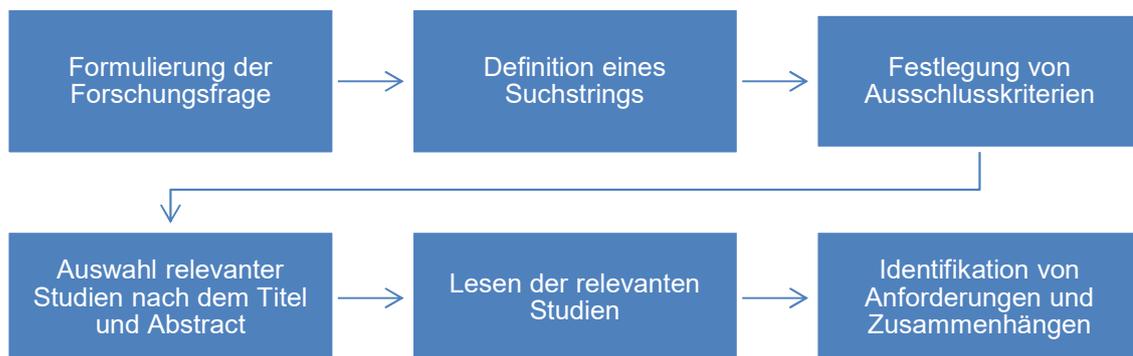


Abbildung 20: Vorgehensweise bei der systematischen Literaturrecherche¹⁷⁹

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Vorgehensweise ist in Abbildung 20 grafisch dargestellt. Der erste Schritt bei der Durchführung einer systematischen Literaturrecherche ist die Formulierung einer klar definierten Forschungsfrage. Diese unterstützt bei der Auswahl der Suchstrategie, bei der Entscheidung welche Studien als relevant bewertet werden, sowie bei der Suche nach relevanten Informationen in den einzelnen Studien. Anschließend wird ein Suchstring für die Suche in einer Forschungsdatenbank definiert. Damit ein gutes Suchergebnis gewährleistet ist, lohnt es sich, ausgiebig Zeit in die Definition des Strings zu investieren. Um die Relevanz jeder gefundenen Studie transparent zu bewerten, werden entsprechende Kriterien ausgewählt, die angelehnt an die Forschungsfrage definiert werden. Somit ist es auf eine

¹⁷⁸ Vgl. Denyer, D.; Tranfield David (2009), S. 671.

¹⁷⁹ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Denyer, D.; Tranfield David (2009), S. 681ff.

nachvollziehbare Art und Weise möglich, bestimmte Suchergebnisse nicht mehr weiter zu betrachten. Anschließend werden die relevanten Studien analysiert. Ziel dabei ist die Beschreibung von Zusammenhängen von einzelnen Studien, sodass neue Sichtweisen entstehen, die durch die isolierte Betrachtung nicht ersichtlich sind.¹⁸⁰

3.2 Suche von relevanten Studien

Im ersten Schritt werden Forschungsfragen für die systematische Literaturrecherche definiert:

- **F1:** Welchen Mehrwert bietet die Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems einem Unternehmen?
- **F2:** Welche Daten können in welcher Granularität im Rahmen der internen Rückverfolgbarkeit erfasst werden?
- **F3:** Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?

Für die Suche von Studien wird die Forschungsdatenbank Scopus verwendet. Der Suchstring wird in Teilbereiche unterteilt, die in Tabelle 1 ersichtlich sind. Dieser besteht einerseits aus englischen Synonymen für den Begriff „Rückverfolgbarkeit“, der zweite Block legt fest, dass im Bereich der Automobilindustrie und ihrer Zulieferer gesucht werden soll und der dritte Block definiert, dass nach Anforderungen und Herausforderungen gesucht werden soll.

Tabelle 1: Charakteristika des Suchstrings

Schlagwörter Rückverfolgbarkeit	Schlagwörter Automobilbranche	Schlagwörter Anforderungen	Sprache	Dokumententyp
Traceability	Automotive	Requirement	Englisch	Conference Paper
Material Tracking	OEM	Challenge	–	Conference Review
Product Identification	Parts Manufacturer	–	–	Article
Part Tracking	Automobile	–	–	Review

Basierend darauf wurde folgender Suchstring definiert. Dieser wurde zusätzlich auf die Bereiche „Engineering“, „Computer Science“, „Environmental Science“ und „Business, Management and Accounting“ eingeschränkt. Als zulässige Dokumententypen wurden „Conference Paper“, „Article“, „Conference Review“ und „Review“ definiert.

¹⁸⁰ Vgl. Denyer, D.; Tranfield David (2009), S. 681ff.

TITLE-ABS-KEY (("traceability" OR "material tracking" OR "product identification" OR "part Tracking") AND ("challenge" OR "requirement") AND ("automotive" OR "OEM" OR "parts manufacturer" OR "automobile")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cr") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))

Durch diese Suche konnten am 21.06.2022 259 Studien gefunden werden. Wie in Abbildung 21 ersichtlich, handelt es sich dabei um 179 Conference Papers (69 %), 56 Artikel (22 %), 19 Conference Reviews (7 %) und 5 Reviews (2 %).

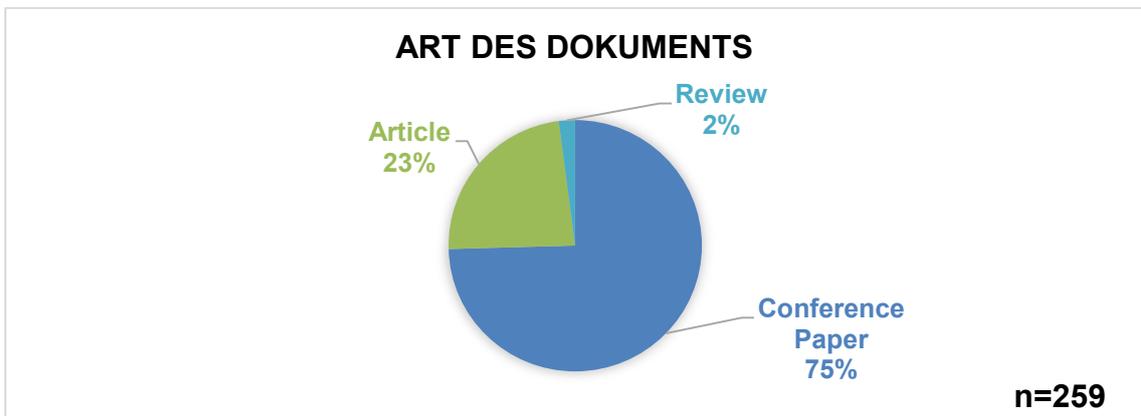


Abbildung 21: Art des Dokuments

Es wurden Publikationen im Zeitraum von 1969 bis 2022 gefunden.¹⁸¹ Wie in Abbildung 22 ersichtlich, wurde in den Jahren 1969, 1994 und 1995 jeweils lediglich eine Studie veröffentlicht. Erst mit Anfang 2000 beginnen die Veröffentlichungen zu steigen und erreichen im Jahr 2015 ihren Höchststand mit insgesamt 25 identifizierten Studien.

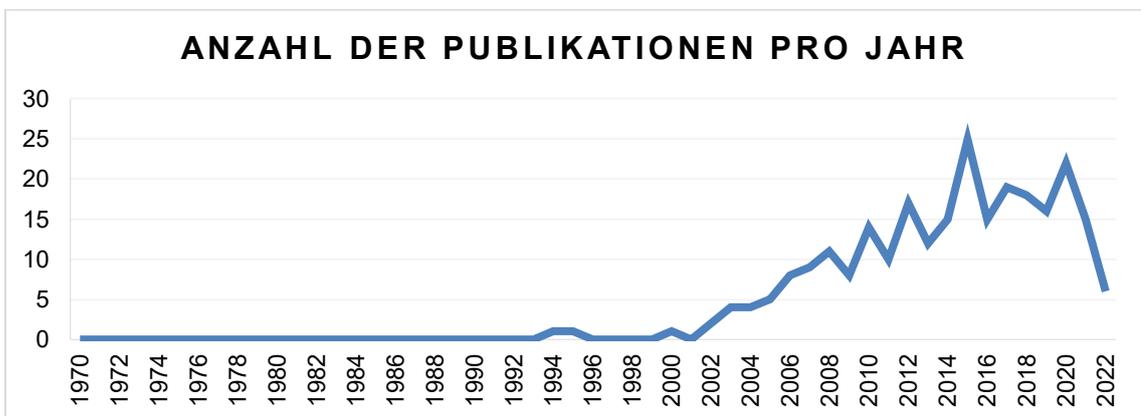


Abbildung 22: Anzahl der Publikationen pro Jahr

¹⁸¹ Eine erneute Suche vor Abgabe der Arbeit am 28.08.2022 konnte drei weitere Studien identifizieren, die jedoch als nicht relevant eingestuft und daher nicht weiter betrachtet wurden.

3.3 Analyse der Studien

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Rückverfolgbarkeit von Teilen entlang des innerbetrieblichen Materialflusses. Um die Relevanz der gefundenen Publikationen bewerten zu können, werden folgende Exklusionskriterien definiert. Studien mit dem Hauptfokus auf diese Themengebiete, sollen nicht weiter betrachtet werden:

- externe Rückverfolgbarkeit
- Rückverfolgbarkeit von Requirements beim Design bzw. der Produktentwicklung (Requirement Engineering)
- Einsatz der Blockchain-Technologie

Zuerst werden die Titel der Studien gesichtet und 58 davon als relevant eingestuft. Nach anschließender Analyse der Abstracts, werden mit Hilfe der Ausschlusskriterien 224 Veröffentlichungen als nicht relevant bewertet. Somit werden 35 der gefundenen 259 Studien genauer analysiert. Für die weitere Analyse werden die als relevant bewerteten Veröffentlichungen in drei Kategorien eingeteilt. Diese bestehen aus den drei Teilbereichen der Rückverfolgbarkeit, die in Kapitel 2.2.1 definiert sind: der Identifikation, der Datenerfassung und dem Datenmanagement. In Abbildung 23 ist ersichtlich, dass 46 % der Studien den Hauptfokus auf der Identifikation von Materialien oder Teilen haben, 17 % der Studien beschäftigen sich mit Themen in Bezug auf die Erfassung von Daten und 37 % der Veröffentlichungen beschreiben das Management der erfassten Daten. Die Übersicht der relevanten Studien ist dem Anhang in Kapitel 7.1 zu entnehmen.

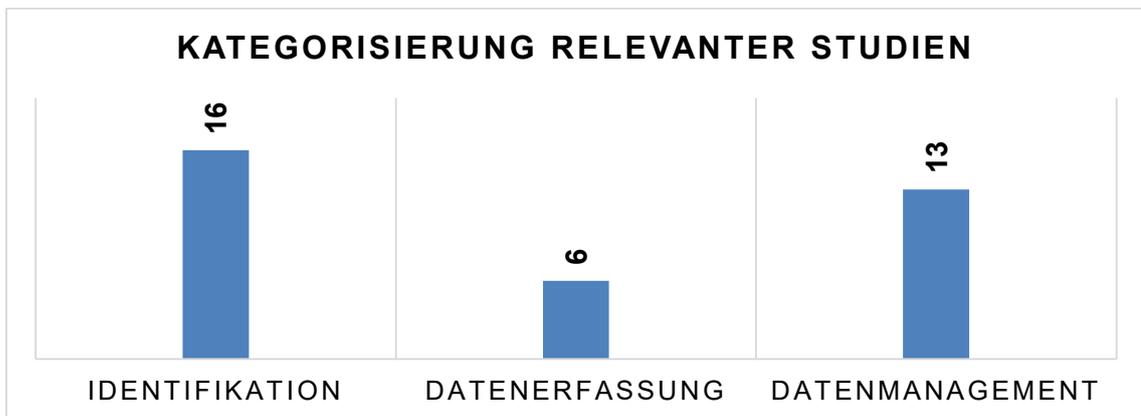


Abbildung 23: Kategorisierung der relevanten Studien

3.3.1 Anforderungen an die Identifikation

16 der relevanten Studien beschäftigen sich hauptsächlich mit der Identifikation von Teilen oder Materialien. In der Analyse wird zwischen Publikationen unterschieden, die sich mit der Markierung mit Hilfe von optischen Codes beschäftigen, und jenen, die den Einsatz der RFID-Technologie beschreiben.

Teilemarkierung mit optischen Codes

CUCU et al. beschreiben den Einsatz von optischen Codes für mehr Transparenz im Materialfluss von elektronischen Bauteilen. Es werden unter anderem vier Faktoren beschrieben, die bei der Einführung von Rückverfolgbarkeit berücksichtigt werden sollen. Dazu zählen der technologische Prozess, der verfügbare Platz, um eine Kennzeichnung anzubringen, das Produktionsvolumen und die Implementierungskosten. Im Rahmen der Studie wird kein signifikanter Unterschied zwischen 1D- und 2D-Codes, bezogen auf die Rate an Fehllesungen, festgestellt. Jedoch in Bezug auf die Datenmenge, die codiert werden kann, sowie die Möglichkeit den Code in jeder Ausrichtung lesen zu können, bietet der 2D-Code laut den Autor:innen mehr Vorteile als der 1D-Code.¹⁸² TODD und FAIRLEY beschreiben die Möglichkeiten der Identifikation und Rückverfolgbarkeit von Einzelteilen und Boxen mit Teilen bei einem Schiffbauunternehmen. Ziel hierbei ist es, manuelle Materialbuchungen durch den Einsatz von Barcodes und Scannern zu reduzieren. Zur Identifikation des Materials soll erfasst werden, um welches Material es sich handelt, wann es empfangen oder zuletzt bewegt wurde, den letzten bekannten Standort, warum es bewegt wurde und wer die letzte Person war, die mit dem Material in Kontakt war.¹⁸³ SUBRAMANIAN et al. beschreiben den Einsatz von Barcodes, die in Rohlinge eingeritzt werden, um die Teile bis zur Fertigstellung des Fahrzeugs rückverfolgen zu können. Wenn ein Code in ein Rohteil geritzt wird, ist darauf zu achten, dass die Markierung auch standhaft gegenüber den weiteren Bearbeitungsschritten ist.¹⁸⁴

DESMEULES et al. schreiben über die Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Halbfabrikaten mit Hilfe von Lasermarkierung. Die hohen Sicherheitsanforderungen für Anlagen für Lasergravur werden als große Herausforderung für die Einführung dieser Kennzeichnungsmethode beschrieben. Daher befindet sich die Anlage, die im Rahmen dieser Studie verwendet wird, innerhalb einer Absperrung, die kein Mensch während des Betriebs der Maschine betreten darf. Zusammenfassend beschreiben die Autor:innen, dass sich die Lasergravur als Markierungsmethode sehr gut für die Identifikation von Produkten anbietet, da die Kennzeichnungen sehr langlebig sind und auch Wärmebehandlungen standhalten.¹⁸⁵ HARRISON et al. beschäftigen sich in dem Paper „*Laser engraving reflective metals to create scanner readable barcodes*“ mit der Lesbarkeit von lasergravierten Markierungen auf Metallteilen. Eine große Herausforderung bei der Kennzeichnung von Aluminiumteilen mittels Lasergravur stellt laut den Autor:innen die Lesbarkeit für den Scanner dar, die ohne Hilfe einer zusätzlichen Oberflächenbeschichtung nicht immer gewährleistet werden kann. Dieser Barriere kann entgegengewirkt werden, indem die Oberflächenrauheit des Materials lokal so verändert wird, dass ein hoher Kontrast zwischen aufgerauten und reflektierenden Bereichen entsteht.¹⁸⁶

SEGURA VALANDIA et al. beschreiben einige Nachteile für die Rückverfolgbarkeit von Automobilteilen mit Hilfe von 2D-Codes. Die größte Schwierigkeit liegt im korrekten

¹⁸² Vgl. Cucu, T. C. et al. (2008), S. 585ff.

¹⁸³ Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3ff.

¹⁸⁴ Vgl. Subramanian, V. et al. (2014).

¹⁸⁵ Vgl. Desmeules, J. F. et al. (2017), S. 1069ff.

¹⁸⁶ Vgl. Harrison, P. M. et al. (2006), 516.

Lesen des Codes. Fehler beim Drucken, Feuchtigkeit und Wasser, unterschiedliche Lichteinstrahlungen sowie Verschmutzungen der Oberfläche können dazu beitragen, dass der Code nicht richtig erkannt werden kann. Des Weiteren stellen die Bedienbarkeit und Wartung, als auch die schwere Zugänglichkeit der Anlagen eine Barriere dar. Zusätzlich ist es sehr aufwändig an jedem Arbeitsgang 2D-Erkennungssysteme zu installieren, wodurch die vollständige Rückverfolgbarkeit nicht gewährleistet werden kann. Daher schlagen die Autor:innen eine Lösung mit Hilfe der RFID-Technologie vor, die weiter unten beschrieben wird.¹⁸⁷

Einsatz der RFID-Technologie

SEGURA VELANDIA et al. schreiben auch über den Einsatz der RFID-Technologie für die automatische Identifikation von Kurbelwellen in der Montage und Produktion. RFID-Systeme werden als Hilfsmittel für die Umsetzung von IoT beschrieben, da physische Objekte identifiziert werden können, ihre Historie aufgezeichnet werden kann und die Teile so mit anderen Systemen kommunizieren können. Im Rahmen dieser Studie wird ein smarterer RFID-Bolzen vorgestellt, der zur Rückverfolgbarkeit von Motorenkomponenten entwickelt wurde. Für die Platzierung dieses RFID-Tags wird ein Loch in das Bauteil gebohrt. Nach dem Produktionsprozess wird dieser Bolzen jedoch wieder entfernt, um wiederverwendet zu werden. Da der RFID-Bolzen das Gesamtgewicht und den Schwerpunkt der Kurbelwelle beeinflusst, muss diese anschließend neu ausgewuchtet werden. Zusätzlich zur Herausforderung einen passenden RFID-Tag zu finden, muss auch eine geeignete Position dafür bestimmt werden. Da das Teil hohen Temperaturen ausgesetzt ist, muss der RFID-Tag zusätzlich mit einer Schutzhülle versehen werden, um diese Umweltbedingungen zu überstehen. Eine weitere Herausforderung bei der Implementierung eines RFID-Systems stellt laut den Autor:innen die Änderung der Geschäftsprozesse dar, ohne die der Nutzen der Technologie nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Abschließend wird die Schwierigkeit erwähnt, die gesammelten Daten entsprechend auszuwerten. Somit können die Erkenntnisse der Auswertungen maßgeblich zur Verbesserung von Prozessen und Produkten eingesetzt werden.¹⁸⁸ PIELMEIER und REINHART beschreiben den Einsatz der RFID-Technologie für die Rückverfolgbarkeit von besonders leichten Kunststoffen im Automobilbau als gutes Hilfsmittel, um logistische Ziele zu erreichen und den Produktionsprozess effizient zu dokumentieren. Durch die automatische Identifikation ohne notwendige Sichtlinie kann nichtwertschöpfende Zeit, wie beispielsweise das manuelle Scannen eines optischen Codes, eingespart werden. Die Autor:innen beschreiben den Einsatz von RFID als effiziente Kombination aus Informations- und Materialflüssen. Für die Integration der RFID-Technologie werden technische und ökonomische Anforderungen beschrieben, die vor der Auswahl eines passenden Transponders betrachtet werden müssen. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet. Des Weiteren beschreiben die Autor:innen die Problematik vom Einsatz der RFID-Technologie auf metallischen Oberflächen. Da Metall elektromagnetische Wellen reflektiert was zu einer Verschlechterung der Lesereichweite führt. Es gibt zwar bereits

¹⁸⁷ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69.

¹⁸⁸ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 66ff.

eine Reihe von sogenannten „On-Metal“-Transpondern, die Schwierigkeit hierbei ist jedoch den richtigen zu finden, der den Anforderungen des Unternehmens entspricht.¹⁸⁹

Tabelle 2: Technische und Ökonomische Anforderungen bei der Implementierung von RFID laut PIELMEIER und REINHART¹⁹⁰

Technische und Ökonomische Anforderungen	
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Zuverlässigkeit der Identifikation • Definition der Funktionsdauer des RFID-Tags, eventuell auch über den Produktionsprozess hinaus über mehrere Jahre • benötigte Speicherkapazität für die erfassten Daten • Wartungsfreiheit • Identifikation der prozessbedingten Störfaktoren: Temperatur, Druckbelastung, ...
Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassungsfähigkeit an Bauteilgeometrie • Anforderungen an die Größe des RFID-Tags
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • Robustheit gegenüber automatisierter Produktionsschritte • Kompatibilität des Klebstoffs des RFID-Tags und dem Material • Definition des maximalen Gewichts des RFID-Tags
Schnittstelle	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des benötigten Frequenzbereichs • Möglichkeiten der Kommunikation des Produktionssystems und der RFID-Technologie
Ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> • günstige Entwicklungskosten der RFID-Transponder • geringe Implementierungskosten • geringe Stückkosten (pro RFID-Tag)

LUETTICKE und MEISEN sehen die RFID-Technologie als vielversprechende Möglichkeit die Flexibilität in der Produktion zu steigern, indem nicht nur die Identifikationsnummer eines Materials identifiziert wird, sondern auch der aktuelle Bauzustand und Standort des Objekts laufend erfasst werden kann.¹⁹¹ STASA et al. beschäftigen sich in dem Paper „*Auto-ID for Automotive Industry*“ mit der Verwendung der RFID-Technologie für die automatisierte Artikelidentifikation in Logistik- und Produktionsprozessen von Automobilkomponenten. Dafür werden unterschiedliche Arten von RFID-Tags im realen Betrieb getestet, um herauszufinden, welche Tags die Anforderungen der Komponenten bestmöglich berücksichtigen. Die Autor:innen betonen, dass bei der Auswahl eines Auto-ID-Systems ein zuvor durchgeführter Praxistest unbedingt notwendig ist.¹⁹²

HUANG et al. sehen die RFID-Technologie als gute Möglichkeit, die Rückverfolgbarkeit und fortschrittliche Fertigungsstrategien in der Automobilbranche zu verbessern. Die Autor:innen nennen folgende drei Hauptproblematiken bei der Einführung von RFID-Systemen. Einerseits ist mit sehr hohen Investitionskosten bei der Implementierung zu rechnen. Des Weiteren birgt die Umsetzung ein hohes Risiko und es werden

¹⁸⁹ Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 157ff.

¹⁹⁰ Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158f.

¹⁹¹ Vgl. Luetticke, D.; Meisen, T. (2018), S. 1ff.

¹⁹² Vgl. Stasa, P. et al. (2015), S. 501ff.

Mitarbeiter:innen mit hoher Fachkompetenz für die Einführung und Wartung des RFID-Systems benötigt. Die Autor:innen beschreiben für die Reduktion dieser Probleme die Bildung von Zusammenschlüssen innerhalb der Branche, um die Technologie gemeinsam einzuführen und zu nutzen. Somit können der Implementierungsprozess und die laufende Wartung vereinfacht werden und im einzelnen Unternehmen ist weniger Fachwissen notwendig. Laut den Autor:innen ist bei der Einführung eines RFID-Systems auf folgende Punkte zu achten. Bei unregelmäßig geformten Metallteilen in der Automobilindustrie sollen spezielle Tags verwendet werden, die für Metalle geeignet sind und sich schnell am Teil befestigen lassen. Bei der Auswahl der RFID-Lese- und Schreibgeräte sollte darauf geachtet werden, dass alle Geräte in Bezug auf die Frequenzen, Funktionen und Kommunikationsprotokolle kompatibel sind. Des Weiteren wird eine konkrete Lösung für den Rückverfolgbarkeitsprozess am Shopfloor vorgeschlagen. Durch spezielle Gates (also RFID-Lese- und Schreibstationen) und ein spezielles Softwareinterface wird es möglich, den Echtzeitstatus über den gesamten Produktionsbedarf, die Anzahl der Ausschussteile, den Fortschritt der Produktionsaufträge und den aktuellen Output an den jeweiligen Stationen zu überwachen. Diese Informationen benötigen zusätzlich eine Schnittstelle zu Entscheidungsunterstützungssystemen, damit mit Hilfe der Daten in Echtzeit auf Probleme oder Veränderungen reagiert werden kann.¹⁹³

COSTA et al. schreiben über ein Forschungsprogramm mit dem Ziel, bei einem Elektronikproduzenten für die Automobilindustrie durch den Einsatz der RFID-Technologie Verschwendung zu vermeiden, um die Produktivität zu steigern und Kosten zu reduzieren. Es werden technische und organisatorische Herausforderungen bei der Einführung der RFID-Technologie beschrieben. Zu den technischen Barrieren zählen die Speicherung und der geregelte Zugriff auf die Daten (da eine sehr große Menge an Daten generiert wird), die Zuverlässigkeit des Identifikationssystems, die Kompatibilität mit bestehenden Informationssystemen und elektromagnetische Interferenzen, welche insbesondere bei einer Vielzahl an drahtlosen Geräten innerhalb eines Bereichs die Funktionsweise des RFID-Systems beeinträchtigen können. Die organisatorischen Herausforderungen beinhalten die Regelung für die gemeinsame Nutzung von Daten über die Lieferkette hinweg, die Gewährleistung der Datensicherheit (sodass RFID-Tags nicht mit den falschen Daten beschrieben werden) sowie die Kosten für die Einführung des Systems und die Stückkosten der Tags. Des Weiteren ist das fehlende Knowhow für die Umsetzung ein erfolgskritischer Faktor. Für die Umsetzung einer RFID-Lösung muss zunächst der Ist-Prozess anhand des aktuellen Materialflusses erfasst werden, um die Herausforderungen und Anforderungen zu identifizieren. Anschließend wird festgelegt, auf welchem Genauigkeitslevel die Rohstoffe rückverfolgt werden und welche Informationen gespeichert werden sollen. Um die Sicherheit der Daten zu gewährleisten, werden Informationen auf einer Datenbank gespeichert, die mit dem Tag kommuniziert, anstatt die Daten direkt auf dem RFID-Tag zu speichern. Ein weiterer wichtiger Faktor, ist die Sensibilisierung und Schulung der Mitarbeitenden am Shopfloor, um deren Mitarbeit und Motivation bei der Implementierung zu gewährleisten. Die größten Herausforderungen in der Umsetzung des Projekts stellten das bestehende ERP-

¹⁹³ Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3830ff.

System, das kaum angepasst werden konnte und das fehlende Wissen über die RFID-Technologie im Projektteam dar.¹⁹⁴

GOODALL et al. schreiben über die Herausforderung, nützliche Informationen aus den Rohdaten zu generieren, die über die RFID-Technologie erfasst wurden. Als Herausforderungen bei der Datenerfassung mit Hilfe von RFID werden die fehlerhafte Erkennung von Gegenständen, die durch Portale fahren, sowie die Identifikation von Gegenständen, die sich am Rande des Lesebereichs befinden und eigentlich nicht erfasst werden sollen, genannt. Des Weiteren kann es durch den Ausfall von Sensoren oder Geschäftsprozessen, die nicht richtig durchgeführt werden, zur fehlerhaften Datenerfassung kommen.¹⁹⁵

3.3.2 Anforderungen an die Datenerfassung

Sechs der relevanten Publikationen beschäftigen sich hauptsächlich mit dem Prozessschritt der Datenerfassung. Diese Veröffentlichungen behandeln nicht spezifisch den Einsatz von optischen Codes oder RFID zur Datenerfassung, sondern beschreiben allgemein, welche Parameter im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfasst werden sollen.

CAMERON und PLUMB schreiben über die Bedeutsamkeit der Erfassung und Auswertung von Messdaten als wichtigen Bestandteil der Rückverfolgbarkeit.¹⁹⁶

MOCHIZUKI beschreibt auch die Wichtigkeit des Managements der erfassten Messdaten, um die Qualität zu gewährleisten. Die Rückverfolgbarkeit wird als wesentlicher Faktor hervorgehoben, um den Qualitätsanforderungen in der Automobilindustrie gerecht zu werden.¹⁹⁷

SHEARON stellt die Norm IPC-1782 vor, die ein Standard für die Rückverfolgbarkeit von elektronischen Teilen ist. Der Autor stellt vier „Traceability Levels“ vor, die in diesem Standard definiert sind, wobei das Level eins ein Basisniveau darstellt und das vierte Level einer ausführlichen Umsetzung der Rückverfolgbarkeit entspricht. Je nach Anwendungsfall und Risiko im Schadensfall eines Teils, kann die Entscheidung für eine Ebene der Rückverfolgbarkeit getroffen werden. Um dieses Level festzustellen, gibt es unterschiedliche Kenngrößen. Erstens die Genauigkeit der Materialidentifikation, von der Zuordnung der Materialnummer zu einem Auftrag, bis zu einer eindeutigen Materialidentifikationsnummer, die genau einem Modul zugeordnet werden kann. Zweitens die Festlegung, ob nur vereinzelte Prozessschritte erfasst werden oder es eine vollständige Erfassung aller verfügbarer Kenngrößen gibt und ob dies hauptsächlich manuell, halbautomatisch oder vollautomatisch passiert. Des Weiteren wird mit dem Level festgelegt, wie lange die Daten nach dem Ende des Produktlebenszyklus aufbewahrt werden.¹⁹⁸

NEAL et al. definieren eine Methodik zur Einführung eines Rückverfolgbarkeitssystems von Mehrwegladungsträgern. Im ersten Schritt muss ein Verständnis für die derzeitigen Prozesse und Anforderungen geschaffen werden – dies gelingt mit Interviews in den

¹⁹⁴ Vgl. Costa, F. et al. (2017), S. 1262ff.

¹⁹⁵ Vgl. Goodall, P. et al. (2016), S. 345f.

¹⁹⁶ Vgl. Cameron, J. M.; Plumb, H. (1969), S. 1586.

¹⁹⁷ Vgl. Mochizuki, T. (2005), S. 10.

¹⁹⁸ Vgl. Shearon, C. E. (2018), S. 2.

betroffenen Fachabteilungen. Anschließend kann der Prozess mit Hilfe eines Business Process Modelling and Notation (BPMN) Diagramms dargestellt werden. Im nächsten Schritt müssen funktionale und nicht-funktionale Anforderungen klar definiert und priorisiert werden. Basierend darauf kann eine Entscheidung für eine Identifikationstechnologie getroffen werden. Anschließend können passende Datenbankschemen und Arten der Datenverarbeitung ausgewählt werden. Die größte Herausforderung sind fehlende Daten bei Nichterfassung des RFID-Systems. Des Weiteren hängt der Erfolg eines solchen Projekts von der Einhaltung von Geschäftsprozessen ab. Falls Prozesse nicht richtig identifiziert, definiert oder gesteuert werden, kann nicht das volle Potential eines Rückverfolgbarkeitssystems ausgeschöpft werden. Wenn Daten, die erfasst werden, weiter analysiert und beispielsweise durch Displayanzeigen oder Kontrollleuchten visualisiert werden, können sie dazu beitragen, dass Entscheidungen direkt am Shopfloor getroffen werden können.¹⁹⁹

3.3.3 Anforderungen an das Datenmanagement

13 der relevanten Studien beschäftigen sich mit dem Datenmanagement im Rahmen der Rückverfolgbarkeit. Es entstehen durch den Einsatz unterschiedlicher Identifikationstechnologien viele Daten, die analysiert werden müssen. Des Weiteren unterstützen die erfassten Daten bei der Umsetzung von anderen Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0.

MAERKEDAHN schreibt über den Einsatz von MES-Systemen, um eine exakte Rückverfolgbarkeit gewährleisten zu können. Vorteile davon sind, die Verbesserung der Qualität und des Bestandsmanagements, sowie die Verkürzung von Rüstzeiten.²⁰⁰ GUERREIRO et al. beschreiben eine Architektur zur erleichterten Verarbeitung von Daten, die von Sensoren im Produktionsumfeld erfasst werden. Hierfür werden vier Ebenen vorgestellt. Dabei handelt es sich um die Datenerfassung, das Speichern der Daten, die Weiterverarbeitung dieser sowie die Analyse und anschließende Visualisierung. Alle diese Sichtweisen benötigen eigene Technologien und Lösungen und müssen gut miteinander vernetzt sein.²⁰¹

KUHN und FRANKE entwickeln ein Modell zur Gewährleistung von Datenkontinuität bei der Rückverfolgbarkeit, um mit Hilfe von Graphen die komplexen und dynamischen Zusammenhänge im Produktionsfluss zu beschreiben. Für die Festlegung eines solchen Datenmodells müssen zunächst die Ziele der Rückverfolgbarkeit und die Objekte, die rückverfolgt werden sollen, sowie deren Zusammenhänge definiert werden. Rückverfolgbare Objekte werden in vier Kategorien eingeteilt. Es gibt Informationen, die den Auftrag, die Ressourcen (also Maschinen und Arbeitsplätze), die Konfiguration des Produkts und den Prozess betreffen. Die Beziehungen der Objekte können zeit- oder ortsabhängig sein. Die Nutzung von mehreren Datenbanken gleichzeitig stellt laut der Autor:innen ein großes Problem in der Automobilbranche dar. Aufgrund von unterschiedlichen Datenstrukturen ist hierbei die durchgängige Rückverfolgbarkeit über

¹⁹⁹ Vgl. Neal, A. D. et al. (2021), S. 465ff.

²⁰⁰ Vgl. Maerkedahl, H. (2004).

²⁰¹ Vgl. Guerreiro, G. et al. (2019), S. 919f.

die Systeme nicht möglich. Daher ist es wichtig, Datenstrukturen so aufzusetzen, dass die Hierarchien und die Dynamik von Rückverfolgungsobjekten in Betracht gezogen werden.²⁰² ROBSON et al. schreiben über geeignete Datenbankstrukturen, um die Rückverfolgbarkeit im Fall von Produktrückrufen zu gewährleisten. Die Autor:innen betonen, dass jeder Dateneintrag mit einer Version gekennzeichnet sein muss, um Teile später eindeutig identifizieren zu können. So soll jeder Eintrag nicht nur eine Identifikationsnummer und einen Zeitstempel enthalten, sondern auch ob und wann die Version geändert wurde. Es wird ein Datenbankschema vorgestellt, welches im Fall eines Rückrufs dabei unterstützt, Zeiträume einzugrenzen und schnell festzustellen, welche Teile davon betroffen sind.²⁰³

BERGES et al. beschreibt die Notwendigkeit von fortschrittlichen Analysen und Algorithmen aus dem maschinellen Lernen zur Verarbeitung großer Datenmengen, die in einem Produktionsumfeld erfasst werden. So können die Daten eingesetzt werden, um Fehler frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Für die Umsetzung sind organisatorische und technische Aspekte zu beachten. Organisatorisch ist eine gute Zusammenarbeit zwischen mehreren Abteilungen nötig, um Fachwissen aus den Bereichen Datenanalyse, der bestehenden Softwareumgebung in der Fertigung sowie das benötigte Prozesswissen zur Verfügung zu haben. Technisch sind die V's von Big Data zu beachten, die bereits in Kapitel 2.1.3 beschrieben wurden.²⁰⁴ Laut VOGT et al. ist es für die Umsetzung eines digitalen Zwilling im produktionsnahen Bereich notwendig, jedes Teil eindeutig mit einer Identifikationsnummer identifizieren zu können. Nur so können Produkte mit Ressourcen in der Produktion kommunizieren und der Materialfluss lückenlos dokumentiert werden.²⁰⁵ FENG et al. beschreiben den Einsatz von Cloud Computing, um Daten aus Lagerungs- und Montageprozessen zu speichern und zu analysieren.²⁰⁶ SAMIR et al. sehen großes Potential in der Rückverfolgbarkeit aufgrund der schnelleren Verfügbarkeit von Echtzeitdaten, die die Möglichkeit einer verbesserten Kontrolle in der Produktion bieten. Somit können die Flexibilität, Geschwindigkeit und Reaktionsfähigkeit auf neue Gegebenheiten erhöht werden. In dieser Studie wird hierfür eine Plattform verwendet, um einen digitalen Zwilling eines Automobilherstellers zu erstellen. Dieser erhält Daten von fahrerlosen Transportmitteln und smarten Montagewerkzeugen, die Daten empfangen und senden können. Dabei handelt es sich beispielsweise um Schraubenzieher, die das Drehmoment oder die Anzahl an Teilen, die mit diesem Werkzeug bearbeitet werden, erfassen können. Diese Daten werden mit Hilfe eines 3D-Modells visualisiert.²⁰⁷

Laut KANG et al. produzieren IoT-Technologien wie RFID, Sensoren und GPS im industriellen Umfeld eine sehr große Menge an komplexen Daten. Um diese in Bezug auf die Rückverfolgbarkeit in Echtzeit erfassen und analysieren zu können, ist die Weiterentwicklung von Big Data-Technologien in der Industrie sehr wichtig. Die Autor:innen beschreiben vier Anforderungen, die in einem Datensatz für

²⁰² Vgl. Kuhn, M.; Franke, J. (2021), S. 551ff.

²⁰³ Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214ff.

²⁰⁴ Vgl. Berges, C. et al. (2020), S. 1f.

²⁰⁵ Vgl. Vogt, A. et al. (2021), S. 1296f.

²⁰⁶ Vgl. Feng, Y. et al. (2020), S. 319.

²⁰⁷ Vgl. Samir, K. et al. (2019), S. 720ff.

Rückverfolgbarkeit zwingend enthalten sein müssen: WAS, WO, WANN und WARUM. Die Frage nach dem Was kann mit Hilfe von Identifikationsnummern von Einzelteilen, Losen oder Aufträgen beantwortet werden. Mittels Zeitstempeln und dem Standort eines Leseterminals bzw. mit Hilfe von GPS können das Wo und Wann geklärt werden. Für die Beantwortung der Frage nach dem Warum sind Daten über den derzeitigen Prozessschritt, den Produktstatus und des aktuellen Zustands des rückverfolgten Gegenstands notwendig.²⁰⁸ Laut BEN-BASSAT können Entscheidungsfindungsprozesse in der Produktion optimiert werden, indem Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts gesammelt und transparent gemacht werden. Je mehr Informationen in Form von ausgewerteten Daten zur Verfügung stehen, desto besser können Entscheidungen getroffen werden. Dies hat laut dem Autor einen positiven Einfluss auf die Qualität und den Ausschuss.²⁰⁹

3.4 Erstellung Anforderungskatalog

In diesem Kapitel wird, basierend auf der systematischen Literaturrecherche, ein Anforderungskatalog für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit für Automobilzulieferer erstellt. Dieser dient dazu, die Forschungsfragen aus Kapitel 3.2 zu beantworten. In Tabelle 3 wird die Frage F1 beantwortet, welchen Nutzen die Einführung von einem Rückverfolgbarkeitssystem für ein Unternehmen hat.

Tabelle 3: Mehrwert von Rückverfolgbarkeit für Unternehmen

F1: Welchen Mehrwert bietet die Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems einem Unternehmen?	
Gewährleistung von Qualität	Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015); Vgl. Shearon, C. E. (2018b); Vgl. Feng, Y. et al. (2020); Vgl. Cucu, T. C. et al. (2008)
Nachvollziehbarkeit im Reklamationsfall	Vgl. Cucu, T. C. et al. (2008); Vgl. Goodall, P. et al. (2016); Vgl. Neal, A. D. et al. (2021a); Vgl. Subramanian, V. et al. (2018); Vgl. Robson, C. et al. (2007a)
Steigerung der Effizienz und Flexibilität und Vermeidung von Verschwendung	Vgl. Ben-Bassat, A. (2016); Vgl. Costa, F. et al. (2017); Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012); Vgl. Stasa, P. et al. (2015); Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015); Vgl. Luetticke, D.; Meisen, T. (2018)
Automatisierung und Digitalisierung im produktionsnahen Bereich	Vgl. Fraga-Lamas, P. et al. (2021b); Vgl. Guerreiro, G. et al. (2019); Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016); Vgl. Kuhn, M.; Franke, J. (2021); Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016); Vgl. Vogt, A. et al. (2021); Vgl. Stasa, P. et al. (2015)
Nutzung von Daten um Informationen zu generieren und Entscheidungsprozesse zu stützen	Vgl. Goodall, P. et al. (2016) ; Vgl. Ben-Bassat, A. (2016)
Verbesserung der Steuerung und Kontrolle von komplexen Produktionsprozessen	Luetticke, D.; Meisen, T. (2018); Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015); Vgl. Chellaboina, S. et al. (2022); Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016)
Erhöhte Transparenz im Materialfluss	Vgl. Costa, F. et al. (2017); Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016)

²⁰⁸ Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016), S. 1ff.

²⁰⁹ Vgl. Ben-Bassat, A. (2016).

In Tabelle 4 wird die Forschungsfrage F2: „Welche Daten können in welcher Granularität im Rahmen der internen Rückverfolgbarkeit erfasst werden?“ beantwortet. Hier wird eine Unterscheidung getroffen, welche Gegenstände verfolgt werden können, also die TRU (siehe Kapitel 2.2.2), und welche Identifikations- und Prozessmerkmale erfasst werden können.

Tabelle 4: Übersicht welche Daten im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfasst werden können

F2: Welche Daten können in welcher Granularität im Rahmen der internen Rückverfolgbarkeit erfasst werden?		
Traceable Resource Unit	Stücklistenebene: Fertigteil, Halbtteil oder Rohstoff	Vgl. Desmeules, J. F. et al. (2017), S. 1069; Vgl. Costa, F. et al. (2017), S. 1268; Vgl. Subramanian, V. et al. (2018)
	logistische Ebene: Chargen, Lose, Boxen Einzelteile	Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016), S. 1; Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3
Identifikations- und Prozessmerkmale	Identifikationsnummer, Auftragsnummer, Rechnungsnummer	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3., Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214f.
	Prozessinformation, Messdaten	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3., Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214f., Vgl. Kuhn, M.; Franke, J. (2021), S. 557; Vgl. Luetticke, D.; Meisen, T. (2018), S. 1, Vgl. Cameron, J. M.; Plumb, H. (1969), S. 1586; Vgl. Mochizuki, T. (2005), S. 10.
	Produktstatus, aktueller Bauzustand, Produktkonfiguration, Ressourceninformation (z.B. über Maschinen)	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3., Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016), S. 4., Vgl. Kuhn, M.; Franke, J. (2021), S. 557;
	Standortinformation, Standort des Lesegeräts, Bewegungsdaten	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3., Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214f.
	Zeitstempel, Versionsinformation bei Änderung von Einträgen	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3., Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214f., Vgl. Robson, C. et al. (2007), S. 1214f.
	Personen, die mit dem Material oder Teil in Berührung gekommen sind	Vgl. Todd, H.; Fairley, P. (2015), S. 3

In den folgenden drei Tabellen werden die Anforderungen, die in den relevanten Veröffentlichungen erwähnt werden, zusammengefasst. Dies beantwortet Forschungsfrage F3: „Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?“ In Anlehnung an PIELMEIER und REINHART, werden die Anforderungen in technische, prozesstechnische, organisatorische, ökonomische sowie daten- und systemtechnische

Anforderungen unterteilt.²¹⁰ In Tabelle 5 werden die technischen Anforderungen beschrieben, die sich auf die Methoden zur Kennzeichnung von Teilen beziehen.

Tabelle 5: Technische Anforderungen

F3: Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?		
Technisch	Festlegung der optimalen Positionierung und richtigen Größe der Kennzeichnung unter Beachtung der Bauteilgeometrie	Vgl. Desmeules, J. F. et al. (2017), S. 1073, Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3830; Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158.
	Identifikation von physikalischen Störfaktoren wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeit oder Reflexionsflächen, damit die Kennzeichnung standhaft gegenüber nachgelagerten Bearbeitungsschritten ist	Vgl. Subramanian, V. et al. (2018), Vgl. Cucu, T. C. et al. (2008), S. 585; Vgl. Desmeules, J. F. et al. (2017), S. 1077; Vgl. Harrison, P. M. et al. (2006), 516; Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69; Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158.
	Schutz der Kennzeichnung von Umwelteinflüssen (z.B. Schutzkapseln für RFID-Tags)	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 72.
	Festlegung des Zeitraums, wie lange die Kennzeichnung identifizierbar sein soll (nur im Fertigungsprozess oder über den gesamten Lebenszyklus)	Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158; Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 75.
	Abschätzung des Aufwands für die richtige Bedienung, Sicherheitsanforderungen und Wartung von Anlagen zur Datenerfassung	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69; Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158., Vgl. Desmeules, J. F. et al. (2017), S. 1073.
	Identifikation, ob Bauteileigenschaften durch die Kennzeichnung beeinflusst werden	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 76.
	Vermeidung von Faktoren, die die Lesbarkeit der Kennzeichnung beeinträchtigen, wie beispielsweise reflektierende Oberflächen, Feuchtigkeit, Druckfehlern, Oberflächenverschmutzungen oder im Fall von RFID die Wechselwirkungen der elektromagnetischen Wellen mit metallischen Oberflächen	Vgl. Harrison, P. M. et al. (2006), 516; Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69; Vgl. Cucu, T. C. et al. (2008), S. 588; Vgl. Luetticke, D.; Meisen, T. (2018), S. 1. ; Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 160
	Test von Kennzeichnungsmethoden im realen Betrieb, vor der Auswahl	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 72; Vgl. Stasa, P. et al. (2015), S. 506; Vgl. Fraga-Lamas, P. et al. (2021), S. 26.
	Festlegung, ob Datenerfassung manuell, halbautomatisch oder automatisch durchgeführt wird	Vgl. Shearon, C. E. (2018), S. 2.

²¹⁰ Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158f.

In Tabelle 6 sind Anforderungen aus den relevanten Studien ersichtlich, die den Prozess, das Personal und die Organisation sowie ökonomische Aspekte betreffen.

Tabelle 6: Prozesstechnische, Organisatorische und Ökonomische Anforderungen

F3: Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?		
Prozess	Festlegung, ob nur einzelne Prozessschritte oder alle vorhandenen Kenngrößen erfasst werden sollen	Vgl. Shearon, C. E. (2018a), S. 2
	Identifizierung von passenden Standorten für mobile oder stationäre Lesegeräte im Materialfluss	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69., Vgl. Lueticke, D.; Meisen, T. (2018), S. 6
	Erfassung der Ist-Situation der Geschäftsprozesse mit Hilfe von Interviews in allen betroffenen Abteilungen und BPMN-Diagrammen	Vgl. Neal, A. D. et al. (2021), S. 466
	Anpassung der Geschäftsprozesse bei Einführung eines Rückverfolgbarkeitssystems	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 75.
Mitarbeitende und Organisation	Sicherstellung der Fachkompetenz der Mitarbeitenden für die Einführung und den laufenden Betrieb des Identifikationssystems	Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3826; Vgl. Costa, F. et al. (2017), S. 1268.
	Sensibilisierung und Schulung der Mitarbeitenden bezüglich der neuen Geschäftsprozesse	Vgl. Costa, F. et al. (2017), S. 1268.
	Sicherstellung, dass neue Geschäftsprozesse eingehalten und gelebt werden	Vgl. Neal, A. D. et al. (2021), S. 473; Vgl. Goodall, P. et al. (2016), S. 346
	Abteilungsübergreifende Zusammenarbeit bei der Planung und Umsetzung	Vgl. Berges, C. et al. (2020), S. 2.
Ökonomisch	Kosten pro Kennzeichnung	Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 159
	Implementierungskosten	Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3825.
	Anschaffungskosten von neuen Anlagen und Systemen	Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3825.
	Festlegung von Key Performance Indicators (KPIs) zur Berechnung des Returns on Investment (Gewinn/investiertes Kapital) eines Auto-ID-Systems, beispielsweise die Erhöhung der Produktivität, der Arbeitsplatzsicherheit und der Nachhaltigkeit	Vgl. Fraga-Lamas, P. et al. (2021), S. 7

In Tabelle 7 befinden sich Anforderungen, die in Bezug auf vorhandene und neue Software beachtet werden müssen und die richtige Verwendung der erfassten Daten sicherstellen.

Tabelle 7: Anforderungen an Daten und Software

F3: Was sind Anforderungen an die Umsetzbarkeit von Rückverfolgbarkeit von Teilen im innerbetrieblichen Materialfluss?		
Daten und Software	erforderliche Datenspeicherkapazität der Kennzeichnung	Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 158.
	Vermeidung von Situationen, in denen Daten nicht oder falsch erfasst werden, wie beispielsweise verschmutzte Codes oder fehlerhafte Erkennung von RFID-Tags	Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 69; Vgl. Goodall, P. et al. (2016), S. 346; Vgl. Neal, A. D. et al. (2021), S. 473
	Festlegung, wie lange erfasste Daten aufbewahrt werden	Vgl. Shearon, C. E. (2018), S. 2.
	Sicherstellung der Kompatibilität von neuen Systemen und Anlagen mit bestehenden Systemen	Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 159; Vgl. Huang, G. Q. et al. (2012), S. 3830.
	Festlegung der Systemarchitektur: Ebene zur Datenerfassung, Ebene zum Speichern der Daten, Ebene zur Datenanalyse und Ebene für die Visualisierung der Daten	Vgl. Guerreiro, G. et al. (2019), S. 919f.
	Sicherstellung der Datensicherheit und Gewährleistung, dass Datenträger (Codes oder Tags) nicht mit falschen Daten beschrieben werden	Vgl. Costa, F. et al. (2017), S. 1268
	Einsatz von Big Data-Technologien, um die Menge an erfassten Daten so auszuwerten, dass sie als Basis für Verbesserungen von Produkten und Prozessen dienen können	Vgl. Kang, Y.-S. et al. (2016), S. 2., Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016), S. 76
	Ermöglichung von Entscheidungsprozessen basierend auf den erfassten Daten durch Visualisierungen	Vgl. Ben-Bassat, A. (2016), Vgl. Neal, A. D. et al. (2021), S. 473

4 Interne Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers

Im Praxisteil dieser Arbeit wird die praktische Umsetzung von interner Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers betrachtet. Hierfür wird der Ist-Prozess der Rückverfolgbarkeit von Teilen der Magna Powertrain GmbH & Co KG, folgend Magna Powertrain genannt, erfasst und analysiert. Dieser wird mit dem Anforderungskatalog aus Kapitel 3.4 verglichen, um Handlungsfelder im Unternehmen zu identifizieren. Zunächst werden das Untersuchungsdesign und die Vorgehensweise festgelegt. Anschließend wird die Datenerhebung mit Hilfe von qualitativen Interviews im Unternehmen durchgeführt. Die Auswertung der erfassten Daten erfolgt in Anlehnung an eine qualitative Inhaltsanalyse. Dabei werden die Erkenntnisse mit den Soll-Anforderungen des Katalogs abgeglichen. Anschließend wird der gesamtheitliche Prozess für die Rückverfolgbarkeit von Roh-, Halb-, und Fertigteilen mit Hilfe eines BPMN-Modells visualisiert. Zum Schluss werden die Abweichungen zu den Soll-Anforderungen analysiert und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung einer intern lückenlosen Rückverfolgbarkeit beschrieben.

4.1 Methodik

Bei der Datenerhebung stehen quantitative, qualitative oder gemischte Erhebungsmethoden zur Verfügung. In der quantitativen Forschung steht eine theoretische Hypothese im Fokus, die mit Hilfe von strukturierten Methoden zur Datenerfassung untersucht wird. Die erfassten numerischen Daten werden anschließend statistisch analysiert. Die qualitative Forschung geht von einer offenen Fragestellung aus, die mit wenig strukturierten Methoden zur Datenerfassung erforscht wird. Die Daten, die erhoben werden, haben einen visuellen oder verbalen Charakter. Somit können unerwartete Erkenntnisse ermöglicht werden, da die Beantwortung der Forschungsfrage sehr flexibel gestaltet werden kann. In dieser Arbeit wird ein qualitativer Forschungsansatz gewählt, da die Fragestellung anhand von wenigen beispielhaften Fällen detailliert betrachtet wird, um neue Ansätze zu erkunden.²¹¹ Für die Festlegung der Vorgehensweise und Methodik des Praxisteils wird zunächst das Untersuchungsdesign definiert.²¹² Zielsetzung ist die Evaluierung des Ist-Prozesses der internen Rückverfolgbarkeit bei der Magna Powertrain. Es soll untersucht werden, wie Teile unterschiedlicher Materialarten identifiziert werden und welche Daten dafür wo und wie erfasst werden. Als Erhebungsmethode werden qualitative Befragungen mit leitfadengestützten Expert:inneninterviews eingesetzt. Hierfür wurden sieben erfahrene Mitarbeitende und Führungskräfte aus dem Unternehmen ausgewählt. Die Interviews wurden im Zeitraum von 27.07.2022 bis 11.08.2022 an den Produktionsstandorten Ilz und Lannach geführt.

²¹¹ Vgl. Döring, N.; Bortz, J. (2016), S. 184f.

²¹² Vgl. Döring, N.; Bortz, J. (2016), S. 182.

Die Vorgehensweise für den praktischen Teil dieser Arbeit ist in Abbildung 24 dargestellt. Zu Beginn werden geeignete Interviewpartner:innen aus unterschiedlichen Fachbereichen ausgewählt und ein Interviewleitfaden erstellt. Nach erfolgreicher Absolvierung der Expert:inneninterviews werden diese transkribiert. Für die strukturierte Auswertung dieser verbalen Daten, wird eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Dabei werden Aussagen aus den Gesprächen in bestimmte Kategorien eingeteilt, um diese je nach Themengebiet auswerten zu können. Anschließend werden die Erkenntnisse aus den Interviews dazu verwendet, den gesamtheitlichen Prozess der internen Rückverfolgbarkeit dieses Automobilzulieferers zu visualisieren und Handlungsfelder abzuleiten.



Abbildung 24: Vorgehensweise im Praxisteil

4.2 Datenerfassung

Für den praktischen Teil dieser Arbeit werden leitfadengestützte Expert:inneninterviews zur Datenerfassung verwendet. Diese fokussieren sich auf die Erhebung von technischem und praxisbezogenem Wissen, um Abläufe und Zusammenhänge zu erfragen.²¹³ Hierfür müssen zunächst geeignete Interviewpartner:innen ausgewählt werden. Anschließend wird ein Leitfaden erstellt, der als Basis für die Interviews dient.

4.2.1 Auswahl Interviewpartner:innen

Eine Expertin oder ein Experte ist eine Person, die einen besonderen Zugang zu Prozesswissen hinter Entscheidungen oder bestimmten Personengruppen hat. Innerbetrieblich sind diese meist nicht im oberen Management zu finden, sondern dort in der Hierarchie, wo die Verantwortung für die Vorbereitung und Umsetzung von Entscheidungen liegt.²¹⁴ Um den aktuellen Prozess für die interne Rückverfolgbarkeit zu verstehen, sollen Bereiche entlang des innerbetrieblichen Materialflusses betrachtet werden. Diese beinhalten in Anlehnung an die Industrielogistik, die in Kapitel 2.1.2 beschrieben ist, die Beschaffungs-, Produktions-, und Distributionslogistik. Somit werden für die Expert:inneninterviews erfahrene Personen aus den Fachbereichen

²¹³ Vgl. Helfferich, C. (2019), S. 682.

²¹⁴ Vgl. Meuser, M.; Nagel, U. (1991), S. 443f.

Wareneingangsqualität, Einlagerung und Kommissionierung, Fertigung, Montage und Versand ausgewählt. Für eine abteilungsübergreifende Sichtweise und um einen abteilungsübergreifenden Überblick über die Ausgangslage zu erhalten, wird zu Beginn ein Interview im Top-Management des Unternehmens geführt.

Tabelle 8: Interviewpartner:innen

Bereich	Erfahrung im Unternehmen	Interview
Top Management	10+ Jahre	Interview 1
Maßtechnische Wareneingangsqualität	20+ Jahre	Interview 4
Werkstofftechnische Wareneingangsqualität	20+ Jahre	Interview 6
Wareneingangsbuchung, Einlagerung und Kommissionierung	5+ Jahre	Interview 5
Fertigung und Messen	20+ Jahre	Interview 7
Montage	20+ Jahre	Interview 3
Versand	10+ Jahre	Interview 2

Eine Auflistung der ausgewählten Interviewpartner:innen kann Tabelle 8 entnommen werden. Es war nicht möglich, die Interviews in der Reihenfolge, entsprechend der Materialflussrichtung durchzuführen. Daher ist die Nummerierung der Interviews in Tabelle 8 nicht fortlaufend. Die Interviewpartner:innen sind, entsprechend dem Materialfluss aufgereiht und in der letzten Spalte ist die Nummerierung ersichtlich, in welcher Reihenfolge die Gespräche durchgeführt wurden.

4.2.2 Erstellung Interviewleitfaden

Ein Leitfaden dient dazu, eine ähnliche Befragungssituation zu gewährleisten und damit einzelne Interviews besser vergleichbar zu machen. Dieser kann mehr oder weniger strukturiert sein. Der Vorteil einer Strukturierung des Leitfadens ist, dass alle relevanten Punkte angesprochen werden können, die für den Output der Forschung wichtig sind und bei rein offenen Fragestellungen eventuell nicht zur Sprache gekommen wären.²¹⁵ Daher sollte ein Leitfaden „so offen wie möglich, so strukturierend wie nötig“ gehalten werden.²¹⁶ Zusätzlich soll bei der Befragung ein möglichst normales Gesprächsklima geschaffen werden, damit die befragte Person noch mehr aus sich herausgehen kann. Zu Beginn muss dafür die Relevanz des Themas klargestellt werden, um das Interesse beim Gegenüber zu wecken. Hinderlich für ein gutes Gespräch sind beispielsweise Zeitdruck oder ein zu geringes Verständnis oder Interesse der befragten Person. Um ein Umfeld des „Miteinander-Redens“ zu schaffen, helfen Zwischenfragen, Zustimmung und Anmerkungen. So wird dem Gegenüber sachliches Interesse vermittelt und somit kann das Gespräch zusätzlich angeregt werden.²¹⁷

²¹⁵ Vgl. Helfferich, C. (2019), S. 675f.

²¹⁶ Helfferich, C. (2019), S. 676.

²¹⁷ Vgl. Honer, A. (1994), S. 625ff.

Der Leitfaden für die Interviews in den Fachbereichen ist im Anhang in Kapitel 7.2 zu finden. Die Interviews werden semistrukturiert geführt. Das bedeutet, dass die Reihenfolge und genaue Formulierung der Fragen während dem Interview flexibel gehalten wird. Nur die einleitende und abschließende Frage wird genauso gestellt und der Rest des Gesprächs soll eher einem Gespräch über den Prozess gleichen. Durch die Fragen im Leitfaden wird sichergestellt, dass keine Themen ausgelassen werden.

4.3 Datenauswertung

Die Auswertung der erhobenen Daten wurde in Anlehnung an eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Textanalyse, bei der der Inhalt des Geschriebenen im Vordergrund steht und dieser qualitativ-interpretativ analysiert wird.²¹⁸ Dazu wurden zunächst die Interviews per Audioaufzeichnung aufgenommen und anschließend transkribiert. Da es sich um Expert:inneninterviews handelt, wurde auf zusätzliche Notationen von Stimmlagen, Pausen oder ähnlichem verzichtet, da diese im Rahmen dieser Arbeit nicht relevant für die Interpretation der Ergebnisse sind. Der Hauptfokus bei der Transkription liegt auf der inhaltlichen Vollständigkeit.²¹⁹ Alle Interviews wurden separat voneinander transkribiert. Dabei wurde zusätzlich darauf geachtet, Dialekt und Umgangssprache in Schriftdeutsch umzuformulieren. Um die Anonymität zu gewährleisten, wurden Namen, Projekte und interne Nummern mit Platzhaltern wie (Name), (Projektname) oder (Nummer) ersetzt.

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse handelt es sich um ein Modell, das die Analyse von transkribierten Texten ermöglicht und bei der Interpretation der Aussagen unterstützt. Dazu werden Kategorien festgelegt, denen einzelne Aussagen zugeordnet werden können. In dieser Arbeit werden die Kategorien aus der Theorie abgeleitet. Daher handelt es sich um deduktive Kategorienanwendung.²²⁰ Hierfür werden die Teilbereiche aus dem Anforderungskatalog aus Kapitel 3.4 als Kategorien herangezogen:

- Traceable Resource Unit
- Identifikationsmerkmale
- Technische Anforderungen
- Prozesstechnische Anforderungen
- Anforderungen an Mitarbeitende und Organisation
- Ökonomische Anforderungen
- Anforderungen an Daten und Software

Somit können Aussagen der Gespräche einer Kategorie zugeordnet werden. Bestandteile der jeweiligen Interviews, die zu einer Thematik gehören, sind dadurch auf einen Blick sichtbar und können verknüpft sowie miteinander verglichen werden. Da die Kategorien auf dem Anforderungskatalog basieren, wird auch ein Vergleich der Soll-Anforderungen mit den Aussagen der Interviews ermöglicht. In den folgenden Kapiteln

²¹⁸ Vgl. Mayring, P.; Fenzl, T. (2019), S. 634.

²¹⁹ Vgl. Meuser, M.; Nagel, U. (1991), S. 455.

²²⁰ Vgl. Mayring, P.; Fenzl, T. (2019), S. 635ff.

sind die Auswertung und Interpretation der durchgeführten Interviews zu finden. Dazu wird zu Beginn die Ausgangssituation des Unternehmens beschrieben und anschließend sind die Analysen der bestehenden Maßnahmen der einzelnen Kategorien zu finden.

4.3.1 Ausgangssituation

Die Magna Powertrain ist ein Hersteller für Antriebsstranglösungen für Fahrzeuge mit Allradantrieb und Elektrifizierungslösungen. Der Werkeverbund hat Produktions- und Entwicklungsstandorte in Lannach, Ilz, Albersdorf und Traiskirchen mit insgesamt ungefähr 2.500 Mitarbeiter:innen.²²¹ Laut Interviewpartner:in 1 ist die derzeitige Situation der Automobilbranche von Krisen geprägt. Durch die Coronapandemie gibt es große Schwierigkeiten mit Transportverfügbarkeiten und -kosten. Des Weiteren gibt es seit über einem Jahr ein Problem aufgrund der Knappheit von Mikrochips, wodurch es große Materialrückstände bei elektronischen Bauteilen gibt. Eine weitere Herausforderung sind die steigenden Energiekosten aufgrund der Ukraine Krise. Diese sind gerade für produzierende Industriebetriebe mit hohem Strom- und Gasverbrauch zum Betreiben von Anlagen ein sehr großes Problem. Durch diese Vielzahl an Unsicherheiten und Krisen gibt es auch das ständige Risiko von Werksschließungen von Kunden.²²²

Das Thema Rückverfolgbarkeit in der Automobilindustrie, ist laut Interviewpartner:in 1 aufgrund von hohen Qualitätsanforderungen unumgänglich. Sobald irgendwo entlang der Wertschöpfungskette ein Qualitätsproblem auftritt, muss eine Einschätzung getroffen werden, wie viele Teile bzw. Fahrzeuge am Ende davon betroffen sind. Umso genauer die Rückverfolgbarkeit in den Betrieben ist, desto besser kann eine Eingrenzung vorgenommen werden und desto weniger Teile sind von einer Rückrufaktion betroffen. Lückenlos ist die Rückverfolgbarkeit dann, wenn die Wertschöpfungskette, angefangen von der Schmelz-Charge im Stahlwerk, bis hin zum fertigen Fahrzeug, vollständig nachvollzogen werden kann.²²³ Innerbetrieblich bietet die Rückverfolgbarkeit eine Vielzahl an Vorteilen, beispielsweise um einen transparenten Überblick über die Teile im Umlauf zu haben.²²⁴ Rückverfolgbarkeit ist, laut Interviewpartner:in 1, auch ein wichtiger Bestandteil von Digitalisierungsprojekten. Die Datenmenge, die mit Hilfe eines Rückverfolgbarkeitssystems erfasst wird, kann dazu beitragen, Big Data-Auswertungen durchzuführen und somit Probleme im Fertigungsbereich schon im Vorhinein erkennen zu können. Interviewpartner:in 1 nennt Big Data sogar als Qualität der Zukunft und betont, die Rückverfolgbarkeit nicht nur zu nutzen, um Daten zu sammeln, sondern diese auch wirklich gezielt auszuwerten und einzusetzen.²²⁵ Derzeit ist die Rückverfolgbarkeit in den Produktionswerken Ilz und Lannach nicht lückenlos möglich. Die Digitalisierungsstrategie des Unternehmens definiert das die Rückverfolgbarkeit auf Einzelteilebene bis zum Jahr 2025 umzusetzen.

²²¹ Vgl. interne Unternehmenspräsentation

²²² Interview 1, Zeilen 71-106

²²³ Interview 1, Zeilen 11-24

²²⁴ Interview 1, Zeilen 26-33

²²⁵ Interview 1, Zeilen 156-158

4.3.2 Traceable Resource Unit

Die TRU definiert den Gegenstand bzw. die Einheit, die rückverfolgt werden kann. Bei der Magna Powertrain gibt es auf Stücklistenebene Roh-, Halb- und Fertigteile. Systemseitig gelten alle Zukaufteile als Rohteile. Halberteile sind bereits in der Fertigung bearbeitet worden und stellen sozusagen einen Bauteilzustand dar. Ein Halberteile fließt dann weiter in die Stückliste eines Fertigbauteils ein. Ein Fertigteil entspricht einem Bauteil, das alle Arbeitsschritte in der Fertigung und Montage durchlaufen hat und so an den Kunden geliefert werden kann. Auf logistischer Ebene gibt es im Laufe des Materialflusses unterschiedliche Definitionen einer TRU.

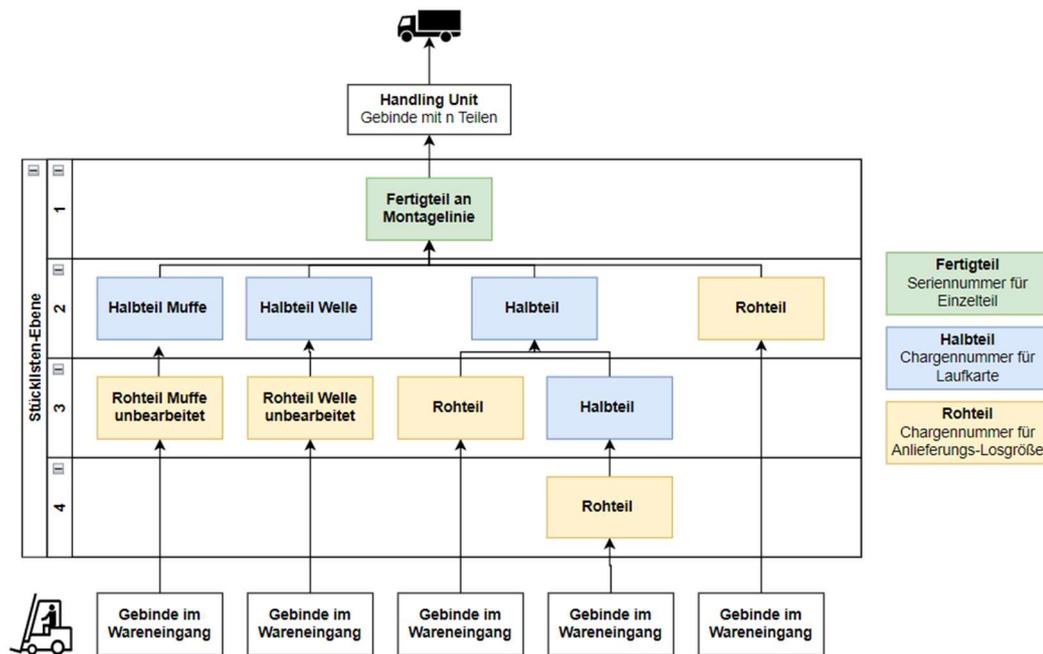


Abbildung 25: Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Stückliste eines Bauteils²²⁶

Bei der Anlieferung von Zukaufteilen im Wareneingang entspricht die angelieferte Losgröße des Lieferanten einer TRU.²²⁷ Diese Lieferung ist somit als eine Charge des Rohmaterials im System ersichtlich und wird durch die Lieferscheinnummer und eine automatisch generierte Chargennummer identifiziert. Diese besteht aus dem Revisionsstand, der in Kapitel 4.3.3 näher beschrieben wird, und einer fortlaufenden Nummer.²²⁸ Diese Charge wird in den bestehenden Gebinden eingelagert, dabei handelt es sich entweder um Gitterboxen, Magnum-Boxen oder Kleinladungsträger.²²⁹ Aufträge werden mit Rollwägen, auf denen sich Körbe mit Material befinden, durch die Fertigung gesteuert. Wenn ein Fertigungsauftrag erstellt wird, wird die Rohteilcharge in mehrere Laufkarten aufgeteilt. Eine Laufkarte begleitet jeweils einen Bodenroller. Wenn die Laufkarte alle Arbeitsvorgänge laut Arbeitsplan durchlaufen hat, erfolgt die

²²⁶ Eigene Darstellung

²²⁷ Interview 5, Zeilen 13-20

²²⁸ Interview 6, Zeilen 24-28

²²⁹ Interview 5, Zeilen 31-32

Wareneingangsbuchung des Halbtteils im ERP-System. Dadurch wird ein Bestand des Halbtteils erzeugt und es bekommt wiederrum eine neue Chargennummer, die aus dem Revisionsstand und der Laufkartennummer besteht.²³⁰ Somit verkleinert sich die TRU innerhalb der Fertigung von einer Anlieferungs-Losgröße, auf die Anzahl der Teile auf einem Bodenroller. Wenn ein Fertigungsauftrag für ein Fertigteil erstellt wird, bekommt dieses in der Montage zunächst eine interne Seriennummer und am Ende der Montagelinie eine externe Seriennummer. Das bedeutet, auf Fertigteilebene hat jedes Einzelteil eine eindeutige Identifikationsnummer. Am Ende der Montagelinie wird eine bestimmte Anzahl an Aggregaten in eine sogenannte Handling-Unit gescannt. Dabei handelt es sich um ein Gebinde mit einer bestimmten Anzahl an Fertigteilen, das so an den Kunden geliefert wird. Somit entspricht die TRU im Versand einer Handling Unit. Die Rückverfolgbarkeit ist somit, außer auf Fertigteilebene, hauptsächlich auf Losgrößerebene gegeben.²³¹ Die Zusammenhänge innerhalb der Stückliste sind in Abbildung 25 dargestellt. Bei jedem Übergang in eine neue Stücklistenebene wird eine neue Identifikationsnummer des Teils bzw. der Charge generiert.

Interviewpartner:in 7 betont, dass die Rückverfolgbarkeit auf Losgrößerebene zwar oft ausreichend ist, jedoch manchmal, auch aus Kostengründen, nicht die optimale Lösung darstellt. Die Nachvollziehbarkeit auf Einzelteilebene bietet im Reklamationsfall die Möglichkeit, die Anzahl der zu prüfenden Aggregate auf ein Minimum zu reduzieren.²³² Des Weiteren ist laut Interviewpartner:in 4 nur so die Sicherheit gegeben, im Falle eines Problems, das richtige Teil aussortieren zu können und sicherzustellen, dass keine Fehlteile mehr im Umlauf sind. Ein Nachteil der Identifikation auf Einzelteilebene kann sein, dass bei der Suche nach einem einzelnen fehlerhaften Teil in einem Gebinde, beispielsweise jedes Teil in diesem Gebinde gescannt werden muss, um das richtige Einzelteil zu finden.²³³

4.3.3 Identifikations- und Prozessmerkmale

Im Laufe der Interviews hat sich herausgestellt, dass es sinnvoll ist, Merkmale für die Identifikation von Teilen in drei Kategorien zu betrachten: Informationen, die vom Lieferanten übergeben werden, Daten, die innerbetrieblich erfasst werden und Parameter, die an den Kunden weitergegeben werden.

Informationen vom Lieferanten

Eine Anlieferung wird mit Hilfe der Lieferscheinnummer identifiziert. In manchen Fällen werden jedoch noch zusätzliche Informationen vom Lieferanten übermittelt. Damit wird die Möglichkeit gegeben, den Bauteil außerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen weiter zurückzuverfolgen, denn bei alleiniger Verwendung einer Lieferscheinnummer geht viel lieferantenseitige Information verloren.²³⁴ Interviewpartner:in 4 beschreibt diese Problematik folgendermaßen: „*Und diese [Fertigungslose des Lieferanten] finde ich nur*

²³⁰ Interview 7, Zeilen 105-114

²³¹ Interview 7, Zeilen 69-70 und Zeilen 115-122

²³² Interview 7, Zeilen 190-196

²³³ Interview 4, Zeilen 190-195

²³⁴ Interview 6, Zeilen 11-14; Interview 4, Zeilen 50-53

*mit der Lieferscheinnummer nicht mehr heraus. Also das System streut sich dann – je weiter ich der Lieferkette rückwärts gehe und desto größer wird mein Unsicherheitsfaktor sozusagen, von der Genauigkeit auf die Fehlerursache oder auf den Prozess, wo der Teil produziert worden ist. Also das geht wie ein Trichter auseinander, je weiter ich zurück schaue, desto größer wird meine Unsicherheit.*²³⁵ Chargen im Wareneingangsbereich sind in der Regel relativ groß. Wenn der Lieferant ein Problem seinerseits meldet, und diese Bauteile nicht mehr verbaut werden dürfen, muss im Zweifelsfall die gesamte Lieferung gesperrt werden. Je mehr Informationen allerdings vom Lieferanten bekanntgegeben und auch intern erfasst werden, desto besser kann die Charge zusätzlich eingegrenzt werden. Folgende Daten werden teilweise vom Lieferanten zur Verfügung gestellt:

- Markierung auf Einzelteilebene mit optischem Code vom Lieferanten: Falls lieferantenseitig 100-Prozent-Prüfungen durchgeführt werden, können diese Messdaten auf einem optischen Code gespeichert werden. Somit wären keine innerbetrieblichen Qualitätsprüfungen im Wareneingang mehr nötig, da die notwendigen Daten ausgelesen werden können. Dieses Vorgehen kommt jedoch erst bei einem Projekt zur Anwendung.²³⁶
- Bei Gussteilen aus Aluminium gravieren Lieferanten den Gieß-Tag in das Bauteil.²³⁷
- Die Kennzeichnung des Teils durch den Lieferanten mit Kennlinien: Dabei handelt es sich um eine bestimmte Anzahl an Rillen, die vom Lieferanten in ein Bauteil gedreht werden. So können einzelne Chargen mit freiem Auge voneinander unterschieden werden. Charge A hat dann beispielsweise eine Kennrille und Charge B zwei usw. und nach einem bestimmten Zyklus beginnt es wieder mit einer Kennrille.²³⁸
- Bei Rohteilen, die aus einem Stahlwerk kommen, wird eine zusätzliche Einteilung in Schmelz-Chargen vorgenommen werden. Zu jeder Charge werden die zugehörigen chemischen Messwerte vom Lieferanten übermittelt. Diese werden in der werkstofftechnischen Wareneingangsprüfung verifiziert und können zur Identifikation des Bauteils verwendet werden. Durch eine chemische Analyse kann das Teil einer Schmelz-Charge zugeordnet werden, indem die Messwerte verglichen werden. Das funktioniert jedoch nur, wenn sich die chemische Zusammensetzung einzelner Chargen ausreichend voneinander unterscheidet.²³⁹

Wenn Gebinde vom Lieferanten sortenrein verpackt sind und nur Teile von einem Produktionstag enthalten, kann eine Sortierung der Charge vorgenommen und Teile ab einem gewissen Stichtag entfernt werden. Der Wunschgedanke wäre laut Interviewpartner:in 4 zu erfahren, wann und wo welche Fertigungsprozesse beim Lieferanten durchgeführt worden sind. Problematisch ist es nur, wenn Daten, die

²³⁵ Interview 4, Zeilen 44-48

²³⁶ Interview 4, Zeilen 209-216

²³⁷ Interview 6, Zeilen 206-209

²³⁸ Interview 6, Zeilen 180-196

²³⁹ Interview 6, Zeilen 137-145

beispielsweise auf einem Label des Gebindes vom Lieferanten vermerkt sind, nicht intern erfasst werden. Sobald Teile dann aus dem Originalgebilde entfernt werden, ist keine Unterscheidung oder Identifikation mehr möglich.²⁴⁰

Charge	Materialkürzel	Lieferant	Lieferantencharge	Anm. WE	Schmelz.	Kennrillen	Materialbeleg	Prüfos Lieferschein	Losmenge konstr. Ändr.
03.1910704	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			1382
03.1903998	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			980
03.1895339	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			980
03.1892642	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			980
03.1886984	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			490
03.1885193	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			490
03.1879125	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			980
03.1876212	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		272465-2KR	LFD.NR. 69	69	2			490
03.1876211	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		T57243-1KR	LFD.NR. 68	68	1			912
03.1874240	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		T57243-1KR	LFD.NR. 68	68	1			490
03.1868876	ZAHNRAD ANTRIEB Z41 VBX LASERSCHWEISZEN		T57243-1KR	LFD.NR. 68	68	1			1470

Abbildung 26: Prüfkarte im ERP-System²⁴¹

Lieferantenseitige Informationen können im ERP-System erfasst werden, in Abbildung 26 ist ersichtlich, wie die Informationen über Schmelz-Chargen und Kennrillen auf einer Prüfkarte vermerkt sind.

Innerbetriebliche Informationen

Die interne Identifikation erfolgt über automatisch generierte Chargennummern inklusive Revisionsstand. Dieser ist im Materialstamm jeder Materialnummer hinterlegt und definiert den Änderungsstand des Materials. Einerseits gibt es einen Material-Revisionsstand, der hochgezogen wird, wenn es beispielsweise eine Änderung im Prozess, einen Lieferantenwechsel oder eine Abweichungserlaubnis für Messtoleranzen gibt. Andererseits gibt es einen Konstruktions-Revisionsstand, der unabhängig vom Material-Revisionsstand ist und erhöht wird, wenn es Änderungen bei der Zeichnung gibt. Also auch wenn einer der beiden Werte sich ändert, beeinflusst das nicht automatisch den Stand des anderen. Vor jeder Chargennummer ist der aktuelle Material-Revisionsstand ersichtlich.²⁴² Zusätzlich ist im Materialstamm die Kritikalität des Bauteils definiert (siehe Abbildung 26). Diese legt fest, wie oft für dieses Bauteil Wareneingangsprüfungen durchgeführt werden müssen. Hierbei wird zwischen der maßlichen und der werkstofftechnischen Kritikalität unterschieden, da diese Überprüfungen unabhängig voneinander durchgeführt werden. Die Bewertung hängt davon ab, wie kritisch das Bauteil für die internen Prozesse ist.²⁴³

Intern werden im Wareneingang sowie in der Fertigung 100-Prozent-Messungen, aber auch Stichproben-Prüfungen durchgeführt. Bei Zweitem wird nur eine kleine Stichprobe der Charge überprüft und wenn diese in Ordnung ist, wird rückgeschlossen, dass die gesamte Charge in Ordnung ist. Mit Stichproben-Messungen können jedoch nur Serienfehler identifiziert werden und Einzelfehler tauchen nur durch Zufall auf. Somit

²⁴⁰ Interview 4, Zeilen 58-67 und Zeilen 183-189; Interview 7, Zeilen 35-48

²⁴¹ Screenshot aus ERP-System

²⁴² Interview 6, Zeilen 30-40

²⁴³ Interview 6, Zeilen 47-60

gelten die Messwerte der Stichprobe automatisch für die ganze Charge.²⁴⁴ Falls bei einem Bauteil keine Einzelteil-Verfolgung durchgeführt wird, können Messwerte auch bei 100-Prozent-Messungen im Nachhinein nicht mehr 1:1 einem Bauteil zugeordnet werden. Dies gelingt nur, wenn ein Einzelteil markiert ist und somit eindeutig identifiziert werden kann. Laut Interviewpartner:in 7 würde das einen Mehrwert für das Unternehmen bringen. So würde im Reklamationsfall die Möglichkeit bestehen, die Messwerte sofort auszulesen und dem Kunden beispielsweise zu beweisen, dass das Produkt bei der internen Qualitätskontrolle noch in Ordnung war.²⁴⁵

Datum:	05/04/2022	Unique ID:	[REDACTED]
Aggregatstyp:	[REDACTED]	Seriennummer:	[REDACTED]
Chargen			
Chargenname	Chargenwert		
Station: M0100 Vormontage			
Gehäuse			
Nadellager	04.	[REDACTED]	[REDACTED]
Sicherungsring	02.	[REDACTED]	[REDACTED]
Kugellager Gehäuse/Deckel	04.	[REDACTED]	[REDACTED]
WDR	07.	[REDACTED]	[REDACTED]
Kugellager	00.	[REDACTED]	[REDACTED]
Datum: 05.04.2022, 13:43:08 Station: [REDACTED]			
Allgemein	Gesamtergebnis OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>
Kamera	Ergebnis Gravur OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>
Entlüfter	Ergebnis OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>
Welle lang	Ergebnis OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>
Welle kurz	Ergebnis OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>
Stellmotor	Ergebnis OK	[REDACTED]	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 27: Auszug aus Prozessdatenblatt²⁴⁶

Beispiele für die Erfassung von Identifikations- und Prozessmerkmalen sind die Laufkarten in der Fertigung und das Prozessdatenblatt in der Montage. Auf der Laufkarte sind alle Arbeitsvorgänge laut Arbeitsplan ersichtlich, die das Teil absolvieren muss. Jeder Vorgang wird nach Absolvierung im System rückgemeldet und auf der Laufkarte nochmals handschriftlich bestätigt. Bei entnahmerelevanten Vorgängen, das sind Vorgänge bei denen Komponenten verbaut werden, erfolgt bei der Rückmeldung der Laufkarte die Buchung des Komponentenverbrauchs. In den meisten Fällen erfolgt dies durch eine sogenannte Retrogradbuchung, was bedeutet, dass der Verbrauch nach dem First in, First out (FIFO)-Prinzip gebucht wird. Dabei handelt es sich um eine Reihenfolge-Strategie, die besagt, dass das was zuerst kommt, auch zuerst abgearbeitet werden muss.²⁴⁷ Also wird davon ausgegangen, dass die Chargennummer einer Komponente an der Linie zuerst vollständig verbraucht wird, bevor eine andere Charge verbaut wird. Die zweite und transparentere Variante ist die Ist-Entnahme. Das bedeutet, dass bei der Rückmeldung die genaue Chargennummer, die verbaut wird, ausgewählt

²⁴⁴ Interview 4, Zeilen 12-17; Interview 6, Zeilen 67-71

²⁴⁵ Interview 7, Zeilen 196-213

²⁴⁶ Auszug aus internem Prozessdatenblatt

²⁴⁷ Vgl. Gudehus, T. (2012), S. 293.

werden muss.²⁴⁸ An der Montagelinie wird für jedes Fertig-Aggregat ein Prozessdatenblatt erstellt. Darauf sind alle wertigen und einflussnehmenden Bauteile inklusive deren Chargennummern, die in das Fertigteil verbaut worden sind, ersichtlich. Im oberen Teil von Abbildung 27 ist ersichtlich, welche Komponenten aus welcher Charge am Montageplatz verbaut worden sind. Des Weiteren sind die Ergebnisse aller Messungen und Qualitätsprüfungen, wie beispielsweise Schweißnaht-Überprüfungen, die an dem Bauteil vorgenommen worden sind, ersichtlich. Die Dokumentation der Qualitätsprüfungen an einer Station ist im unteren Teil von Abbildung 27 nachzuvollziehen. Wenn alle Haken grün sind, bedeutet es, dass die Qualitätsüberprüfungen in Ordnung waren. Die Prozessdatenblätter sind auf dem Leitrechner an der Montagelinie gespeichert.²⁴⁹

Die Erfassung von Standortdaten kann indirekt über das ERP-System erfolgen. Bei Ein- und Auslagerungsvorgängen werden Buchungen im System getätigt und somit ist ersichtlich, an welchem Lagerplatz sich das Teil derzeit befindet.²⁵⁰ Für Standortinformationen während der Fertigung stehen die Laufkartenrückmeldungen zur Verfügung. Wenn alle Teile eines Bodenrollers einen Arbeitsgang absolviert haben, wird dieser Bodenroller für diesen Vorgang im System rückgemeldet. Somit kann anhand der Rückmeldung identifiziert werden, wo der letzte Standort des Bodenrollers war.²⁵¹ An der Montagelinie befinden sich auf bestimmten Montagestationen optische Codes, um den Arbeitsplatz zu identifizieren und durch einen Scan eine Chargennummer einer Station zuzuordnen.²⁵²

Kundenseitige Informationen

Auf Fertigteilen wird die Seriennummer des Bauteils vermerkt. Bei der Markierung mit einem optischen Code wird zusätzlich eine Markierung in Klarschrift vorgenommen. Somit kann sichergestellt werden, dass die Seriennummer des Teils extern identifiziert werden kann, auch wenn keine speziellen Lesegeräte zur Verfügung stehen.²⁵³ Elektrische Komponenten, die mit einer Software bespielt werden, werden mit einem Etikett beklebt, auf dem auf einem optischen Code und in Klarschrift Informationen dazu vermerkt sind. Somit kann der Kunde nachvollziehen, welche Softwareversion etc. auf das Gerät gespielt wurde.²⁵⁴ Jedes Gebinde, welches das Werk verlässt, muss so identifiziert werden können, dass im Reklamationsfall rückgeschlossen werden kann, welche Aggregate darin verpackt waren. Dies gelingt durch die Bildung von Handling Units, die eine externe und interne Identifikationsnummer besitzen. Diese beiden Nummern werden im ERP-System miteinander verknüpft. Mit der internen Nummer kann auf die enthaltenen Aggregate zurückgeschlossen werden.²⁵⁵

²⁴⁸ Interview 7, Zeilen 58-69

²⁴⁹ Interview 3, Zeilen 72-91; Interview 7, Zeilen 158-167

²⁵⁰ Interview 2, Zeilen 47-62;

²⁵¹ Interview 7, Zeilen 58-69

²⁵² Besichtigung Montagelinie 11.08.2022

²⁵³ Interview 3, Zeilen 41-46

²⁵⁴ Interview 3, Zeilen 114-116

²⁵⁵ Interview 2, Zeilen 47-62

In Tabelle 9 ist zusammenfassend ersichtlich, welche Identifikations- und Prozessmerkmale vom Lieferanten zur Verfügung gestellt, innerbetrieblich erfasst oder an den Kunden weitergegeben werden. Des Weiteren wird eine Einteilung in die intern verwendeten Materialarten vorgenommen.

Tabelle 9: Identifikations- und Prozessmerkmale der Materialarten²⁵⁶

	Materialart (intern)	Identifikationsmerkmale	Prozessmerkmale
Lieferant	ROH	Lieferscheinnummer In Einzelfällen: Schmelz-Charge, Kennrillen, Messwerte, Produktionstag	
Intern	ROH, Merkmale betreffen die gesamte Charge	Revisionsstand, Chargennummer, Kritikalität,	Messwerte (Stichproben mit Rückschluss auf gesamte Charge), Materialbewegungen mit Ein- und Auslagerungsvorgängen im ERP-System
	HALB, Merkmale betreffen die gesamte Charge (Laufkarte)	Revisionsstand, Chargennummer, Laufkartennummer, Auftragsnummer	Messwerte (egal ob Stichproben oder 100 %, können nur der Charge zugeordnet werden), Arbeitsvorgänge (Arbeitsplan), Laufkartenrückmeldungen, verbaute Komponenten (lt. FIFO oder Ist-Entnahme verbucht)
	FERT, Merkmale betreffen das Einzelteil	Revisionsstand, interne und externe Seriennummer, Auftragsnummer	verbaute Komponenten (im ERP-System lt. FIFO verbucht, auf Prozessdatenblatt am Leitrechner mit Ist-Entnahme verbucht), Materialbewegungen mit Ein- und Auslagerungsvorgängen im ERP-System
Kunde	FERT, Merkmale betreffen die Handling Unit	externe HU-Nummer, externe Seriennummer der Einzelteile, Softwareversion bei elektronischen Komponenten	

4.3.4 Technische Maßnahmen

Bei Magna Powertrain gibt es zwei Fälle von Bauteilmarkierungen auf Einzelteilebene. Der erste Fall ist, wie im vorherigen Kapitel erwähnt, wenn der Lieferant eine Markierung am Bauteil vornimmt. Auf manchen Rohteilen, wie beispielsweise Aluminium, ist eine Markierung mit dem Gieß-Tag direkt am Bauteil zu finden und es gibt Bauteile mit hineingedrehten Kennrillen. Das Problem, Bauteile vor den Fertigungsprozessen direkt

²⁵⁶ Eigene Darstellung

zu markieren, liegt darin, dass diese Markierung bei Bearbeitungsschritten, wie dem Drehen oder den Wärmebehandlungen, beschädigt und unleserlich werden kann. Daher werden im Bereich der Fertigung keine Kennzeichnungen von Roh- oder Halbfertteilen auf Einzelteilebene vorgenommen.²⁵⁷ Der zweite Fall der Markierung auf Einzelteilebene ist in der Montage zu finden. Hier wird das Fertigteil mit einer Seriennummer gekennzeichnet. Die externe Seriennummer wird immer erst nach dem letzten Arbeitsvorgang in der Montage angebracht. Damit wird zusätzlich sichergestellt, dass nur Bauteile, die bei allen Qualitätsüberprüfungen in Ordnung waren, mit einer Seriennummer markiert sind.²⁵⁸ Laut Interviewpartner:in 3 wird die externe Seriennummer für einen Großteil der gefertigten Aggregate auf ein Etikett gedruckt, das anschließend auf das Fertigteil geklebt wird. Der Nachteil hierbei ist, dass diese im Laufe der Zeit verschwinden und nicht beständig gegenüber Umwelteinflüssen wie beispielsweise Wasser sind. Ein gelasertes oder genadeltes Code bietet hingegen eine deutlich bessere Beständigkeit.²⁵⁹ Bei Projekten, bei denen die Lasergravur zum Einsatz kommt, wird die Seriennummer mit einem Data Matrix-Code auf das Teil graviert. Um die Korrektheit und Lesbarkeit der gelaserten Markierung zu gewährleisten, werden folgende Überprüfungen durchgeführt: Zuerst wird gecheckt, ob der gelaserte Code auch wirklich die richtige Seriennummer enthält. Anschließend wird die Qualität der Markierung überprüft, und sollte diese mangelhaft bzw. der Code daher schlecht lesbar sein, wird die Fläche wieder frei gelasert und ein erneuter Versuch gestartet.²⁶⁰ Die Möglichkeit die Identifikation des Fertigaggregats über den gesamten Lebenszyklus zu gewährleisten, ist mit dem Druck der Seriennummer auf ein Etikett nicht gegeben, sondern nur mit der beständigen Lasermarkierung. Nachteile sind jedoch, der bedeutend höhere Installationsaufwand und die Sicherheitsanforderungen der Laseranlage im Vergleich zu jenen eines Etikettendruckers.

Die Datenerfassung im Rahmen der Rückverfolgbarkeit erfolgt hauptsächlich halbautomatisch, über den Scan eines Zettels. Das können unter anderem ein Wareneingangsschein, eine Prüfziehanweisung oder eine Laufkarte sein. Darauf befinden sich Barcodes, die, wenn die Information im Prozess benötigt wird, gescannt werden können und somit beispielsweise Chargennummern bei der Laufkartenrückmeldung dem Arbeitsvorgang zugeordnet werden können. Ein Beispiel für die automatische Identifikation ist an der Montagelinie zu finden. Hier wird an der betrachteten Station ein Etikett mit einer internen Seriennummer am Gehäuse angebracht. Somit kann das Teil über alle Montageschritte automatisch rückverfolgt werden, indem bei jedem Bearbeitungsschritt das Teil an der Station durch einen Scan an- und abgemeldet wird. Hierfür befindet sich ein Bilderfassungsgerät in der Anlage, das den Data Matrix-Code auf dem Gehäuse einliest. Da dieser Code immer an derselben Stelle ist, kann die Position des Lesegeräts genau festgelegt werden und ist fest in die Anlage verbaut. Wenn das Teil in die Anlage einfährt, wird gescannt und wenn der Bearbeitungsvorgang vorbei ist und das Teil zur nächsten Montagestation auf der

²⁵⁷ Interview 6, Zeilen 180-185

²⁵⁸ Interview 6, Zeilen 19-21; Interview 3, Zeilen 57-63

²⁵⁹ Interview 3, Zeilen 52-56

²⁶⁰ Interview 3, Zeilen 157-162

Linie weiterfährt, wird nochmals ein Scanvorgang durchgeführt. So kann nachvollzogen werden, wie lange das Teil auf der Anlage war.²⁶¹

4.3.5 Prozesstechnische Maßnahmen

Da Einzelteile im Bereich der Fertigung nicht markiert sind und nur Chargen als Ganzes identifiziert werden können, sind die Anforderungen an den Prozess besonders hoch. In einem Gebinde sehen alle Teile gleich aus und mit dem freien Auge sind keine Unterschiede erkennbar.²⁶² Hier kann nur mehr eine Unterscheidung getroffen werden, falls bei einem Teil ein offensichtlicher Fehler erkennbar ist, oder es eine werkstofftechnische Analyse durchgeführt wird, um Teile nach ihren chemischen Eigenschaften zu trennen.²⁶³ Falls vom Prozess abgewichen wird, Beschriftungen der Gebinde herunterfallen oder etwas verwechselt wird, gibt es kaum mehr eine Möglichkeit zu sagen um welche Charge es sich handelt.

Bestimmte Prozesse, die die Rückverfolgbarkeit gewährleisten, verlassen sich bei Magna Powertrain darauf, dass das FIFO-Prinzip eingehalten wird. Dieses wird beispielsweise im Fall der Schmelz-Chargen verletzt. Eine neue Schmelz-Charge darf erst verwendet werden, wenn alle Teile der alten aufgebraucht sind. Nur dadurch kann eine Vermischung vermieden werden. Jedoch kann ein Teil das später geliefert wird, noch Bestandteil einer älteren Schmelz-Charge sein.²⁶⁴ Ein Sonderfall, der den Prozess der Rückverfolgbarkeit erschwert, sind Lohnbeisteller-Teile. Dabei handelt es sich um Bauteile, die für einzelne Bearbeitungsschritte zu externen Lieferanten gesendet werden. Wenn sie nach der Bearbeitung zurückkommen, erhalten sie wiederum eine neue Chargennummer.²⁶⁵ Auch hierbei wird davon ausgegangen, dass das FIFO-Prinzip eingehalten wird und darauf vertraut, die Chargen in der gleichen Reihenfolge zurückgesendet zu bekommen, wie sie zur Bearbeitung versendet wurden. Jedoch gibt es keine Möglichkeit zur Identifikation, ob es sich immer noch um die gleiche Charge handelt. Auch die zuvor beschriebene Retrogradbuchung nimmt an, dass nach dem FIFO-Prinzip gearbeitet wird. Bei der entnahmerelevanten Laufkartenrückmeldung sowie auch an der Montagelinie werden die verbauten Komponenten im ERP-System verbucht. Dies passiert in den meisten Fällen mit der Retrogradbuchung, die davon ausgeht, dass immer eine Charge einer Komponente vollständig aufzubauchen, bevor eine andere Charge dieser Komponente verbraucht wird.

Für die Steuerung der Fertigungsaufträge mittels Laufkarten werden Rohteile auf Bodenroller kommissioniert.²⁶⁶ Nun kann passieren, dass die Losgröße der Anlieferung nicht mit der Hausfertigungslosgröße übereinstimmt. Daher kann es immer wieder vorkommen, dass sich zwei unterschiedliche Chargen auf einem Bodenroller befinden. Diese sind mit dem freien Auge auf den Bodenroller nicht mehr voneinander unterscheidbar und können somit leicht vermischt werden. Wenn die Mischung der

²⁶¹ Interview 3, Zeilen 14-20; Besichtigung Montagelinie 11.08.2022

²⁶² Interview 5, Zeilen 87-88

²⁶³ Interview 7, Zeilen 148-151; Interview 6, Zeilen 140-145

²⁶⁴ Interview 6, Zeilen 147-152

²⁶⁵ Interview 6, Zeilen 165-167

²⁶⁶ Interview 5, Zeilen 80-82

Chargen auf einem Bodenroller nicht zulässig wäre, würden jedoch manchmal nur Teilmengen auf den Bodenrollern unterwegs sein, was nicht effizient ist. Teile mit werkstofftechnischen Eigenschaften, die für die Fertigung relevant sind, dürfen jedoch nicht vermischt werden. Das gilt beispielsweise für Schmelz-Chargen.²⁶⁷

4.3.6 Maßnahmen bezüglich Mitarbeitende und Organisation

Historisch bedingt war die Kernkompetenz des Standorts Lannach die Fertigung und die des Standorts Ilz die Montage. Dies ist jedoch aktuell nicht mehr der Fall und es gibt an beiden Standorten Fertigungs- und Montagelinien. Trotzdem bestehen immer noch Prozesse für gleiche Vorgänge, die an beiden Standorten unterschiedlich sind. Daher gibt es laut Interviewpartner:in 2 derzeit Initiativen, um beispielsweise im Versand Prozesse weitgehend zu standardisieren, damit auch Prozesse für die Rückverfolgbarkeit einheitlich verfolgt werden können.²⁶⁸

Für die Gewährleistung, dass Prozesse eingehalten werden, gibt es Richtlinien und Dokumentationen. Des Weiteren gibt es systemseitige Einstellungen für die Vermeidung von Mitarbeiterfehlern im Rückverfolgbarkeitsprozess. Wenn beispielsweise Material verwendet werden soll, welches systemseitig aus Qualitätsgründen gesperrt ist, bekommt der Staplerfahrer beim Scan des Barcodes eine Fehlermeldung. Oder wenn ein Arbeitsvorgang nach Absolvierung nicht rückgemeldet worden ist, kann beim nächsten Vorgang keine Laufkarten-Rückmeldung im ERP-System gemacht werden. So kann die Einhaltung bestimmter Prozesse gewährleistet werden. Das bedeutet, falls Prozesse nicht systemseitig unterstützt werden, kann es passieren, dass Geschäftsprozesse nicht vollständig eingehalten werden. Beispielsweise, wenn Identifikationsnummern nicht gescannt, sondern mit freiem Auge gelesen werden müssen, kann es durch Zahlendreher zur Verwechslung von Chargen kommen.²⁶⁹

4.3.7 Ökonomische Maßnahmen

Interviewpartner:in 1 betont: „Aber aus Kosten- und auch aus Umsetzungsgründen kann man nicht immer jedes einzelne Teil verfolgen.“²⁷⁰ Auch laut Interviewpartner:in 4, handelt es sich bei der Rückverfolgbarkeit um eine Kosten-Nutzen-Frage: „Weil es hilft nichts, wenn ich eine absolute und saubere Rückverfolgbarkeit habe, wenn ich sie nicht nutzen muss bzw. nicht brauche.“²⁷¹ Interviewpartner:in 7 beschreibt jedoch, dass es manchmal aus Kostengründen durchaus Sinn machen würde, die Rückverfolgbarkeit auf Einzelteilebene gewährleisten zu können. Je grober die Rückverfolgbarkeit ist, desto mehr Prüfaufwand entsteht im Reklamationsfall.²⁷² Je größer die Losgrößen sind, die rückverfolgt werden und umso weniger Vorinformation vom Lieferanten zur Verfügung steht, desto höher ist der Unsicherheitsfaktor. Dadurch reicht es, im Falle eines

²⁶⁷ Interview 7, Zeilen 135-157; Interview 6, Zeilen 137-145

²⁶⁸ Interview 2, Zeilen 14-21

²⁶⁹ Interview 2, Zeilen 138-154; Interview 7, Zeilen 96-104

²⁷⁰ Interview 1, Zeilen 52-53

²⁷¹ Interview 4, Zeilen 193-194

²⁷² Interview 7, Zeilen 190-196

Qualitätsproblems in der Fertigung oder Montage, nicht nur eine spezifische Charge herauszunehmen, sondern es werden laut Interviewpartner:in 4 oft noch ein paar tausend Teile mehr ausgeschlossen, um wirklich sicherzugehen, dass keine Fehlteile mehr im Umlauf sind. Bis der Lieferant neues Material schicken kann, vergeht zu viel Zeit. Daher gibt es einen externen Dienstleister, der kleine Messungen durchführt, um solche ausgeschiedenen Chargen auf Einzelteilebene zu überprüfen, um Gutteile wieder in den Prozess rückführen zu können. Dadurch werden Mehrkosten verursacht.²⁷³

4.3.8 Maßnahmen bezüglich Daten und Software

Das ERP-System stellt derzeit das Hauptsystem für die Rückverfolgbarkeit dar. Dort werden die wichtigen Daten zusammengeführt.²⁷⁴ Es gibt diverse speziell programmierte Tabellen, die beispielsweise zeigen welche Chargen zu welchen Laufkarten gehören oder welche Aggregate mit welchem Lieferschein verschickt wurden und welcher Handling-Unit zugeordnet sind.²⁷⁵ Des Weiteren gibt es an den einzelnen Fertigungs- und Montagelinien Leitrechner, die jedoch isoliert voneinander arbeiten, also nicht miteinander oder direkt mit dem ERP-System kommunizieren. Das bedeutet, dass die Daten an den Linien dezentral gespeichert sind und nicht zentral verwendet werden können. Ein Beispiel hierfür ist die Retrogradbuchung an der Montagelinie. An der modernsten Montagelinie im Werk Lannach werden die Chargennummern aller Komponenten, die in ein Aggregat verbaut werden, erfasst und sind am Prozessdatenblatt ersichtlich, welches am Leitrechner abgelegt ist. Nach Fertigstellung des Fertigteils wird im ERP-System die Wareneingangsbuchung für das Aggregat angestoßen und die verwendeten Komponenten werden verbucht. Dazu werden jedoch nicht die gescannten Chargennummern laut Prozessdatenblatt herangezogen, sondern das System führt eine Retrogradbuchung im ERP-System laut FIFO-Verfahren durch. Das bedeutet die Chargennummer wird laut FIFO-Verfahren ausgewählt, unabhängig davon, was wirklich verbaut worden ist.

Interviewpartner:in 4 betont die Bedeutung Daten auch wirklich zu erfassen: „*Weil wenn ich nur einen Datenfriedhof habe und keiner schaut dort rein und man hat keinen Nutzen daraus, dann ist es nice-to-have, aber da verbrenne ich viel Geld für nichts.*“²⁷⁶ Denn ein optischer Code, der sich direkt auf dem Teil befindet, bietet keinen Mehrwert, wenn er nicht eingelesen wird. Dies gilt vor allem für Codes oder Markierungen des Lieferanten – nur wenn diese entsprechend erfasst werden, können diese Informationen auch im internen Prozess genutzt werden.²⁷⁷ Die innerbetrieblich erfassten Rückverfolgbarkeitsdaten werden in keinem Bereich gezielt ausgewertet oder genutzt. Die Daten dienen lediglich zur Prozesssteuerung und zum „Nachschauen“ im Problemfall.²⁷⁸

²⁷³ Interview 4, Zeilen 118-233

²⁷⁴ Interview 6, Zeilen 153-154; Interview 7, Zeilen 8-10

²⁷⁵ Interview 7, Zeilen 76-80; Interview 2, Zeilen 47-62

²⁷⁶ Interview 4, Zeilen 296-297

²⁷⁷ Interview 4, Zeilen 273-288

²⁷⁸ Interview 4, Zeilen 159-171

Bezogen auf die Systemarchitektur sind eine Ebene zur Datenerfassung und eine Ebene zum Speichern dieser Daten verfügbar. Der erste Schritt der Datenerfassung ist die Wareneingangsbuchung, wenn das Rohmaterial angeliefert wird. Im weiteren Prozessfluss erfolgt das Erfassen der Daten grundsätzlich über den Scan von optischen Codes auf Papier, das die Ware begleitet. Dabei kann es sich um eine Laufkarte, einen Wareneingangsschein oder ähnliches handeln. Die erfassten Daten sind somit einerseits auf den Leitrechnern und andererseits im ERP-System verfügbar. Die Speicherung der Daten erfolgt zusätzlich im Archiv des ERP-Systems und in diversen Datenbanken. Jedoch steht keine Ebene zur Analyse oder Visualisierung der Daten zur Verfügung. Daher ist es im Falle einer Reklamation keine leichte Aufgabe, alle benötigten Informationen zu finden. Die Zusammenhänge zwischen Fertigungsaufträgen, Chargennummern und Laufkarten können zwar im ERP-System gefunden werden, jedoch gibt es hierfür keine Übersicht, auf der alle Stücklisten-Hierarchien betrachtet werden können. Wenn es beispielsweise ein Problem mit einem Fertigteile gibt, das eine Stückliste mit vielen Ebenen und vielen Komponenten besitzt, kann immer nur eine Ebene nach der anderen in einer Tabelle des ERP-Systems aufgerufen werden, was einen sehr großen Zeitaufwand bedeutet. Für Detailinformationen über Messwerte oder das Prozessdatenblatt muss zusätzlich aus anderen Systemen wie dem Leitrechner, der werkstofftechnischen Datenbank oder auf einem Server gesucht werden. Dies führt im weiteren Schritt dazu, dass eine Einzelperson gar nicht in der Lage ist, die Rückverfolgung durchzuführen. Dazu müsste diese Person Zugang und Kenntnisse zu allen involvierten Systemen haben.²⁷⁹

4.3.9 Darstellung Gesamtprozess

Der Gesamtprozess wurde mit Hilfe eines BPMN-Modells visualisiert. Dabei handelt es sich um eine Sprache zur Prozessmodellierung und eignet sich zur Darstellung von Geschäftsprozessen.²⁸⁰ Die Prozesse wurden nach Materialart getrennt, da es sich im Wareneingang und der Einlagerung um ein Gebinde an Rohteilen, in der Fertigung um einen Bodenroller mit Halbteilen und an der Montagelinie und im Versand um ein Fertigteile handelt. Die Visualisierung soll zu einem besseren Verständnis für den Prozess beitragen und eine gesamtheitliche Perspektive ermöglichen.

²⁷⁹ Interview 2, Zeilen 91-96; Interview 6; Zeilen 112-127; Interview 7, Zeilen 47-49

²⁸⁰ Vgl. Fleischmann, A. et al. (2018), S. 92f.

Interne Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers

In Abbildung 28 ist der Prozess für ein Gebinde mit Rohteilen, angefangen vom Wareneingang bis zur Freigabe für die Verwendung in der Fertigung oder Montage, ersichtlich. Die Chargennummer wird zu Beginn im Rahmen der Wareneingangsbuchung vergeben.

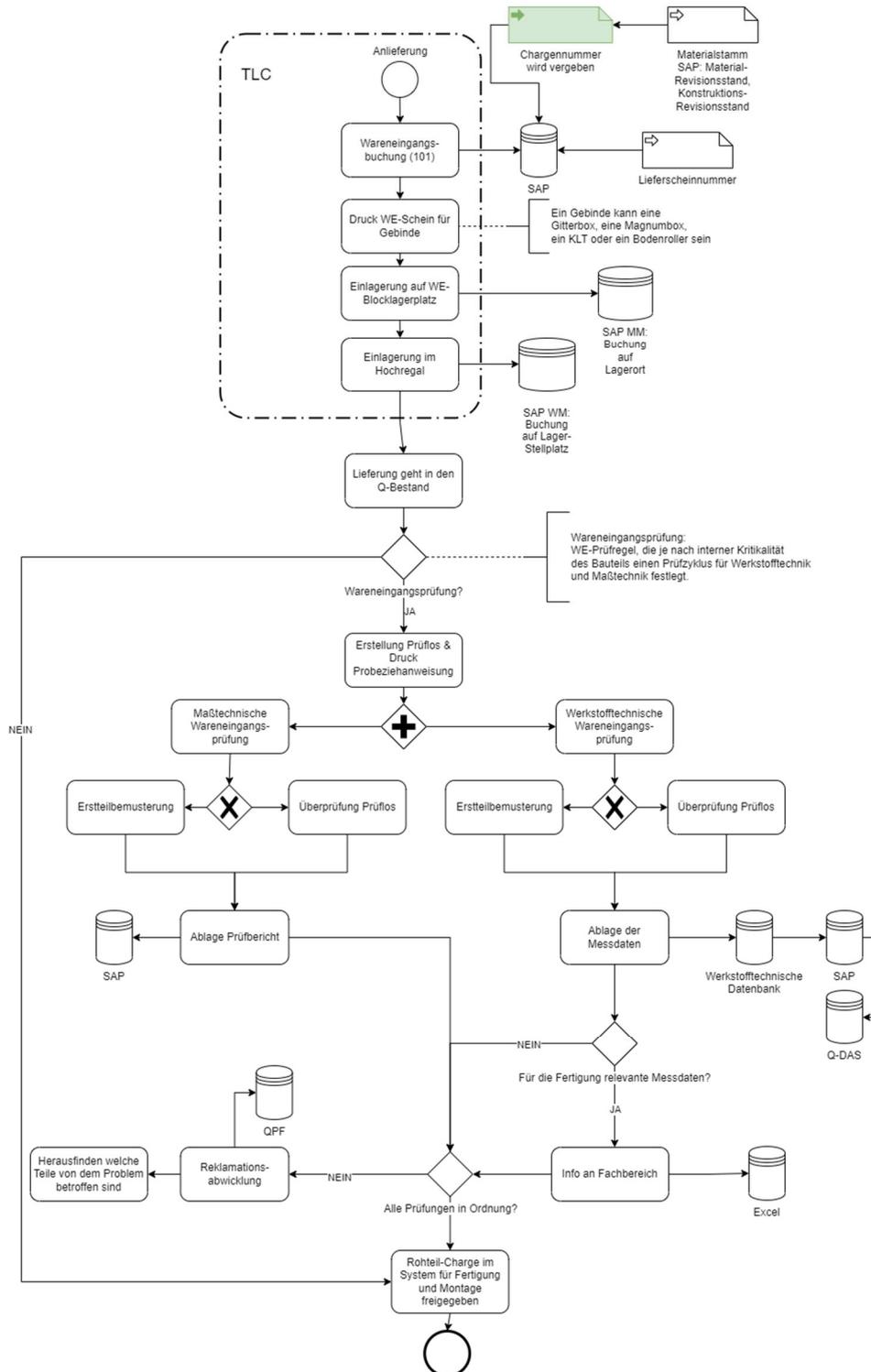


Abbildung 28: Rückverfolgbarkeitsprozess für ein Gebinde mit Rohteilen²⁸¹

²⁸¹ Eigene Darstellung

Interne Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers

In Abbildung 29 ist der Prozess für die Rückverfolgbarkeit eines Bodenrollers in der Fertigung ersichtlich. Die Chargennummer des Halbschalters wird nach Fertigstellung des Teils vergeben, wenn der Wareneingang im ERP-System gebucht wird.

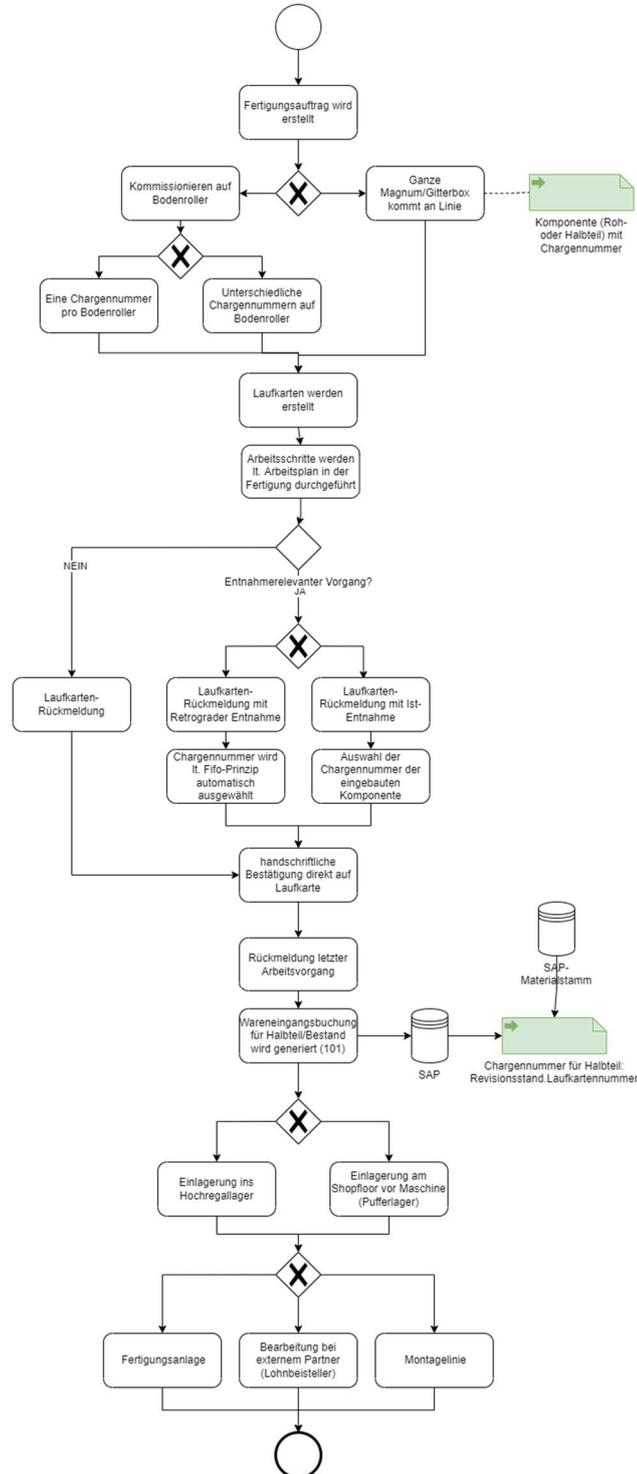


Abbildung 29: Rückverfolgbarkeitsprozess für einen Bodenroller mit Halbschaltern²⁸²

²⁸² Eigene Darstellung

Interne Rückverfolgbarkeit am Beispiel eines Automobilzulieferers

Der Montageprozess in Abbildung 30 wurde beispielhaft an der modernsten Montagelinie im Werk Lannach aufgenommen, da dieser als Benchmark für das gesamte Unternehmen gelten soll. Es ist der Prozess für die Montage eines Fertigteils, sowie der anschließende Prozess im Versand, bis zur Abholung der Ware, ersichtlich.

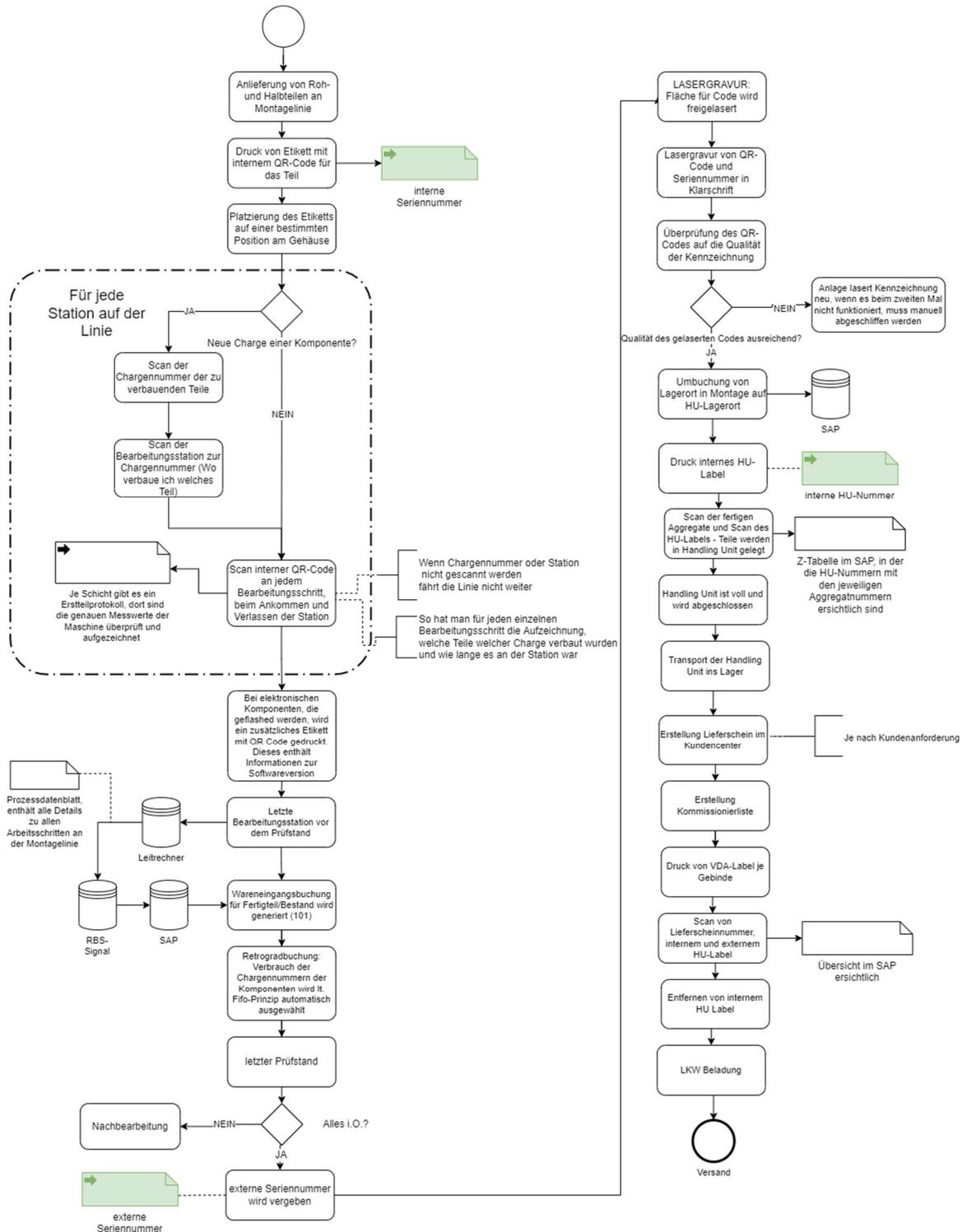


Abbildung 30: Rückverfolgbarkeitsprozess für ein Fertigteil²⁸³

²⁸³ Eigene Darstellung

4.4 Handlungsempfehlungen

Nachdem der Ist-Prozess der internen Rückverfolgbarkeit bei dem Automobilzulieferer Magna Powertrain analysiert und visualisiert wurde, können im folgenden Kapitel Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, um die Ziellücke für die Erreichung der lückenlosen Rückverfolgbarkeit zu schließen.

4.4.1 Traceable Resource Unit

Die interne Rückverfolgbarkeit funktioniert fast ausschließlich auf Ebene der Chargen. Diese können vor allem im Wareneingangsbereich bei Rohteilen relativ groß ausfallen, wodurch im Falle eines Problems schnell eine sehr hohe Anzahl an Teilen betroffen ist. Hierbei bietet sich an, in Anlehnung an die Bewertung der Kritikalität bei der maßtechnischen und werkstofftechnischen Wareneingangsprüfung eine Bewertung von allen Rohteilen vorzunehmen und eine maximale Größe der TRU zu definieren. Eine weitere Möglichkeit zur Klassifizierung der Rohteile ist die ABC-Analyse, um zu bestimmen welche Teile es wert sind auf einem genauen Level rückverfolgt zu werden.²⁸⁴ Das bedeutet, dass die Chargengröße im Wareneingang bei besonders kritischen Bauteilen verkleinert werden sollte. Dafür ist jedoch zusätzlich notwendig, diese einzelnen Chargen voneinander unterscheiden zu können. Zum Beispiel falls Informationen vom Lieferanten über Produktionslosgrößen verfügbar sind, können die Chargen im Wareneingang auf eine Losgröße des Lieferanten angepasst werden anstatt mehrere Lieferantenchargen intern als eine Chargennummer zu identifizieren.

4.4.2 Identifikations- und Prozessmerkmale

Die organisatorischen Schnittstellen (siehe Kapitel 2.2.8) zu den Lieferanten und Kunden stellen einen kritischen Faktor bezüglich der Rückverfolgbarkeit dar und sind bei der internen Rückverfolgbarkeit gleichermaßen wichtig wie in der Lieferkette. Alle Informationen und Daten, die ein Lieferant übermittelt und übermitteln kann, müssen erfasst sowie in den internen Prozess eingebunden werden. Dies erleichtert nicht nur die Rückverfolgbarkeit außerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen, sondern kann auch zur Optimierung der internen Prozesse beitragen, indem beispielsweise auf Qualitätsprüfungen verzichtet werden kann. Daher sollte überprüft werden, welche Daten bereits vom Lieferanten zur Verfügung gestellt und derzeit noch nicht erfasst bzw. genutzt werden. Zusätzlich kann aktiv das Gespräch mit den Lieferanten gesucht werden, welche Möglichkeiten es zur Bekanntgabe von Identifikations- und Prozessmerkmalen gibt. Dasselbe gilt für die Weitergabe von Informationen aus den internen Fertigungsprozessen an den Kunden. Hierbei soll hinterfragt werden, ob die Weitergabe von beispielsweise internen Messdaten einen Vorteil fürs Unternehmen bringen könnte. Wenn diese Potentiale des Informationsaustauschs nicht genutzt werden, wird ein Zustand geschaffen, in dem einzelne Akteure in der Supply Chain eine Vielfalt an Daten erfassen, diese jedoch im Wareneingang der nachgelagerten Stufe

²⁸⁴ Vgl. Zsifkovits, H. E. (2013), S. 186.

nicht mehr verfügbar sind, und Daten über das Teil wieder neu erstellt werden müssen. Das Ziel sollte jedoch sein, wie in Kapitel 2.1.9 beschrieben, bei Rückverfolgbarkeit keine Insellösungen zu schaffen, sondern eine Zusammenarbeit über die gesamte Lieferkette zu gewährleisten. Dies gelingt jedoch nur, wenn alle Beteiligten im Materialfluss bereit sind, Informationen zu teilen.

4.4.3 Technisch

Um die lückenlose Rückverfolgbarkeit gewährleisten zu können, muss die Eindeutigkeit der Identifikation von Chargen oder Teilen bereits am Anfang des Prozesses sichergestellt werden. Wenn die Markierung auf Einzelteilebene erst beim letzten Prozessschritt in der Montage durchgeführt wird, hat dies wenig Mehrwert für die innerbetriebliche Rückverfolgbarkeit. Der erste kritische Prozessschritt ist, wenn die Teile aus dem ursprünglichen Gebinde der Anlieferung entfernt und auf die Bodenroller für die Fertigung kommissioniert werden. Da keine Einzelteilmarkierung vorhanden ist, besteht ab diesem Moment das Risiko, Teile zu verwechseln, da mit dem freien Auge keine Unterscheidung von unterschiedlichen Anlieferungen oder Chargen mehr vorgenommen werden kann. Die einzelnen Bodenroller können nur mit Hilfe von losen Papierzetteln identifiziert werden, die jederzeit vertauscht oder verloren gehen können. Hierbei bietet sich der Einsatz der RFID-Technologie (siehe Kapitel 2.2.6) zur automatischen Identifikation der Bodenroller an, wenn die Markierung auf Einzelteilebene nicht möglich ist. Somit könnte das Risiko des Vertauschens der Laufkarten von Bodenrollern minimiert werden.

Für die Identifikation von Einzelteilen gibt es folgende Möglichkeiten. Die Markierung mit einem Data Matrix-Code ist optimal für die Identifikation von Teilen in der Montage, jedoch ist weder eine direkte Gravur noch ein bedrucktes Etikett für die Rückverfolgbarkeit in der Fertigung geeignet. Durch die Vielfalt an unterschiedlichen Bearbeitungsschritten ist es schwierig, die richtige Position für eine Markierung zu finden bzw. einen geeigneten Prozessschritt zu identifizieren, ab wann die Gravur nicht mehr beschädigt werden kann. Des Weiteren wird immer eine Menge von durchschnittlich 60 Teilen gleichzeitig mit einem Bodenroller durch die Fertigung gesteuert. Eine Markierung des Einzelteils, die erfordert, dass jedes Teil für die Erfassung einzeln eingelesen werden muss, würde hier auf einen enormen Aufwand für das Einlesen an jedem Prozessschritt hinauslaufen. Daher bietet die RFID-Technologie im Bereich der Fertigung mehr Vorteile. Es gibt unterschiedliche Varianten von RFID-Tags, die durch bestimmte Schutzvorrichtungen von Umwelteinflüssen geschützt werden können, womit der Einsatz trotz Wärmebehandlungen möglich ist. Des Weiteren ist es technisch möglich, den RFID-Tag direkt in das Teil zu verbauen, beispielweise durch spezielle Schrauben²⁸⁵, die den RFID-Chip enthalten bzw. bei Gussteilen der Guss eines RFID-Tags direkt in das Bauteil.²⁸⁶ Ein weiterer Vorteil dieser Technologie ist, wie in Kapitel 2.2.6 beschrieben, die automatische Identifikation von mehreren Bauteilen gleichzeitig. Das bedeutet, es muss nicht jedes einzelne Teil gesondert erfasst werden, sondern

²⁸⁵ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016).

²⁸⁶ Vgl. Pille, C.; Rahn, T. (2017).

wenn ein Bodenroller durch ein Portal fährt, ist die Identifikation von allen Teilen gleichzeitig möglich. Für diesen Anwendungsfall sind keine großen Reichweiten notwendig, wodurch sich die Anwendung eines niedrigfrequenten, passiven RFID-Transponders anbietet. So kann eine Kombination geschaffen werden, Einzelteile in der Fertigung mittels RFID-Technologie und ab der Montage sowie auch extern, so wie gehabt, mit Data Matrix-Codes rückzuverfolgen. Die RFID-Chips können dann in der Montage entfernt und wieder in den Fertigungsprozess zur Wiederverwendung zurückgeführt werden.²⁸⁷ Die RFID-Technologie bietet somit die Möglichkeit, viele Teile, die gemeinsam viele komplexe Prozessschritte durchlaufen, automatisch zu identifizieren und somit den innerbetrieblichen Rückverfolgbarkeitsprozess im Bereich der Fertigung zu optimieren. Der Data Matrix-Code, sollte an allen Montagelinien mittels Laser direkt auf das Teil graviert werden, da die Lasergravur deutlich beständiger, als der Druck auf Etiketten ist. Somit kann die Rückverfolgbarkeit bis zum Ende des Lebenszyklus des Teils gewährleistet werden. Dabei sollte der Prozess der Lasergravur, wie an der Montagelinie aus Abbildung 30, als Benchmark herangezogen werden.

Wie in Tabelle 5 des Anforderungskatalogs beschrieben wird, empfiehlt die Literatur eine neue Kennzeichnungsmethode vor der Einführung ausreichend im realen Betrieb zu testen. Die Lasergravur wird bereits eingesetzt und muss daher nicht mehr getestet werden. Wenn die RFID-Technologie zum Einsatz kommen soll, ist es jedoch wichtig unterschiedliche Arten von RFID-Tags zu testen, um zu erkennen, welche Variante am besten für die innerbetrieblichen Anforderungen geeignet ist. Des Weiteren muss ein passender RFID-Transponder ausgewählt werden, der für den Einsatz auf metallischen Oberflächen geeignet ist, ohne die Lesereichweite negativ zu beeinflussen.²⁸⁸

4.4.4 Prozess

Vor der Anpassung oder Änderung der Geschäftsprozesse ist es notwendig, den Gesamtprozess, wie in Kapitel 4.3.9, darzustellen. Dies unterstützt dabei, Zusammenhänge und Schnittstellen zu erkennen und somit die gesamtheitliche Betrachtung des Rückverfolgbarkeitssystems zu gewährleisten.

Eine Herausforderung bei der Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems bei Magna Powertrain sind die prozessualen Unterschiede in der Fertigung und Montage. Daher sollten diese beiden Bereiche, wie schon im vorherigen Kapitel, getrennt betrachtet werden. In Bezug auf Rückverfolgbarkeit sind Montageprozesse deutlich leichter handzuhaben als Fertigungsprozesse, was vor allem an der geringeren Prozesskomplexität liegt. Die Anzahl der Arbeitsschritte, die ein Bauteil durchlaufen muss, bis es vom Wareneingang bei der Montagelinie ankommt, ist sehr hoch. Die Bearbeitungszeit in der Fertigung beträgt mehrere Tage, während ein Aggregat in der Regel nur wenige Minuten zur Fertigstellung an der Montagelinie benötigt. Das liegt daran, dass die Arbeitspläne im Fertigungsbereich viel komplexer sind und mit deutlich mehr Transportwegen und Wartezeiten gerechnet werden muss. Auf der anderen Seite ist die Bauteilkomplexität im Bereich der Montage deutlich höher. Die Stücklisten im

²⁸⁷ Vgl. Segura Velandia, D. M. et al. (2016).

²⁸⁸ Vgl. Leng Ng, M. et al. (2008), S. 258; Vgl. Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015), S. 160.

Fertigungsbereich sind in der Regel deutlich kürzer als für die Montagelinien. Im Wareneingangsbereich gibt es keine Stücklisten und auch keine Arbeitspläne, daher ist in diesem Bereich die Bauteil- sowie die Prozesskomplexität gering. Dieser zweidimensionale Zusammenhang ist in Abbildung 31 grafisch dargestellt. Daher muss aus prozesstechnischer Sicht folgendes sichergestellt werden. Einerseits ist es wichtig die Rückverfolgbarkeit in der Fertigung zu optimieren. In der Montage ist bereits eine gute Nachvollziehbarkeit gewährleistet, dies bringt jedoch nur einen wirklichen Mehrwert, wenn auch die vorgelagerten Prozesse sauber dokumentiert wurden. Andererseits müssen die unterschiedlichen Anforderungen in der Fertigung und Montage bei der Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems beachtet werden. Methoden zur Kennzeichnung und Datenerfassung, die in der Montage gut einsetzbar sind, können den Herausforderungen in der Fertigung nicht immer gerecht werden.

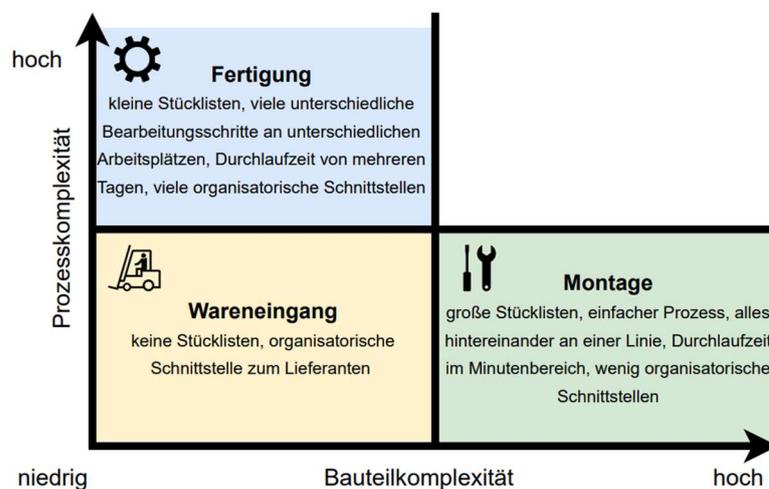


Abbildung 31: Unterschiede einzelner Bereiche im Materialfluss²⁸⁹

4.4.5 Mitarbeitende und Organisation

Für die erfolgreiche Umsetzung lückenloser Rückverfolgbarkeit muss ein Bewusstsein für den Nutzen geschaffen und alle Abteilungen entlang der Wertschöpfungskette in den Prozess eingebunden werden. Die allgemeine Sichtweise auf das Thema Rückverfolgbarkeit beschränkt sich beim Großteil der Interviewpartner:innen auf das Thema Qualität und Reklamationen. Das Bewusstsein dafür, dass ein gutes Rückverfolgbarkeitssystem einem Unternehmen durch die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten in der Produktion noch mehr bieten kann, ist besonders wichtig. Wie in Kapitel 2.1.8 beschrieben, sollte bei der Einführung von neuen (vor allem digitalisierten) Prozessen, ein fundiertes Verständnis für den Nutzen bei allen Mitarbeitenden geschaffen werden. Dies gelingt unter anderem mit einem starken Führungsteam, welches ihrem Team ein zielgruppengerechtes Bild des Outputs vermittelt, welches für alle erstrebenswert ist. Durch die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten und die daraus

²⁸⁹ Eigene Darstellung

gewonnene Transparenz werden Informationen geboten, die Mitarbeiter:innen dabei unterstützen Entscheidungen zu treffen und dazu beitragen komplexe Prozesse leichter verstehen zu können. Des Weiteren wird mehr Flexibilität bei der Planung und Steuerung von Produktionsprozessen geboten, wodurch schneller auf Probleme in der Fertigung reagiert werden kann. Der Aufwand für die Sensibilisierung von Mitarbeitenden auf neue Geschäftsprozesse sollte nicht unterschätzt werden. Des Weiteren muss je nach Technologie und Software, die im Rahmen der Rückverfolgbarkeit eingesetzt wird, die benötigte Fachkompetenz im Unternehmen mit Hilfe von Weiterbildungen oder Neueinstellungen sichergestellt werden.

4.4.6 Ökonomisch

Die Kosten-Nutzen-Frage ist ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, erhöhen sich mit steigendem Detaillierungsgrad der Rückverfolgbarkeit auch die Kosten für Kennzeichnungen auf Einzelteilen, Lesegeräte und Systeme. Daher muss genau überlegt werden welche Teile wie markiert werden sollen. Wie auch bereits in Kapitel 4.4.1 erwähnt, sollte hierfür ein Schma zur Bewertung der Kritikalität festgelegt werden. Im Bereich der Wareneingangsqualität wird diese Entscheidung basierend darauf getroffen, wie kritisch die Bauteile für interne Prozesse sind. Dies sollte um die Betrachtungsweise erweitert werden, wie kritisch ein Versagen eines Bauteils beim Kunden sein kann. Basierend darauf kann eine Entscheidung getroffen werden, für welche Halbeile in der Fertigung die Rückverfolgbarkeit auf Einzelteileebene geben sein soll. Auf der Seite des Nutzens sollte bei der Bewertung nicht nur die Ersparnis im Falle eines Rückrufs oder eines Qualitätsproblems stehen. Das ist zwar ein sehr wichtiger Faktor, jedoch nicht der einzige. Wie im Anforderungskatalog in Tabelle 6 beschrieben, sollen auch die Erhöhung der Produktivität und der Nachhaltigkeit betrachtet werden. Zusätzlich muss der Mehrwert, der durch die aktive Nutzung von generierten Daten durch Datenanalytik für die Optimierung und Steuerung von Prozessen geschaffen wird, berücksichtigt werden. Hierzu müssen KPIs definiert werden, um den Nutzen eines Rückverfolgbarkeitssystems transparent darstellen zu können. Bei der Erstellung eines Kennzahlensystems bietet sich der Einsatz der Balanced Scorecard an, da diese nicht nur finanzielle, sondern auch nicht-finanzielle Aspekte, wie den Prozess, das Potential von Mitarbeitenden und den Kunden, betrachtet. Dabei handelt es sich um ein Hilfsmittel strategische Ziele mit Messwerten und Maßnahmen umzusetzen und somit ein Verständnis für die Umsetzung der Strategie zu schaffen. Neben den Kennzahlen können Ursache- und Wirkungsbeziehungen definiert werden, wodurch die Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Messgrößen ermöglicht wird. Somit kann die Umsetzung einer digitalen Strategie laufend reflektiert und verbessert werden.²⁹⁰

²⁹⁰ Vgl. Gerberich, C. W. et al. (2006), S. 40ff.

4.4.7 Daten und Software

Derzeit ist die Anforderung an die Speicherkapazität einer Kennzeichnung sehr gering, da nur die Seriennummer abgespeichert wird. Jedoch, wenn schon Data Matrix-Codes zur Kennzeichnung von Einzelteilen verwendet werden, sollte der verfügbare Speicherplatz auch genutzt werden, um mehr Identifikations- und Prozessmerkmale, wie beispielsweise Messwerte, direkt am Teil zu verankern.

Bezogen auf die Systemarchitektur gibt es mehrere Systeme zur Erfassung und Speicherung von Daten. Problematisch ist hierbei jedoch, dass die Kommunikation der Systeme nicht ausreichend ist. Daten sind dezentral auf Leitrechnern, programmierten Tabellen im ERP-System und einzelnen Datenbanken gespeichert. Dadurch sind die weitere Verarbeitung und Analyse dieser Daten nur schwer möglich. Dafür wird ein System benötigt, in dem die einzelnen Daten zentral verfügbar sind, da mit steigender Präzision der Rückverfolgbarkeit nicht nur die Kosten, sondern auch die Menge der zu verarbeitenden Daten ansteigt (siehe Kapitel 2.2.2).

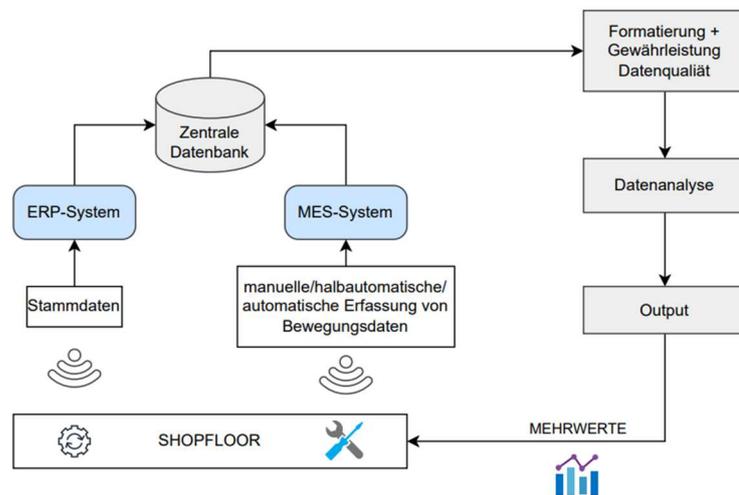


Abbildung 32: Beispielhafte Systemarchitektur eines Rückverfolgbarkeitssystems²⁹¹

Dies kann beispielsweise ein MES-System bieten, das, wie in Kapitel 2.2.8 beschrieben, die Verbindung zwischen dem ERP-System und den Daten der Maschinensteuerung darstellt. Eine beispielhafte Systemarchitektur für ein Rückverfolgbarkeitssystem mit Einbindung eines MES-Systems ist in Abbildung 32 dargestellt. Es gibt bereits ein Projekt für die Einführung eines MES-Systems im Unternehmen. Hierbei sollte sichergestellt werden, alle für die Rückverfolgbarkeit relevanten Daten zentral zusammenzuführen, um diagnostische Analysen zu ermöglichen. Diese unterstützen, wie in Kapitel 2.1.7 beschrieben, bei der Analyse von Ursachen und Zusammenhängen. Somit könnte mit Hilfe von Visualisierungen und Auswertungen, die Basis geschaffen werden, am Shopfloor Entscheidungen zu treffen, indem die Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Identifikations- und Prozessmerkmalen dargestellt werden. Die Herausforderung hierbei ist jedoch, wie in Kapitel 2.1.6 beschrieben, neben der

²⁹¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Schreiber, M. et al. (2021), S. 723

Systemarchitektur auch eine gute Datenqualität sicherzustellen. Das bedeutet, bei der Einführung des MES-Systems muss auch definiert werden, wie die Qualität der Daten sichergestellt werden kann. Andernfalls sind trotz zentraler Verfügbarkeit der Daten keine validen Analysen möglich, die Basis für Entscheidungen sein können. Der Fokus sollte hierbei gleichermaßen auf Bewegungs- sowie Stammdaten liegen (siehe Kapitel 2.1.5).

Wenn Magna Powertrain mit dem Industrie 4.0 Maturity Index, welcher in Kapitel 2.1.4 beschrieben ist, bewertet wird, befindet sich das Unternehmen noch zwischen den ersten beiden Reifegradstufen „Computerisierung und Konnektivität“. Die zweite Stufe kann erst erreicht werden, wenn die Vernetzung der Informationssysteme mit der Einführung des MES-Systems gewährleistet wird und diese nicht mehr isoliert voneinander agieren. Organisatorisch muss der Fokus im Rahmen der Digitalisierung in der Produktion auf die Einbindung der Mitarbeitenden gelegt werden, um den nächsten Reifegrad zu erreichen. Nur so kann die Entwicklung des Unternehmens zu einer agilen Organisation gewährleistet und die Trägheit der Organisation bei kurzfristigen Änderungen überwunden werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Gewährleistung einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit stellt für viele Unternehmen eine große Herausforderung dar. Die Vorteile sind einerseits den Schaden bei Qualitätsproblemen oder Reklamationen zu minimieren, damit eine schnelle Nachvollziehbarkeit und Eingrenzung des Problems möglich sind. Andererseits wird in Zeiten der digitalen Transformation und Industrie 4.0 die Möglichkeit geboten, eine große Menge an Daten in Echtzeit zu erfassen und somit eine Basis für die Umsetzung von digitalen Strategien im produktionsnahen Bereich zu ermöglichen. Diese beiden Thematiken sind besonders in der Branche der Automobilzulieferer wichtig, da diese von hohen Qualitätsanforderungen und großem Wettbewerbsdruck am Markt geprägt ist. Daher war das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Herausforderungen für die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit von Teilen in der Automobilindustrie zu identifizieren und daraus einen Anforderungskatalog abzuleiten. Der Fokus war dabei die Betrachtung der innerbetrieblichen Materialflüsse unter Berücksichtigung der drei Teilbereiche: die Identifikation von Produkten, das Erfassen und Sammeln von Daten sowie das Datenmanagement. Der Anforderungskatalog wurde anschließend am Beispiel eines Automobilzulieferers betrachtet. Hierbei wurden qualitative Expert:inneninterviews geführt, um den aktuellen Prozess für interne Rückverfolgbarkeit des Unternehmens zu identifizieren und diesen mit den Soll-Anforderungen abgleichen zu können. Somit konnten Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, um die Ziellücke für die Erreichung der lückenlosen Rückverfolgbarkeit im Unternehmen zu schließen.

Mit Hilfe einer systematischen Literaturrecherche wurde ein Anforderungskatalog für die interne Rückverfolgbarkeit in der Automobilindustrie erstellt. Hierzu wurde zunächst aus der Literatur abgeleitet, dass die TRU festgelegt werden muss, die den Gegenstand definiert, der rückverfolgt werden soll. Dieser kann auf Stücklistenebene oder einer logistischen Ebene betrachtet werden. Des Weiteren wurden die Identifikations- und Prozessmerkmale, die im Rahmen der untersuchten Studien bei der Rückverfolgbarkeit erfasst wurden, aufgezählt. Dazu zählen unter anderem Identifikationsnummern, Messdaten, Standortdaten und Zeitstempel. Die Anforderungen wurden in fünf Kategorien eingeteilt. Die technischen Anforderungen fokussieren sich auf die Kennzeichnungsmöglichkeiten von Teilen. Prozesstechnische Anforderungen beschreiben die Sicherstellung der Anpassung der Geschäftsprozesse. Die Kategorie Mitarbeitende und Organisation enthält die Anforderung, ausreichend Fachkompetenz für die Einführung und den laufenden Betrieb eines Rückverfolgbarkeitssystems zu gewährleisten und Mitarbeiter:innen für neue Prozesse zu sensibilisieren. Ökonomische Anforderungen betreffen einerseits Anschaffungs- und Implementierungskosten sowie die Kosten pro Kennzeichnung, als auch die korrekte Bewertung des Nutzens eines Rückverfolgbarkeitssystems mit der richtigen Auswahl der KPIs. Als Anforderungen an die Daten und die Software wurden die Kompatibilität von neuen Systemen mit Bestehenden, die Sicherstellung der korrekten Erfassung von Daten sowie die Daten als Basis für die Entscheidungsfindung zu nutzen, identifiziert. Die untersuchten Studien sehen den Mehrwert bei der Umsetzung eines Rückverfolgbarkeitssystems neben der Gewährleistung der Qualität und Nachvollziehbarkeit im Reklamationsfall, in der

Steigerung der Transparenz, Effizienz und Flexibilität im Materialfluss sowie der Verbesserung der Steuerung und Kontrolle von komplexen Produktionsprozessen.

Diese Anforderungen wurden am Beispiel des Automobilzulieferers Magna Powertrain betrachtet, wobei folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden. Die Größe einer TRU sollte bereits ab dem Wareneingang möglichst klein gehalten werden, sofern Unterscheidungsmerkmale zur Verfügung stehen. Alle Identifikations- und Prozessmerkmale, die vom Lieferanten bereitgestellt werden, müssen erfasst und intern genutzt werden. Gleichmaßen sollte überlegt werden, welche Informationen an den Kunden übergeben werden können, um intern einen Vorteil daraus zu ziehen. Im Rückverfolgbarkeitsprozess sollten die Fertigung und Montage separat betrachtet werden. Die Fertigung besitzt eine hohe Prozesskomplexität, womit sich der Einsatz der RFID-Technologie zur automatischen Identifikation anbietet. An der Montagelinie ist die direkte Kennzeichnung mit einem Data Matrix-Code möglich und auch die geringe Prozesskomplexität erlaubt die Erfassung jedes Einzelteils, ohne den Prozess zu verzögern. Für die Markierung des optischen Codes bietet die Lasergravur – durch die bessere Beständigkeit des Codes – die Möglichkeit zur Identifikation des Teils über den gesamten Produktlebenszyklus. Im Unternehmen konzentriert sich die Sichtweise auf Rückverfolgbarkeit noch fast ausschließlich auf das Thema Qualität, daher sollte ein Bewusstsein bei Mitarbeitenden geschaffen werden, welchen Mehrwert die erfassten Rückverfolgbarkeitsdaten bieten können. Hierfür und für ökonomische Betrachtungen sollten KPIs definiert werden, um den Mehrwert des Rückverfolgbarkeitssystems zu messen. Um mit Hilfe von Analysen eine Basis für Entscheidungen am Shopfloor zu ermöglichen, sind eine zentrale Datenbasis und die Gewährleistung der Datenqualität notwendig.

Der erstellte Anforderungskatalog wurde anhand eines Praxisbeispiels betrachtet. Durch die Evaluierung der internen Rückverfolgbarkeit bei weiteren Unternehmen könnten die Anforderungen noch weiter ausgebaut werden. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wurde bewusst nur die interne Rückverfolgbarkeit behandelt. Als nächster Schritt kann der Anforderungskatalog mit Herausforderungen für die externe Rückverfolgbarkeit und Zusammenarbeit in globalen Lieferketten erweitert werden. Bei der systematischen Literaturrecherche wurden viele Studien gefunden, die den Einsatz der Blockchain-Technologie für die Rückverfolgbarkeit entlang der Supply Chain betrachten. Diese Studien wurden während der Literaturrecherche exkludiert, jedoch sollten sich zukünftige Studien weiter mit dem Einsatz der Blockchain-Technologie beschäftigen, da damit ein vertrauensbasierter Informationsaustausch von Identifikations- und Prozessmerkmalen zwischen Akteuren von globalen Lieferketten gewährleistet werden kann. Des Weiteren sollte nicht bei der diagnostischen Analyse der Daten aufgehört werden. Zukünftige Arbeiten sollten sich mit der Verwendung von Rückverfolgbarkeitsdaten für prädiktive und präskriptive Analysen beschäftigen, welche Vorhersagen von zukünftigen Entwicklungen im produktionsnahen Bereich ermöglichen können.

6 Literaturverzeichnis

- Abramovici, M., Bellalouna, F.; Flohr, M. (2008): Traceability-Prozesse für die Automobilindustrie. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 103 Nr. 3, S. 122–125.
- Acatech (Hrsg.) (April 2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/download-pdf/?lang=de>.
- Acatech (Hrsg.) (2020): Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten – UPDATE 2020, <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf/?lang=de>.
- Aiello, G., Enea, M.; Muriana, C. (2015): The expected value of the traceability information. In: European Journal of Operational Research, Jg. 244 Nr. 1, S. 176–186.
- Al-Ruithe, M., Benkhelifa, E.; Hameed, K. (2019): A systematic literature review of data governance and cloud data governance. In: Personal and Ubiquitous Computing, Jg. 23 Nr. 5-6, S. 839–859.
- Apel, D. (2015): Datenqualität erfolgreich steuern, Praxislösungen für Business-Intelligence-Projekte. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- Appelfeller, W.; Feldmann, C. (2018): Barrieren der digitalen Transformation und Handlungsempfehlungen zur Überwindung. In: Appelfeller, W.; Feldmann, C. (Hrsg.): Die digitale Transformation des Unternehmens. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Axmann, B., Hamberger, W.; Liegl, T. (2019): Digitalisierung der Fabrik – Datenqualität als Schlüssel zum Erfolg. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 114 Nr. 5, S. 302–305.
- Baslyman, M. (2022): Digital Transformation From the Industry Perspective: Definitions, Goals, Conceptual Model, and Processes. In: IEEE Access, Jg. 10 Nr. , S. 42961–42970.
- Becker, K., Ehrlich, M., Holzschuh, M., Engel, T.; Sittel, J. (2019): Das Wertschöpfungssystem „Automobil“ im Umbruch. In: Dörre, K.; Rosa, H.; Becker, K.; Bose, S.; Seyd, B. (Hrsg.): Große Transformation? Zur Zukunft moderner Gesellschaften. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Benatia, M. A., Sa, V. E. de, Baudry, D., Delalin, H.; Halftermeyer, P. (2018): A framework for big data driven product traceability system. In: : 2018 4th International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP): IEEE.
- Ben-Bassat, A. (2016): Context aware computing leverages the Industrial Internet of Things (IIoT) to create a rich digital context and weave the digital thread for automated

- and optimized decision making in composites manufacturing. In: : Sampe. Covina: Soc For Adv Of Materials.
- Berges, C., Ceneray, C., Albermann, G., Bird, J., Balakrishnan, B., Mustafa, S. M., Moeller, S., Rubink, B.; Smith, C. (2020): Detection and prevention of assembly defects, by machine learning algorithms, in semiconductor industry for automotive. In: : 2020 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA): IEEE.
- Bergs, T., Brimmers, J., Kappmeyer, G., Löpenhaus, C., Scheffler, F., Thies, U., Troß, N., Wemhöner, J.; Yakaria, H. (2020): Funktionale Rückverfolgbarkeit von Prozessketten. Ein daten- und modellbasierter Ansatz. In: : Internet of Production - Turning Data into Value: Fraunhofer-Gesellschaft.
- Bischoff, H. (2018): Zur Relevanz des industriellen Kennzeichnens. In: Oberhollenzer, H. (Hrsg.): Herstellungsverfahren für die industrielle Kennzeichnung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bollweg, L. M. (2021): Was ist Data Governance? In: Bollweg, L. M. (Hrsg.): Data Governance für Manager. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bougdira, A., Akharraz, I.; Ahaitouf, A. (2020): A traceability proposal for industry 4.0. In: Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Jg. 11 Nr. 8, S. 3355–3369.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J.; Watson, T. (2018): The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. In: Computers in Industry, Jg. 101 Nr. , S. 1–12.
- Braun, D. (2011): Von welchen Supply-Chain-Management-Maßnahmen profitieren Automobilzulieferer? Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Brückner, C., Bopp, R.; Krauss, F. (2019): Qualitätsmanagement, Das Praxishandbuch für die Automobilindustrie. München: Hanser.
- Cameron, J. M.; Plumb, H. (1969): Traceability - With Special Reference to Temperature Measurement. In: : SAE Technical Paper Series: SAE International400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States.
- Chellaboina, S., R, A. A.; Geetha, A. (2022): Benchmarking Manufacturing Execution System (MES) Deployed Across Automotive Manufacturing Industries Towards IOT 4.0. In: : 2022 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT): IEEE.
- Costa, F., Carvalho, M. d. S., Fernandes, J. M., Alves, A. C.; Silva, P. (2017): Improving visibility using RFID – the case of a company in the automotive sector. In: Procedia Manufacturing, Jg. 13 Nr. , S. 1261–1268.
- Cucu, T. C., Varzaru, G., Turcu, C., Codreanu, N. D., Plotog, I.; Fuica, R. (2008): 1D and 2D solutions for traceability in an Electronic Manufacturing Services company. In: : 2008 31st International Spring Seminar on Electronics Technology: IEEE.
- Da Xu, L.; Duan, L. (2019): Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. In: Enterprise Information Systems, Jg. 13 Nr. 2, S. 148–169.

- Da Xu, L., Xu, E. L.; Li, L. (2018): Industry 4.0: state of the art and future trends. In: International Journal of Production Research, Jg. 56 Nr. 8, S. 2941–2962.
- Darkow, I.-L.; Decker, J. (2006): Technologie und Anwendungsfelder von RFID. In: : Chargenverfolgung. Wiesbaden: DUV.
- Denyer, D.; Tranfield David (2009): Producing a systematic review. In: Buchanan, D. A. (Hrsg.): The Sage handbook of organizational research methods. Los Angeles, Calif.: SAGE.
- Desmeules, J. F., Côté, B.; Dufour, J. D. (2017): Semi Finished Products Traceability Improvement with Laser Marking. In: Ratvik, A. P. (Hrsg.): Light Metals 2017. Cham: Springer International Publishing.
- Deutsche Bank Research (Hrsg.) (29.10.2018): Industrie 4.0 – Digitalisierung mildert demografische Lasten, https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_DE-PROD/PROD000000000480534/Industrie_4_0_%e2%80%93_Digitalisierung_mildert_demografis.pdf?undefined&reload=sDevP3q1G046lfYXYZwwJEaZ1Co6r1GIEVxK4HthHr7ICuNR~Lq8nnCEatCGq~27.
- Dieter Horst (2008): RFID-Technologie. In: Bartneck, N. (Hrsg.): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID. Erlangen: PUBLICIS Corporate Publ.
- Döring, N.; Bortz, J. (2016): Untersuchungsdesign. In: Döring, N.; Bortz, J. (Hrsg.): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dorschel, J., Dorschel, W., Föhl, U., van Geenen, W., Hertweck, D., Kinitzki, M., Küller, P., Lanquillon, C., Mallow, H., März, L., Omri, F., Schacht, S., Stremmer, A.; Theobald, E. (2015): Wirtschaft. In: Dorschel, J. (Hrsg.): Praxishandbuch Big Data. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Drews, K. (2008): Optische Codes. In: Bartneck, N. (Hrsg.): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID. Erlangen: PUBLICIS Corporate Publ.
- Duden: ASCII Code. URL: https://www.duden.de/rechtschreibung/ASCII_Code (Zugriff: 10.07.2022).
- Feng, Y., Yang, C., Wang, T., Zheng, H., Gao, Y.; Fan, W. (2020): Quality control system of automobile bearing production based on edge cloud collaboration. In: : 2020 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS): IEEE.
- Finkenzeller, K. (2015): RFID-Handbuch, Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München: Hanser.
- Fleisch, E.; Mattern, F. (2005): Das Internet der Dinge, Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen ; mit 21 Tabellen/ edited by Elgar Fleisch, Friedemann Mattern. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Fleischmann, A., Oppl, S., Schmidt, W.; Stary, C. (2018): Modellierungssprachen. In: Fleischmann, A.; Oppl, S.; Schmidt, W.; Stary, C. (Hrsg.): Ganzheitliche Digitalisierung von Prozessen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Fraga-Lamas, P., Varela-Barbeito, J.; Fernandez-Carames, T. M. (2021): Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry. In: IEEE Access, Jg. 9 Nr. , S. 140700–140730.
- Franke, W. (2006): RFID-Leitfaden für die Logistik, Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler.
- Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM (Hrsg.) (2017): Track & Trace per "Fingerabdruck".
- Gerberich, C. W., Schäfer, T.; Teuber, J. (2006): Integrierte Lean Balanced Scorecard, Methoden, Instrumente, Fallbeispiele. Wiesbaden: Gabler.
- Goodall, P., Neal, A., Segura-Velandia, D., Conway, P.; West Andrew (2016): A data management system for identifying the traceability of returnable transit items using radio frequency identification portals. In: Goh, Y. M. (Hrsg.): Advances in Manufacturing Technology XXX. Amsterdam: IOS Press.
- (2017): GS1 Global Traceability Standard. 2.0,
https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/traceability/GS1_Global_Traceability_Standard_i2.pdf.
- Gudehus, T. (2012): Logistik 1, Grundlagen, Verfahren und Strategien. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Guerreiro, G., Costa, R., Figueiras, P., Graça, D.; Jardim-Gonçalves, R. (2019): A Self-Adapted Swarm Architecture to Handle Big Data for "Factories of the Future". In: IFAC-PapersOnLine, Jg. 52 Nr. 13, S. 916–921.
- Harrison, P. M., Wendland, J.; Henry, M. (2006): Laser engraving reflective metals to create scanner readable barcodes. In: : International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics: Laser Institute of America.
- Helbling, S.; Nyffenegger, F. (2022): Automobilzulieferer - Die Krise treibt den Umbruch. In: Luban, K.; Hänggi, R. (Hrsg.): Erfolgreiche Unternehmensführung durch Resilienzmanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint Springer Vieweg.
- Helfferrich, C. (2019): Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Helmus, M., Meins-Becker, A., Laußat, L.; Kelm, A. (2009): RFID in der Baulogistik, Forschungsbericht zum Projekt "Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft". Wiesbaden: Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH.
- Hinsch, M. (2019): Die ISO 9001:2015 – das Wichtigste in Kürze, Die Norm für den betrieblichen Alltag kurz, knapp und verständlich erklärt. Wiesbaden u.a.: Springer Vieweg.

- Hippenmeyer, H.; Moosmann, T. (2016): Geräte zur automatischen Identifikation. In: Hippenmeyer, H.; Moosmann, T. (Hrsg.): Automatische Identifikation für Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hompel, M. ten, Büchter, H.; Franzke, U. (2008): Identifikationssysteme und Automatisierung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Honer, A. (1994): Das explorative Interview: zur Rekonstruktion der Relevanzen von Expertinnen und anderen Leuten. In: Schweizerische Zeitschrift für Soziologie, Jg. Nr. , S. 623–640.
- Huang, G. Q., Qu, T., Zhang, Y.; Yang, H. D. (2012): RFID- enabled product-service system for automotive part and accessory manufacturing alliances. In: International Journal of Production Research, Jg. 50 Nr. 14, S. 3821–3840.
- Huber, M.; Oppermann, H. (2017): Machine Analytics - Wie aus Daten Werte für Industrie 4.0 entstehen. In: Schulz, T. (Hrsg.): Industrie 4.0. Würzburg: Vogel Business Media.
- ifaa - Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) (2019): Traceability, https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Zahlen_Daten_Fakten/ifaa_Zahlen_Daten_Fakten_Traceability.pdf.
- Jünemann, R. (1994): Konzepte für den Materialfluß in der Fabrik. In: Kunerth, W. (Hrsg.): Menschen Maschinen Märkte. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kang, Y.-S., Park, I.-H.; Youm, S. (2016): Performance Prediction of a MongoDB-Based Traceability System in Smart Factory Supply Chains. In: Sensors (Basel, Switzerland), Jg. 16 Nr. 12.
- Keyence Deutschland GmbH (Hrsg.) (2019): 2D-Code - Grundlagen.
- Khan, W. Z., Rehman, M. H., Zangoti, H. M., Afzal, M. K., Armi, N.; Salah, K. (2020): Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. In: Computers & Electrical Engineering, Jg. 81 Nr.
- Klingenberg, C. O., Borges, M. A. V.; Antunes Jr, J. A. V. (2021): Industry 4.0 as a data-driven paradigm: a systematic literature review on technologies. In: Journal of Manufacturing Technology Management, Jg. 32 Nr. 3, S. 570–592.
- Klug, F. (2011): Aktuelle Trends in der Automobillogistik. In: , Jg. Nr.
- Krcmar, H. (2018): Charakteristika digitaler Transformation. In: Oswald, G.; Krcmar, H. (Hrsg.): Digitale Transformation. Wiesbaden, Germany: Springer Gabler.
- Kuhn, M.; Franke, J. (2021): Data continuity and traceability in complex manufacturing systems: a graph-based modeling approach. In: International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Jg. 34 Nr. 5, S. 549–566.
- Lampe, M., Flörkemeier, C.; Haller, S. (2005): Einführung in die RFID-Technologie. In: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

- Lee, J., Bagheri, B.; Kao, H.-A. (2015): A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. In: *Manufacturing Letters*, Jg. 3 Nr. , S. 18–23.
- Leng Ng, M., Seong Leong, K.; Cole, P. (2008): RFID Tags for Metallic Object Identification. In: Ahson, S. (Hrsg.): *RFID handbook*. Boca Raton, Fla.: CRC Press.
- Lenk, B. (2018): Codes in der industriellen Kennzeichnung. In: Oberhollenzer, H. (Hrsg.): *Herstellungsverfahren für die industrielle Kennzeichnung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Libert Barry, Beck Megan; Wind Yoram (Jerry) (2016): 7 Questions to Ask Before Your Next Digital Transformation. In: , Jg. Nr.
- Liu, Y., Peng, Y., Wang, B., Yao, S.; Liu, Z. (2017): Review on cyber-physical systems. In: *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, Jg. 4 Nr. 1, S. 27–40.
- Luetticke, D.; Meisen, T. (2018): Design of an Automated Measuring System for RFID Transponders in Complex Environments. In: : 2018 IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA): IEEE.
- Maerkedahl, H. (2004): Improving Quality and Productivity: Insights Into Two Companies. In: *SMT Surface Mount Technology Magazine*, Jg. Nr.
- Mayring, P.; Fenzl, T. (2019): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Meuser, M.; Nagel, U. (1991): ExperInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Garz, D.; Kraimer, K. (Hrsg.): *Qualitativ-empirische Sozialforschung : Konzepte, Methoden, Analysen*: Westdt. Verl.
- Microscan Systems (Hrsg.) (2012): *Evaluating Barcode Reading Technologies*, <https://cdn.thomasnet.com/ccp/10025951/168575.pdf>.
- Mochizuki, T. (2005): Measurement standards at production sites: Automobiles. In: *AIST Today (International Edition)*, Jg. Nr. 15, S. 10–11.
- Mockenhaupt, A. (2021a): Digitalisierung und KI in der Produktion. In: Mockenhaupt, A. (Hrsg.): *Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Mockenhaupt, A. (2021b): Grundlagen der Digitalisierung und Industrie 4.0. In: Mockenhaupt, A. (Hrsg.): *Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Mockenhaupt, A. (2021c): Industrie und Gesellschaft im digitalen Wandel. In: Mockenhaupt, A. (Hrsg.): *Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Neal, A. D., Sharpe, R. G., van Lopik, K., Tribe, J., Goodall, P., Lugo, H., Segura-Velandia, D., Conway, P., Jackson, L. M., Jackson, T. W.; West, A. A. (2021): The potential of industry 4.0 Cyber Physical System to improve quality assurance: An

- automotive case study for wash monitoring of returnable transit items. In: CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Jg. 32 Nr. , S. 461–475.
- North, K. (2021): Die Wissenstreppe. In: North, K. (Hrsg.): Wissensorientierte Unternehmensführung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Oberhollenzer, H. (2018): Industrielles Kennzeichnen: Überblick zu relevanten Herstellungsverfahren. In: Oberhollenzer, H. (Hrsg.): Herstellungsverfahren für die industrielle Kennzeichnung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Olsen, P.; Borit, M. (2013): How to define traceability. In: Trends in Food Science & Technology, Jg. 29 Nr. 2, S. 142–150.
- Olsen, P.; Borit, M. (2018): The components of a food traceability system. In: Trends in Food Science & Technology, Jg. 77 Nr. , S. 143–149.
- Olsen, T. L.; Tomlin, B. (2020): Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. In: Manufacturing & Service Operations Management, Jg. 22 Nr. 1, S. 113–122.
- Otto, B.; Österle, H. (2016): Datenqualität – eine Managementaufgabe. In: Otto, B.; Österle, H. (Hrsg.): Corporate Data Quality. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Paolucci, E., Pessot, E.; Ricci, R. (2021): The interplay between digital transformation and governance mechanisms in supply chains: evidence from the Italian automotive industry. In: International Journal of Operations & Production Management, Jg. 41 Nr. 7, S. 1119–1144.
- Pfohl, H.-C. (2018a): Distributionslogistik. In: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Logistiksysteme. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pfohl, H.-C. (2018b): Produktionslogistik. In: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Logistiksysteme. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pielmeier, J.; Reinhart, G. (2015): Rfid integration as an application to industrialize and qualify high-volume composite production. In: : 2015 International EURASIP Workshop on RFID Technology (EURFID): IEEE.
- Piro, A.; Gebauer, M. (2021): Definition von Datenarten zur konsistenten Kommunikation im Unternehmen. In: Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Mielke, M. (Hrsg.): Daten- und Informationsqualität. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Qi, Q.; Tao, F. (2018): Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. In: IEEE Access, Jg. 6 Nr. , S. 3585–3593.
- Qi, Q.; Tao, F. (2019): A Smart Manufacturing Service System Based on Edge Computing, Fog Computing, and Cloud Computing. In: IEEE Access, Jg. 7 Nr. , S. 86769–86777.
- RFID im Blick (Hrsg.) (2017): RFID bringt Giessereien in die Industrie 4.0. 03 Aufl., https://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/Formgebung_Funktion_swerkstoffe/Giesserei-Technologie/Fraunhofer%20IFAM%20-%20RFID%20im%20Blick%2003-2017.pdf.

- Rieke, T.; Sardoux Klasen, A. (2019): Blockchain-Einsatz zur Optimierung von Produktrückrufen. In: *Industrie 4.0 Management*, Jg. 2019 Nr. 4, S. 59–62.
- Robson, C., Watanabe, Y.; Numao, M. (2007): Parts Traceability for Manufacturers. In: : 2007 IEEE 23rd International Conference on Data Engineering: IEEE.
- Roth, A. (2016): Industrie 4.0 – Hype oder Revolution? In: Roth, A. (Hrsg.): *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Samir, K., Maffei, A.; Onori, M. A. (2019): Real-Time asset tracking; a starting point for Digital Twin implementation in Manufacturing. In: *Procedia CIRP*, Jg. 81 Nr. , S. 719–723.
- Schellinger, J., Tokarski, K. O.; Kissling-Näf, I. (2020): Von der digitalen Transformation zur digitalen Unternehmensführung. In: Schellinger, J.; Tokarski, K. O.; Kissling-Näf, I. (Hrsg.): *Digitale Transformation und Unternehmensführung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schreiber, M., Bausch, P., Windecker, M.; Metternich, J. (2021): Traceability-Systeme als Enabler für Process Mining. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 116 Nr. 10, S. 722–727.
- Schuitmaker, R.; Xu, X. (2020): Product traceability in manufacturing: A technical review. In: *Procedia CIRP*, Jg. 93 Nr. , S. 700–705.
- Segura Velandia, D. M., Kaur, N., Whittow, W. G., Conway, P. P.; West, A. A. (2016): Towards industrial internet of things: Crankshaft monitoring, traceability and tracking using RFID. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Jg. 41 Nr. , S. 66–77.
- Shearon, C. E. (2018): IPC-1782 standard for traceability of critical items based on risk. In: : 2018 Pan Pacific Microelectronics Symposium (Pan Pacific): IEEE.
- Siepmann, D.; Graef, N. (2016): Industrie 4.0 – Grundlagen und Gesamtzusammenhang. In: Roth, A. (Hrsg.): *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z.; Weerakkody, V. (2017): Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. In: *Journal of Business Research*, Jg. 70 Nr. , S. 263–286.
- Stasa, P., Benes, F., Svub, J., Kebo, V.; Unucka, J. (2015): Auto-ID for automotive industry. In: : Proceedings of the 2015 16th International Carpathian Control Conference (ICCC): IEEE.
- Statista (2022): Anzahl der Rückrufaktionen durch Automobilhersteller in Deutschland von 2011 bis 2021. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1254342/umfrage/rueckrufaktionen-in-der-automobilindustrie-in-deutschland/> (Zugriff: 21.08.2022).
- Subramanian, N.; Jeyaraj, A. (2018): Recent security challenges in cloud computing. In: *Computers & Electrical Engineering*, Jg. 71 Nr. , S. 28–42.

- Subramanian, V., Partha, D., Keshava, R. V., Batcha, T.; Dhamocharan, K. (2014): Traceability of raw material information from blanks to final vehicle. In: : EuroBrake 2014. London: FISITA.
- Tao, F., Qi, Q., Wang, L.; Nee, A. (2019): Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. In: Engineering, Jg. 5 Nr. 4, S. 653–661.
- Todd, H.; Fairley, P. (2015): Ingalls Machine Readable Material Transactions. In: : Day 2 Thu, November 05, 2015: SNAME.
- Urnauer, C., Schreiber, M., Bausch, P.; Metternich, J. (2021): Anwendungen aktiver Traceability-Systeme. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 116 Nr. 3, S. 166–170.
- Voelker, H. (2022): Markierungsfreie Bauteilidentifikation dank einzigartiger Oberfläche. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter, Jg. Nr. 35.
- Vogt, A., Müller, R. K., Kampa, T., Stark, R.; Großmann, D. (2021): Concept and Architecture for Information Exchange between Digital Twins of the Product (CPS) and the Production System (CPPS). In: Procedia CIRP, Jg. 104 Nr. , S. 1292–1297.
- Wegener, H. (2008): Metadaten, Referenzdaten, Stammdaten. In: Dinter, B. (Hrsg.): Integrierte Informationslogistik. Berlin u.a.: Springer.
- Winter, R., Schmaltz, M., Dinter, B.; Bucher, T. (2008): Das St. Galler Konzept der Informationslogistik. In: Dinter, B. (Hrsg.): Integrierte Informationslogistik. Berlin u.a.: Springer.
- Wohlrab, R., Pelliccione, P., Shahrokni, A.; Knauss, E. (2021): Why and How Your Traceability Should Evolve: Insights From an Automotive Supplier. In: IEEE Software, Jg. 38 Nr. 4, S. 62–70.
- Zeller, V., Schuh, G.; Stich, V. (2022): Einleitung – Digitalisierungs- und Informationsmanagement für produzierende Unternehmen. In: Schuh, G.; Zeller, V.; Stich, V. (Hrsg.): Digitalisierungs- und Informationsmanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Zsifkovits, H. E. (2013): Logistik. Konstanz u.a.: UVK-Verl.-Ges; UVK/Lucius.

7 Anhang

7.1 Relevante Studien

Autor:innen	Titel	Jahr	Kommentar	Kategorie
Goodall P.; Neal A.; Segura-Velandia D.; Conway P.; West A.	A data management system for identifying the traceability of returnable transit items using radio frequency identification portals	2016	Herausforderungen der Datenanalyse und -interpretation von Daten die über RFID Portale gesammelt werden.	Identifikation
Pielmeier J.; Reinhart G.	Rfid integration as an application to industrialize and qualify high-volume composite production	2015	Anforderungen für den Einsatz von RFID für Kohlenstoffaserverstärkte Kunststoffe	Identifikation
Luetticke D.; Meisen T.	Design of an automated measuring system for RFID transponders in complex environments	2018	Einsatz von RFID zur Überwachung des Produktionsstatus	Identifikation
Stiša P.; Beneš F.; Švub J.; Kebo V.; Unucka J.	Auto-ID for automotive industry	2015	Der Einsatz von Auto-ID (RFID) für Rückverfolgbarkeit	Identifikation
Huang G.Q.; Qu T.; Zhang Y.; Yang H.D.	RFID-enabled real-time manufacturing for automotive part and accessory suppliers	2010	Rückverfolgbarkeit bei Automobilzulieferern durch den Einsatz von RFID	Identifikation
Costa F.; Carvalho M.D.S.; Fernandes J.M.; Alves A.C.; Silva P.	Improving visibility using RFID – the case of a company in the automotive sector	2017	Anwendung von RFID in der Logistik für die Rückverfolgbarkeit von Rohstoffen.	Identifikation
Huang G.Q.; Qu T.; Zhang Y.; Yang H.D.	RFID-enabled product-service system for automotive part and accessory manufacturing alliances	2012	Rückverfolgbarkeit im Produktionsprozess mit Hilfe von RFID	Identifikation
Segura Velandia D.M.; Kaur N.; Whittow W.G.; Conway P.P.; West A.A.	Towards industrial internet of things: Crankshaft monitoring; traceability and tracking using RFID	2016	Der Einsatz von "RFID Bolts" zur Rückverfolgbarkeit von Kurbelwellen im Automotive Bereich.	Identifikation
Robson C.; Watanabe Y.; Numao M.	Parts traceability for manufacturers	2007	Dieses Paper behandelt die Rückverfolgbarkeit von Teilen und Komponenten in der Produktion.	Datenmanagement

Steele Daniel C.	Structure for lot-tracing design	1995	Rückverfolgbarkeit von Produkt-Losen	Datenerfassung
Cameron J.M.; Plumb H.	Traceability - With special reference to temperature measurement	1969	Rückverfolgbarkeit von Temperaturmessdaten in der Produktion	Datenerfassung
Subramanian V.; Partha D.; Keshava R.V.; Batcha T.; Dhamotharan K.	Traceability of raw material information from blanks to final vehicle	2018	Lückenlose Rückverfolgbarkeit vom Rohmaterial zum fertigen Auto.	Identifikation
Jovanovic V.; Tomovic M.; Ncube L.; Djuric A.; Katsioloudis P.; Cuckov F.	Design for compliance of mechatronics systems in automotive: Material tracking and product data management considerations	2014		Datenmanagement
Fraga-Lamas P.; Varela-Barbeito J.; Fernandez-Carames T.M.	Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry	2021	Technologien zur Identifikation und Rückverfolgbarkeit, wie beispielsweise Auto-ID, für die Implementierung von Industrie 5.0	Identifikation
Shearon C.E.	IPC-1782 standard for traceability of critical items based on risk	2018	Rückverfolgbarkeit nach dem IPC-1782 Standard	Datenerfassung
Candido G.M.; Kaminski P.C.	Basic technical requirements for ballistic safety to guarantee the quality of civilian automotive armoring services in Brazil	2020	Technische Anforderungen für die Gewährleistung der Qualität von militärischen Teilen in Brasilien. Dabei wird die Rückverfolgbarkeit von eingehenden Materialien gewährleistet.	Datenerfassung
Podojil B.	Automotive industry opportunities	2003	Dokumentation und Traceability im Produktionsprozess in der Automobilbranche	Identifikation
Mochizuki T.	Measurement standards at production sites: Automobiles	2005	Rückverfolgbarkeit von Messwerten für die Gewährleistung der Qualität	Datenerfassung
Maerkedahl H.	Improving quality and productivity: Insights into two companies	2004	Rückverfolgbarkeit mit Hilfe von MES Systemen in zwei unterschiedlichen Unternehmen.	Datenmanagement
Bergès C.; Ceneray C.; Albermann G.; Bird J.; Balakrishnan B.; Mustafa S.M.; Moeller	Detection and prevention of assembly defects; by machine learning algorithms; in semiconductor industry for automotive	2020	Fehlerdedektion von Wafern	Datenmanagement

S.; Rubink B.; Smith C.				
Kuhn M.; Franke J.	Data continuity and traceability in complex manufacturing systems: a graph-based modeling approach	2021	Rückverfolgbarkeit in komplexen Produktionssystemen mit Hilfe von Grafiken anstatt der Objektidentifikation	Datenmanagement
Vogt A.; Müller R.K.; Kampa T.; Stark R.; Großmann D.	Concept and Architecture for Information Exchange between Digital Twins of the Product (CPS) and the Production System (CPPS)	2021	Informationsaustausch von Digital Twins von Produkten und Produktionssystemen	Datenmanagement
Guerreiro G.; Costa R.; Figueiras P.; Graça D.; Jardim-Gonçalves R.	A self-adapted swarm architecture to handle big data for “factories of the future”	2019	Herausforderungen der Automobilindustrie in Bezug auf Industrie 4.0	Datenmanagement
Neal A.D.; Sharpe R.G.; van Lopik K.; Tribe J.; Goodall P.; Lugo H.; Segura-Velandia D.; Conway P.; Jackson L.M.; Jackson T.W.; West A.A.	The potential of industry 4.0 Cyber Physical System to improve quality assurance: An automotive case study for wash monitoring of returnable transit items	2021	Lessons Learned für die Implementierung der RFID Technologie in der Automobilindustrie.	Datenmanagement
Ranky P.G.	Advanced digital automobile sensor applications	2002	Rückverfolgbarkeit mit Hilfe von Sensoren in der Automobil-Branche.	Datenerfassung
Samir K.; Maffei A.; Onori M.A.	Real-Time asset tracking; a starting point for digital twin implementation in manufacturing	2019	Anforderungen für Echtzeit-Ortungssysteme für die Rückverfolgbarkeit von Waren.	Datenmanagement
Kang Y.-S.; Park I.-H.; Youm S.	Performance prediction of a MongoDB-Based traceability system in smart factory supply chains	2016	Anforderungen an Rückverfolgbarkeit und Schema für die Speicherung der gesammelten Daten mit dem Ziel diese zur Entscheidungsfindung zu verwenden.	Datenmanagement
Chellaboina S.; Arvind A.R.; Geetha A.	Benchmarking Manufacturing Execution System (MES) Deployed Across Automotive Manufacturing Industries Towards IOT 4.0	2022	Rückverfolgbarkeit mit Hilfe eines MES Systems	Datenmanagement
Feng Y.; Yang C.; Wang T.	Quality control system of automobile bearing	2020	Intelligente Rückverfolgbarkeit von Produktionsdaten	Datenmanagement

Zheng H.; Gao Y.; Fan W.	production based on edge cloud collaboration			
Ben-Bassat A.	Context aware computing leverages the Industrial Internet of Things (IIoT) to create a rich digital context and weave the digital thread for automated and optimized decision making in composites manufacturing	2016	Verbesserung der Basis für Entscheidungen durch den Einsatz von IOT-Technologien in der Produktion	Datenmanagement
Harrison P.M.; Wendland J.; Henry M.	Laser engraving reflective metals to create scanner readable barcodes	2006	Identifikation mit Lasergravur von Barcodes	Identifikation
Cucu T.C.; Varzaru G.; Turcu C.; Codreanu N.D.; Plotog I.; Fuica R.	1D and 2D solutions for traceability in an electronic manufacturing services company	2008	Rückverfolgbarkeit mit Hilfe von Barcodes und Data Matrix Codes und Vergleich der beiden Methoden	Identifikation
Desmeules J.F.; Côté B.; Dufour J.D.	Semi Finished Products Traceability Improvement with Laser Marking	2017	Rückverfolgbarkeit von Halbteilen mit Hilfe von Lasermarkierung	Identifikation
Henry M.; Wendland J.; Harrison P.	Laser engraving scanner readable barcodes on automotive materials for traceability and security applications	2006	Lasermarkierung von Barcodes für Automotive-Komponenten	Identifikation
Todd H.; Fairley P.	Ingalls machine readable material transactions	2015	Maschinen-lesbare Identifikation von Bauteilen für Schiffe	Identifikation

7.2 Interviewleitfaden

Einleitung

- Begrüßung
 - Kurze Vorstellung von mir und dem Thema
1. Bitte stellen Sie sich und Ihre Tätigkeit bei der Magna Powertrain kurz vor.

Allgemeines

2. Zu Beginn interessiert mich, was der Begriff Rückverfolgbarkeit für Sie bedeutet. Können Sie mir bitte erzählen, was Sie unter einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit in der Produktion verstehen?

Rückverfolgbarkeit bei der Magna Powertrain im Bereich xx

3. Welche Maßnahmen gibt es derzeit im xx, um die Rückverfolgbarkeit von Fertigteilen/Inhouse-gefertigten Teilen/Rohteilen zu gewährleisten?
4. Wie werden diese Teile identifiziert?
5. Welche Daten werden gesammelt, um Teile rückzuverfolgen? Handelt es sich dabei um Identifikationsnummern oder auch um Prozess- oder Standortinformationen?
6. Wie und wo werden diese Daten erfasst?
7. Wo werden diese Daten gespeichert?
8. Werden die erfassten Daten weiterverarbeitet, sprich für Kennzahlen, Visualisierungen, Auswertungen etc. verwendet?
9. Zu welchen Herausforderungen kommt es bei der Rückverfolgbarkeit?

Schluss

10. Nachdem wir nun das Ende des Interviews erreicht haben, gibt es von Ihrer Seite noch wichtige Punkte, welche in unserem Gespräch noch nicht behandelt wurden?

7.1 Interview 1

Datum: 14.07.2022
Dauer: 0:18:39 h
Bereich: Top Management
Abkürzungen: I...Interviewer, B...Befragte Person

1 **I: Danke, dass Sie sich für das Interview Zeit nehmen. Wir beginnen mal kurz mit einer Vorstellung,**
2 **was Ihre Tätigkeit bei der Magna Powertrain ist.**

3 **B:** Ja sehr gern. Mein Name ist (Name) und so ich bin (Position) für die Werke Lannach, Ilz und Albersdorf,
4 Geschäftsführer für die Powertrain GmbH, ja und neu seit erstem April, auch zuständig für die Werke in
5 Deutschland, China und auch unseren Powertrain Teil in (Ort) in der Slowakei. Also eine Erweiterung seit
6 April und ja, wird mir nicht langweilig. Zu meiner Person vielleicht, ich bin jetzt elf Jahre dabei und habe
7 gestartet als Qualitätsmanager, Qualitätsdirektor. Dann war ich zwei Jahre in China als General Manager
8 für das Werk in (Ort) und seit Beginn 2021 bin ich jetzt hier wieder Österreich.

9 **I: Gut, zu Beginn gleich Mal eine Frage zu dem Begriff Rückverfolgbarkeit. Können Sie mir bitte kurz**
10 **erklären, was Sie unter einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit innerhalb der Produktion verstehen?**

11 **B:** Und zwar Rückverfolgbarkeit, nachdem ich aus der Qualität komme, kann ich ein bisschen anfangen mit
12 dem Thema, Normforderung andererseits ist für uns auch wichtig. Schlussendlich braucht man
13 Rückverfolgbarkeit immer, wenn es irgendwo ein Problem gibt. Intern braucht man für die Prozessschritte
14 extern, wenn es irgendwo ein Kundenproblem, ein Qualitätsproblem gibt. Und dann kommt man relativ
15 schnell auf zum Thema lückenlose Rückverfolgbarkeit. Was heißt es? Zum Beispiel wir haben irgendwo ein
16 Qualitätsproblem im Feld, Fahrzeuge sind betroffen, unsere Produkte sind betroffen. Das erste, was der
17 Kunde fragt wie viele sind betroffen und je besser die Rückverfügbarkeit desto genauer kann man
18 eingrenzen und umso besser kann man dann die Lösung im Feld erarbeiten, meistens geht's dann um
19 irgendwelche Aktionen, und wenn man sagt ich'kann's nur auf vierhunderttausend eingrenzen, dann ist es
20 ein Riesen Impact, und wenn man sagt ich kanns auf zweihundert eingrenzen, dann ist das eine ganz andere
21 Qualität. Und wir als Tier1, wir als Supplier zu den OEMs, wir haben eine sehr gute Rückverfolgbarkeit, oft
22 viel besser als die OEMs selbst. Aber lückenlos bedeutet wirklich von der Schmelz-Charge zum Beispiel
23 von einem Rohmaterial, bis in unser Fertigprodukt, lückenlose Rückverfolgbarkeit der Einzelteile, des wäre
24 so der Überbegriff und das Best Case Szenario.

25 **I: Gibt es noch zusätzliche Vorteile, die Sie erwähnen wollen?**

26 **B:** Wie gesagt der Vorteil ist, auch wenn man jetzt intern sagt ich habe irgendwo im Wareneingang oder im
27 Laufe der Prozesse ein Problem festgestellt, dann will man natürlich wissen, wie viele Teile habe ich schon
28 verbaut? Wo ist meine gesamte oder die Menge dieser Teile im Umlauf, im Zulauf und meistens haben wir
29 ein Thema, wenn der Lieferant zum Beispiel eine Selbstanzeige macht, da muss man natürlich wissen wo
30 ist das Material im Umlauf? Was haben wir verbaut? Und ja, das Thema ist, dass man nicht jedes Teil immer
31 lückenlos verfolgt, sondern Kleinteile oder sogenannte C-Teile geht's gibts meistens eine Batch-Verfolgung
32 und nicht aufs Bauteil runtergebrochen. Aber, wie gesagt es ist eine Normforderung und daher für uns
33 eigentlich schon tiglich Brot dass wir es auch haben.

34 **I: Jetzt haben Sie die Norm schon angesprochen, und zwar der Standort Lannach ist ja gemäß der**
35 **Anforderung der Automobilindustrie IATF 16949 zertifiziert und ein Anspruch ist ja die erhöhte**
36 **Anforderung an die Rückverfolgbarkeit. Wird diese Anforderung Ihrer Meinung nach am Standort**
37 **Lannach erfüllt oder sehen Sie dann noch Verbesserungsbedarf?**

38 **B:** Klarerweise wird es erfüllt. Wir haben seitdem es uns gibt, immer wieder die verschiedenen Normen,
39 nach denen wir zertifiziert sind, die müssen wir erfüllen und das Ganze kann man eben zum Beispiel in
40 Kategorien einteilen. Ich habe ABC-Teile, das wir sagen ein A-Teil zum Beispiel hat eine lückenlose
41 Einzelteil-Verfolgung, wo wirklich auf jedem Teil was angebracht ist. Da gibt es eben zum Beispiel
42 Elektronikbauteile, die haben eine eigene Seriennummer, die werden dann auch bei uns bis zu Endmontage
43 verfolgt.'Dann gibt's natürlich Schrauben, da schafft es selbst der Hersteller nicht eine lückenlose
44 Rückverfolgbarkeit. Aber wir haben in den letzten Jahren immer stärker die Rückverfolgbarkeit bzw. das
45 Netz enger gezogen und mit dem neuen Logistik, wir haben irgendwann mal auf eine Logistik extern

46 gewechselt, da haben wir es dann auf Teile heruntergebrochen oder auf, ich sage mal so, Batches
47 runtergebrochen, also unsere „größte Menge“, ist ein Ladungsträger, sag ich mal, ein KLT zum Beispiel, so
48 nennt man diese Kleinladungsträger, dort sind zum Beispiel so und so viel Stück drinnen das heißt, das
49 wäre so eine Eingrenzung im größten Sinne, wenn man nicht eine Einzelteilverfolgung hat. Aber wir haben
50 das eben über Logistik über Einlagerung und Auslagerung haben wir auch eine Art
51 Rückverfolgbarkeitssystem geschaffen. Aber es gibt immer Verbesserungspotential. Die Traumwelt wäre
52 wirklich jedes einzelne Teil hat einen Code oder ein Mascherl, das man verfolgen kann. Aber aus Kosten-
53 und auch aus Umsetzungsgründen kann man nicht immer jedes einzelne Teil verfolgen. Und deswegen
54 haben wir es über die Logistik schaffen wir das auch die Rückverfolgbarkeit herzustellen.

55 **I: Vielen Dank. Jetzt habe ich noch ein paar Fragen zu Voraussetzungen und Hindernissen im Bezug**
56 **auf die Rückverfolgbarkeit, und zwar gleich zu Beginn, welche Voraussetzungen sind Ihrer Meinung**
57 **nach in dem Unternehmen notwendig, um die lückenlose Rückverfolgbarkeit erfolgreich umsetzen**
58 **zu können?**

59 **B:** Wenn man sich das anschaut, wir haben wirklich zigtausend Teile im Einsatz bei uns. Eine der
60 Grundvoraussetzungen ist, dass es über die gesamte Supply Chain geht. Das heißt, wenn wir ein
61 lückenloses System haben, heißt das nicht, dass der Untergeht'seferant... Das heißt, es muss mal über die
62 gesamte Supply Chain gehen. Das nächste ist, man braucht die Infrastruktur dazu. Ich nenne jetzt mal einen
63 Barcode oder Data Matrix, wie auch immer, wenn das nennen will. Man muss das Ganze anbringen können,
64 wenn es noch nicht auf den Teilen ist, fund man muss es lesen können. Und das nächste, ganz wichtig, die
65 Daten verarbeiten. Das heißt man braucht auch ein Basissystem, um Daten zu sammeln, aber auch
66 verarbeiten zu können. Das sind mal ein paar Dinge, die mir als erstes einfallen. Aber wichtig ist natürlich
67 die Infrastruktur. Und das ist dann auch bis zum Ende der Kette lückenlos durchgezogen wird.

68 **I: Mit welchen besonderen Herausforderungen sind die Automobilzulieferer zurzeit konfrontiert?**
69 **Und kann da vielleicht die Rückverfolgbarkeit ein bisschen dazu beitragen, dass man diese**
70 **Herausforderungen abfangen kann?**

71 **B:** Ja, wie gesagt, bei den Krisen stehen wir alle in der ersten Reihe, gerade in der Automobilindustrie.
72 Gestartet hat das Ganze mit Covid. Covid hatte einen riesengroßen Einfluss auf Transport, Transportkosten,
73 Transportverfügbarkeit. Das heißt, jeder lockt dann in irgendeinem asiatischen Land. Er hat dann einen
74 riesen Rattenschwanz, der dann auch uns trifft. Aktuell ist der Shanghai Lockdown, der vor ein paar Wochen
75 war. Da wirkt sich jetzt aus, aber ganz stark hat sich das Ganze auf das sogenannte Semi-Conductor
76 Shortness, also diese Halbleiter Thematik, das ist auch seit ungefähr eineinhalb Jahren gibt dieses Thema
77 mit der Halbleiter Verfügbarkeit. Wir haben auch hier eine Taskforce etwas seit eineinhalb Jahren laufen.
78 Was heißt es? Das Ganze hat gestartet mit den Themen in Asien. Gerade in Taiwan werden zum Beispiel
79 die ganzen Wafer hergestellt, und da kam es zu diesen Knappheiten. Es wirkt sich aus auf die
80 Halbleitertechnik, bei uns sind es ganz stark Steuergeräte und Aktuatoren. Und was heißt des? Die
81 Automobilindustrie nimmt ungefähr sechs, sieben, acht % dieser gesamten Halbleiter ab, als Kunde. Das
82 heißt, wir sind sehr, sehr klein gegenüber Unterhaltungselektronik zum Beispiel. Und generell zahlt die
83 Automobilindustrie geringere Preise als die Unterhaltungselektronik. Dann kamen eben diese Lockdowns in
84 Asien dazu, dann gab es auch weitere Umwelteinflüsse wie Brände von Werken etc, etc. und wir haben in
85 Europa diese Technologie nicht. Das heißt du musst nach Asien in dem Fall nach Taiwan, um diese
86 Halbleiter oder diese Wafer überhaupt zu bekommen. Und dieser Rückstau, der hat sich noch immer nicht
87 aufgelöst. Das ist unser größtes Problem, dass wir Teile bekommen. Rückverfolgbarkeit in dem Fall bei
88 diesen Elektronikbauteile ist sehr wichtig, weil unsere Kunden, aber auch unsere Lieferanten, arbeiten mit
89 sogenannten Broker-Teilen. Was sind es sind Broker Teile? Das sind jetzt nicht Teile die von einem
90 Originallieferanten kommen, die sind am Brokermarkt, die kosten das zehnfache, oft das Tausendfache
91 von den Originalteilen und da muss man ganz genau unterscheiden sind das Originalteile, was die Qualität
92 betrifft etc.? Oder sind es einfach Fake-Teile die, nur teuer verkauft werden, und da haben wir eine gute
93 Systematik. Aber genau hierfür braucht man dann die Rückverfolgbarkeit. Das heißt unsere Lieferanten, wir
94 und unsere Kunden akzeptieren nur Broker-Teile, wo es eine lückenlose Rückverfolgbarkeit gibt, plus wir
95 wenn wir sie einbauen, müssen es auch gewährleisten. Wenn irgendwann später im Fahrzeug ein Problem
96 auftreten sollte, muss die Rückverfolgbarkeit gegeben sein. Das heißt ist ganz wichtig bei so genannten
97 Broker-Teilen, die nicht Originalteil, also in vielen Fällen sind sie sogar Originalteile, werden einfach nur wie
98 Aktien gehandelt. Das heißt hier in dieser Herausforderung ist es ganz wichtig und aktuell, glaube ich, sehen
99 wir alle das Riesenthema Energie, Gas und Stromkosten sind ins unermessliche. Jetzt geht es auch in
100 Richtung können wir überhaupt Gas bekommen im Winter? Das betrifft uns als Standort Lannach ganz stark

101 weil wir haben insgesamt sieben Durchstoss-Öfen an beiden Werken. Und da brauchen wir natürlich das
102 Gas. Da ist dann natürlich ja, wenn man Zu Beispiel ein Banking machen muss oder irgendwie ausweichen
103 muss, ist Rückverfolgbarkeit ein ganz wichtiges Thema, wenn man irgendwo vom Prozess abweichen
104 müsste, gezwungen durch dieses Gas. Was machen wir dagegen? Wir haben zum Beispiel jetzt Fernwärme
105 Anschlüsse in beiden Werken. Wir brauchen weniger Gas ab dem nächsten Jahr. Wir machen nur mehr mit
106 Fernwärme. Wir heizen nicht mehr mit Gas. wir werden mit Fotovoltaik arbeiten und ja trotzdem einen
107 gewissen Anteil an Gas brauchen wir noch. Aber das sind so die die Megakrisen, die wir im Moment sehen
108 und was natürlich gefährlich ist, ist das auch unsere Kunden dieselben Probleme haben. Das heißt es kann
109 Werksschließungen bei Kunden geben und ja ungewiss, ein täglicher Kampf.

110 **I: Jetzt haben wir ein bisschen in die Vergangenheit geschaut, jetzt schauen wir auch noch kurz in**
111 **die Zukunft, und zwar beim Mitarbeitertreffen ist eine Roadmap vorgestellt worden für die nächsten**
112 **Digitalisierungs- und Automatisierungsprojekte. Da findet man folgenden Punkt, und zwar**
113 **Traceability auf Einzelteilebene mit Data Matrix-Codes. Das ist angeordnet zwischen 2025 – 2030.**
114 **Wo sehen Sie Hindernisse bei der Umsetzung von diesem Ziel?**

115 **B:** Vielleicht eine kurze Erklärung, warum wir die Roadmap so nennen. Also, wir haben im Endeffekt zwei
116 Roadmaps gestaltet. Eine ist in Richtung Automatisierung, da reden wir wirklich von
117 Automatisierungskonzepten und Projekten in der Fertigung, Montage und Produktion, weil wir einfach den
118 Wettbewerbsnachteil, den wir hier haben, durch die hohen Lohnkosten, jetzt hat man in Europa natürlich
119 eben das angesprochene Gas und Energie Thema. Das müssen wir einfach kompensieren. Wenn er sich
120 forstet, dass wir jedes Jahr Lohnsteigerung zwischen drei und heuer vielleicht sogar 6 % haben, müssen wir
121 trotzdem als Hochlohnland die Nummer Eins bleiben, und dazu gehört Automatisierung. Viele sagen,
122 Automatisierung rationalisiert, die Arbeitsplätze weg, Ich denke, es ist gerade das Gegenteil im Moment,
123 weil wir bekommen keine Leute, ganz einfach. Du bekommst in der Fertigung keine Leute, es gibt einfach
124 nichts am Markt. Das heißt, wir müssen uns jetzt schon rüsten für die nächsten Jahre. Dass wir auf der
125 einen Seite abgesichert sind, weil wir keine Mitarbeiter bekommen. Auf der anderen Seite sichern wir Jobs,
126 höherwertige Jobs, mit dieser Automatisierung. Wir haben gute Beispiele, die Gießerei bei uns ist
127 ausgelagert. Das wird Ende August fertig sein. Gasintensiv, energieintensiv, die Technologie aber veraltet.
128 Und wir wollen in Richtung Electrification gehen. Wir bekommen zwei neue Electrification-Projekte hierher,
129 das wirst du vielleicht wissen den (Projektname) und auch den neuen (Projektname) und klare
130 Entscheidung, wir wollen mit dem gehen, wir wollen den Platz für das schaffen und deswegen haben wir
131 das ausgelagert. Aber die Mitarbeiter wurden das nicht alle entlassen, sondern die haben sich umschulen
132 lassen und weiterentwickelt. Wir haben einige wirklich, die da in Richtung neue Technologien, Robotik etc,
133 gegangen sind. Das heißt, Mitarbeiter sind bereit, man muss sich ständig weiterentwickeln. Und das ist jetzt
134 ein Kernpunkt dieser Automatisierung, zur Erklärung. Digitalisierung haben wir deshalb getrennt, weil es
135 nicht nur um Produktion geht, sondern auch um Non-Production, Office Bereiche. Zum Beispiel haben wir
136 im Einkauf dieses Rechnung eingeben, diese Rechnungsverarbeitende haben wir automatisiert Da gibt es
137 Roboter, die arbeiten wirklich selbstständig am PC. Das muss man sich so vorstellen, ein Programm, das
138 kennt die Routinen und macht dann selbstständig alle Einkaufsroutinen beim Rechnungsprüfen etc. Also,
139 wir müssen auch in dem Bereich vielmehr machen zukünftig und das Thema Data Matrix Code haben wir
140 deswegen darauf, einfach weil wir in Richtung Big Data gehen wollen. So das klassische ich mache irgendwo
141 am Ende eine Prüfung von Bauteilen, das wird es nicht mehr geben. Sondern wir wollen uns in die Richtung
142 entwickeln, dass wir sagen Big Data sammeln, aber die Kunst ist immer die Daten dann zu verarbeiten Und
143 wir wollen wirklich, bevor sie irgendwo zu einem Problem kommt, schon verstehen, vorab, dass es zu keinem
144 Problem kommt. Was heißt das, wenn ich mir zum Beispiel bei manchen Maschinen haben wir sogenanntes
145 Vibro-Control im Einsatz, das heißt, in der Herstellung eines Bauteils kann ich über Vibrationen feststellen,
146 wenn zum Beispiel ein Werkzeug sich dem Lebensdauer Ende nähert, gibt es eine Aufzeichnung über
147 Vibration, die sagt Ok ich muss das Werkzeug wechseln. Ich vermeide Ausschuss, ich vermeide Stillstände.
148 In diese Richtung muss man denken. Und auch das Data Matrix geht in diese Richtung. Wir sammeln Daten,
149 wir können selbst bestimmen, was wir auf diese DMC Codes geben und damit erzeugen wir Daten, wir
150 sammeln Daten und wir wollen die Daten dann auswerten. Gerade in Richtung E-Drive, wenn man sich das
151 überlegt, da ist das ganz wichtig und wir machen schon Komponenten für E-Drive Fahrzeuge, zum Beispiel
152 bei Porsche. Da gibt es immer extrem hohe Qualitätsanforderungen zum Beispiel was Geräusche betrifft.
153 Die dürfen keine Geräusche haben, weil die Fahrzeuge sind auch leise. Das heißt, wir haben den höchsten
154 Qualitätsanspruch bei der Herstellung von solchen Zahnradern und Wellen in Richtung Geräusch. Und wenn
155 wir schon in der Herstellung durch unsere Daten wissen, wann könnte es zu einem Problem kommen und
156 wann nicht, dann können wir das vermeiden. Und dieses Big Data wird die Qualität der Zukunft sein. Also,

157 die Qualitätsabsicherung der Zukunft Wir sammeln Daten, wir müssen sie nur auswerten und dafür sie
158 haben mich vorher gefragt bezüglich Grundvoraussetzung. Eine der Grundvoraussetzungen ist eben das
159 MES System und deswegen das Team arbeitet ja ganz stark an dem MES und wenn wir das haben, ist es
160 eine der Grundvoraussetzungen, um auch wirklich mit diesem Big Data zu arbeiten. Die Vernetzung
161 Untereinander. Ja und Data Matrix Code ist nicht nur irgendwas rauf lasern, sondern wir wollen es dann
162 auch wirklich flächendeckend umsetzen.

163 **I: Vielen Dank für die Antworten. Wir sind jetzt am Ende angelangt. Gibt es noch Punkte, die hier im**
164 **Gespräch nicht zur Sprache gekommen sind, wo sie meinen, das würden Sie noch gerne erwähnen**
165 **zu der Thematik?**

166 **B:** Ich denke es ist ein super spannendes Thema. Und da könnten wir stundenlang darüber reden und auch
167 über die Hintergründe dieser Frage kann man stundenlang darüber reden. Aber ich denke es ist ganz
168 wichtig, dass wir uns das im Detail anschauen. Wie gesagt meine Empfehlung wäre, dass wir haben sehr
169 komplexe Prozesse und Verkettungen, dass wir wirklich versuchen an Hand eines Rohteils, des dann bei
170 uns verarbeitet wird im Wertstrom, dass wir da versuchen, ein Beispiel zu erarbeiten. Das wäre so meine
171 Empfehlung darin. Und ja, danke fürs Interesse Und alles Gute noch.

172 **I: Vielen Dank!**

7.2 Interview 2

Datum: 27.07.2022
Dauer: 0:17:12 h
Bereich: Versand
Abkürzungen: I...Interviewer, B...Befragte Person

1 **I: Super. Vielen Dank, liebe (Name), dass du dir Zeit nimmst für das Interview heute. Kommen gleich**
2 **zur ersten Frage. Magst du dich und deine Tätigkeit im Unternehmen kurz vorstellen?**

3 **B:** Gerne. Ich bin jetzt seit 2010 mittlerweile schon dabei, früher waren wir ja immer relativ klein, da hat es
4 den TLC und so weiter noch nicht gegeben. Das heißt wir haben die ganzen Prozesse, angefangen vom
5 Wareneingang bis zum Versand eigentlich durchgemacht, das heißt ich habe bei diesen ganzen Schritte
6 eigentlich schon ein bisschen mit geschnuppert oder kenne zumindest die Prozesse, jetzt noch nicht ganz
7 so im Detail, aber doch durchaus noch. Wir haben uns dann eher auf den Versand spezialisiert, nachdem
8 der Wareneingang dann natürlich dann outgesourced worden ist. Und ich bin im Prinzip dafür verantwortlich,
9 wenn dann das Teil mal montageseitig produziert ist, im Gebinde drinnen liegt und als Handling Unit
10 abgeschlossen ist, wird es dann ins Lager transportiert und von da an, sondern wir quasi zuständig und
11 verantwortlich. Also alles was dann die Lager-Wirtschaft betrifft, die ganzen Buchungen usw. dahinter, wie
12 das funktioniert. Dann Lieferschein Erstellung obliegt dann im Kundencenter, das ist eine Schnittstelle zu
13 uns und sobald der Lieferschein erstellt, ist dann die ganze Kommissionierung und LKW Beladung und alles
14 das mit der Spedition usw. anfällt, Lieferpapiere und Versand Dokumente. Je nachdem wie der Kunde was
15 haben möchte, ist auch bei jedem Kunden unterschiedlich. Jeder Kunde hat seine eigenen Anforderungen
16 mittlerweile schon und das macht dann mein ganzes Team im Lannach und auch Ilz, also an beiden
17 Standorten. Und wir versuchen uns da mittlerweile auch zu standardisieren und Lannach und Ilz war doch
18 jahrelang sehr unterschiedlich und hat auch unterschiedlich gearbeitet und da arbeiten wir gerade auch
19 daran, dass man die Prozesse teilweise angleichen können und anpassen können, was funktioniert, überall
20 geht es nicht, weil ja doch teilweise auch andere Prozesse sind. Lannach ist doch sehr Fertigungs-lastig
21 und das ist ein ganz anderes Thema als Montage. Ja, das sind so unsere Haupttätigkeiten.

22 **I: Gut und dann tauchen wir auch schon ein in das Thema Rückverfolgbarkeit. Und zwar kannst du**
23 **mir kurz erklären, was für dich eine lückenlose Rückverfolgbarkeit in der Produktion bedeutet?**

24 **B:** Also, wenn ich mir das aus Kundensicht vorstelle bzw. für mich in der Firma, sobald eine
25 Kundereklamation reinkommt, muss erst einmal verifiziert werden, wo eigentlich das Problem ist oder
26 welches Teil es ist. Und meistens sind es ja klarerweise irgendwelche Einzelteile, die es dann betrifft. Und
27 aus meiner Sicht muss ich die Einzelteile rausfiltern können. Das heißt, ich muss wissen, welche Charge
28 von dem Teil in welches Getriebe eingebaut worden ist. Und dazu muss ja wissen, lieferantenseitig, wie lang
29 ist diese Charge geliefert worden? Und das muss man meiner Meinung nach auch der Lieferanten genau
30 sagen können. Okay, von da bis da ist die gleiche Charge von diesen Teil eben produziert worden. Das habt
31 ihr von dem bis zu dem Zeitpunkt geliefert bekommen. Und dann muss es für uns nachvollziehbar sein, in
32 welchem Zeitraum diese in die Aggregate verbaut worden sind. Das ist so meiner Meinung nach, damit ich
33 ganz genau weiß, welches Aggregat jetzt eigentlich dieses Teil drinnen hat. Das wäre für mich so, vom
34 Lieferanten eigentlich bis zu uns bis zur Produktion, hier ist meine Meinung, dass das nachvollziehbar sein
35 muss.

36 Ansonsten habe ich keine Chance das irgendwie eliminieren zu können oder wie auch immer oder Kontrollen
37 durchführen zu können. Und ob das jetzt wirklich immer für jedes einzelne Teil der Fall ist, Einzelteil-seitig
38 bin ich zu wenig involviert. Ich glaube, dass die Lieferanten das teilweise nicht so ganz genau sagen können.
39 Das kriegt ja immer wieder mit, dass man es nicht gut eingrenzen kann, und da sind wir meiner Meinung
40 nach eigentlich ziemlich hintendran und auch die Lieferanten.

41 **I: Ja, weil es ja auch ein Riesen Thema ist.**

42 **B:** Das glaube ich, ja.

43 **I: Schauen wir gleich weiter bezüglich der Rückverfolgbarkeit hier am Standort. Du bist aus dem**
44 **Versand und daher sprechen wir heute über Fertigteile, sprich Teile, die fertig produziert sind und**

45 **weiterkommen an den Kunden. Welche Maßnahmen gibt es derzeit im Versand, um die**
46 **Rückverfolgbarkeit für Fertigteile zu gewährleisten?**

47 **B:** Also im Prinzip ist es alles im SAP getrackt. Das heißt, es ist eine SAP-Datenbank, die aufgesetzt ist, die
48 sämtliche Informationen speichert und die permanent abrufbar sind. Das heißt, es wird jetzt nicht irgendwie
49 dann in Excel-form oder so rausgezogen und archiviert oder wie auch immer, sondern das ist alles
50 permanent im SAP rauszufinden, das heißt, sobald ein Kunde mir und da gibt es verschiedene
51 Möglichkeiten, wie man das suchen kann. Am schönsten ist natürlich, wenn der Kunde sagt okay, bei diesem
52 Lieferschein oder wie auch immer, dann kann ich ganz genau sagen, welche Aggregate mit diesem
53 Lieferschein versendet worden sind. Oder der Kunde sagt mir zum Beispiel nur die Handling-Unit, die er auf
54 seinem externen Label drauf steht, jedes hat seine eigene Beschriftung sozusagen. Jedes Gebinde
55 bekommt eine eigene Nummer, damit sie wieder nachvollzogen werden kann, bei welcher Lieferung das
56 drinnen war. Er kann diese Nummer sagen und die findet im Rückschluss dazu, welche Aggregate dort
57 drinnen waren oder er sagt mir einfach, weil auf jedem Aggregate ist ja auch eine Seriennummer drauf. Er
58 sagt dann einfach bei diesen passt etwas nicht dann weiß ich ganz genau okay, das ist mit diesem Gebinde
59 geliefert worden, mit diesem Lieferschein an diesen und diesen Tag. Dort waren noch die und die Aggregate
60 auch mit drin. Also das kann in den verschiedensten Varianten eingrenzen. Ist aber wie gesagt alles SAP
61 lastig. Also es gibt für uns keine Dokumentation zu irgendwas, sondern es ist ja alles im SAP
62 nachvollziehbar.

63 **I: Und wie kommen diese Infos ins SAP rein? Also passiert das bei euch? Ist es der Prozessschritt**
64 **bei euch in der Abteilung?**

65 **B:** Teils teils, also die Seriennummern usw. die werden ja an der Montage Linie gescannt mit dieser
66 Retrogradbuchung und meines Wissens, also da ist noch nicht so mein Bereich. Das heißt dann, jedes
67 Gebinde bekommt dann eine Handling-Unit, eine sogenannte HU, das wirst du höchstwahrscheinlich schon
68 mal gehört haben. Und in diese HU wird jedes Aggregat reingescannt, sozusagen verknüpft miteinander.
69 Das heißt okay in dieser HU sind jetzt diese Aggregate Nummern drin. Dann wird das Gebinde zu uns zum
70 Versand gestellt, wird es auf einen Lagerplatz gebucht, damit wir es auch finden, weil es ist ja in vor allem
71 in Ilz ein relativ großes Lager. Dann wird der Lieferschein erstellt und jeder Kunde hat ein eigenes Layout,
72 das vom Kunden vorgegeben werden. Wie gesagt, auch das Label, was auf das Gebinde drauf kommt,
73 bestimmt der Kunde, was da alles für Daten und Informationen drauf stehen sollen und unter anderem auch
74 wieder einen Barcode oder QR Code, je nach Kunde. Und unser internes HU-Label, was die Montage kreiert,
75 wird dann mit diesem externen Kunden Label das der Kunden haben möchte, auch gegen gescannt. Wir
76 sagen dazu verheiraten und somit werden auch die Daten wieder zum Lieferschein reingespielt, oder wie
77 auch immer. Also es erfolgt alles übers SAP und ist alles im System abgesichert.

78 **I: Und das heißt dann auch bei den Fertigteilen: Jedes Teil hat eine Seriennummer und dann im**
79 **Gebinde nochmal eine Chargennummer.**

80 **B:** Ja genau, eine übergeordnete Chargennummer, kann man sagen. Und das wird dann mit dem
81 Lieferschein verknüpft, bei der Kommissionierung zur Auslieferung. Somit habe ich dann die ganzen Schritte
82 wie ich dann zu den Aggregate-Nummern kommen kann.

83 **I: Weißt du, wie die Seriennummern auf den Fertigteilen angebracht sind?**

84 **B:** Die sind glaube ich teilweise mit einem Etikett und teilweise sind sie sogar schon eingraviert. Aber es ist
85 unterschiedlich.

86 **I: Also werden auch noch Etiketten verwendet?**

87 **B:** Ja. Also es ist alles scanbar. Mittlerweile glaube ich alles QR-Code und kaum mehr mit Barcode.

88 **I: Okay, gut, dann haben wir eh schon viele Themen angeschnitten. Dann noch mal kurz. Sprich die**
89 **Daten werden im SAP erfasst und sind dort gespeichert und es passiert eigentlich nur etwas mit**
90 **dem Daten im Reklamationsfall.**

91 **B:** Richtig. Also es gibt auch ein eigenes Archiv im SAP, deswegen die Daten nicht rausgezogen werden.
92 Und ich glaube, ich bin mir nicht ganz sicher, für drei oder fünf Jahre oder sogar sieben Jahre das so, werden
93 die ganzen Daten die aktuell sind ins SAP-Archiv rüber gespielt, weil ja das Riesen Datenmengen sind und
94 sonst dann das normale SAP zu langsam werden würde zum Arbeiten. Und es ist aber trotzdem alles im
95 SAP ersichtlich. Es gibt dann einen eigenen Knopf, wo man sagen will, okay, ich möchte jetzt im Archiv
96 suchen. Wenn es ebenso viele Jahre in der Vergangenheit liegt.

97 **I: Und wenn es dann zu einem Reklamationsfall kommt, werden dann irgendwie in Bezug auf diese**
98 **Charge irgendwelche anderen Daten analysiert oder angeschaut? Oder schaut man sich wirklich nur**
99 **an, okay, wo war das und betrachtet den Einzelfall?**

100 **B:** Also ich glaube, dass das unterschiedlich ist, es kommt drauf an, ob das eine Kundenreklamation ist und
101 was der Kunde reklamiert. Es gibt ja auch diese Fälle wo die Montage schon am Prüfstand oder irgendwo
102 drauf kommt es passt irgendwas nicht, ohne dass es zum Beispiel zum Kunden kommt. Also das ist die
103 umgekehrte Variante, wenn die Montage draufkommt, irgendwo, irgendwas passt nicht am Prüfstand ist es
104 dann auch immer ein bestimmtes Teil, dann wird schon eruiert. So weit es geht wird schon mit dem
105 Lieferanten eruiert, wie groß war die Charge und dann wird bei uns nachgeschaut, ok haben wird diese
106 Charge nun bereits verbaut, oder ist es eine neue Charge. Wenn sie schon verbaut wurde, stehen die Teile
107 noch im Lager oder wurden die Teile schon zum Kunden geliefert. Dann gibt es auch die verschiedensten
108 Varianten. Aber im Endeffekt ist es immer so bzw. hab ich die Charge vor mir, und ob jetzt aus dieser Charge
109 jedes Einzelteil rausfilterbar ist, was den Wareneingang betrifft und Lieferantenseitig das wird dir eher die
110 Eingangsqualität sagen können, schätze ich. Wäre natürlich das schönste, aber ob es wirklich so ist, ist die
111 Frage. Auf jeden Fall auf Aggregate-Sicht, ja und grundsätzlich sollten ja auch mit der Retrogradbuchung
112 die Chargen vom Lieferanten bekannt sein, welche Chargen in welchem Aggregat drinnen sind.

113 **I: Sehr gut. Was sind deiner Meinung nach die größten Herausforderungen in deinem Bereich in**
114 **Bezug auf die Rückverfolgbarkeit? Wo habt ihr die größten Problematiken?**

115 **B:** Also es war ein Riesen Thema überhaupt eine Datenbank zu generieren. Das hat es ganz am Anfang
116 nicht gegeben. Ich glaube die HU-Lieferungen gibt es ungefähr seit ca. 2008, also kurz bevor ich gekommen
117 bin. Das heißt früher hat es keine Handling Unit geht'sen, das gibts momentan auch noch in Lannach, das
118 bedeutet, dass bei der Auslieferung nichts gegengescannt wird und im Endeffekt weiß ich nicht genau
119 welche Charge mit welchem Lieferschein geliefert worden ist. Das ist noch wirklich sehr sehr alt und mit der
120 Umstellung dann auf Handling Units, war es dann erstmals möglich, dass überhaupt eine
121 Nachvollziehbarkeit wirklich lückenlose zum Kunden hin da war. Und dazu dann überhaupt Datenbanken zu
122 generieren und welche Informationen brauchen wir und welche Suchmöglichkeiten müssen vorhanden sein,
123 weil jeder Kunde gibt uns andere Informationen, das heißt es muss auf sehr vielen Arten die Möglichkeit da
124 sein damit man überhaupt suchen kann. Ich weiß früher waren es drei Listen, die man dann
125 zusammenstoppeln hat müssen. Mittlerweile ist es eine große Datenbank und mit der arbeitet eben die
126 Qualität, die Kundenqualität. Das sind wenige Knopfdrücke, wo man davor teilweise stundenlang gesessen
127 ist, um die Daten zusammenzusuchen. Das Projekt hat ungefähr ein Jahr gedauert, bis wird das dann alles
128 zusammenhatten. Welche Informationen dann alle brauchen und damit man dann auch damit arbeiten kann.
129 Also die Datenerfassung war ganz sicher die große Herausforderung. Diese Datenbank wird natürlich auch
130 immer erweitert, mit Umprogrammierungen und so, aber das erstmalige installieren das war sicherlich das
131 größte Thema.

132 **I: Das kann ich mir gut vorstellen. Bei so einer Menge an Daten ist das eine besondere**
133 **Herausforderung.**

134 **B:** Richtig ja. Vor allem hat die Erfahrung mit Handling Units gefehlt. Bzw. herauszufinden was bekommt
135 man überhaupt für Daten raus usw. also das war ja alles neu. Mittlerweile funktioniert es zum Glück
136 lückenlos. Da sind wir gerade dabei auch in Lannach umzustellen.

137 **I: Also das betrifft nun vor allem Ilz?**

138 **B:** Ja genau. Also in Ilz ist es definitiv so, weil es da keine Lieferungen gibt, die keine Handling-Units oder
139 Gebinde sind. In Lannach gibt es das nachwievor, weil Lannach einfach Fertigungs-lastig ist. Das ist einfach
140 ein komplett anderes System als die Montage und da hat es bis jetzt gar keine Handling-Units gegeben, da
141 war es wirklich nur Chargenspezifisch und nichts zum gegenscannen, das heißt auch die Gefahr, weil der
142 Mitarbeiter hat eine Liste bekommen mit 50 Chargennummern drauf und die hat er alle nur visuell
143 dazusuchen müssen und da war kein Barcode drauf, dass man das irgendwie gegenscannen kann. Das
144 heißt, ob er da jetzt die richtige Charge erwischt oder nicht hat man eigentlich nie sagen können, weil
145 Zahldreher zum Beispiel mit 96 und 69, die gibt es immer. Und das ist eben bei den HU-Lieferungen
146 ausgeschlossen, weil eben dieser Gegencheck stattfindet. Und da sind wir gerade dabei dass in Lannach
147 die letzten alten Reste eliminiert werden und daraus HUs machen. Was in der Fertigung nicht so einfach ist,
148 weil es komplett andere Prozesse sind als wie Montage. Aber somit haben wir auch da die
149 Rückverfolgbarkeit. Also als Qualitätssicht ist es eigentlich ein Wahnsinn weil es können ja auch Teile
150 gesperrt sein und die HU weiß dann, dass sie gesperrt ist und wenn mein Staplerfahrer diese HU anschauen

151 möchten, dann kommt da eine Fehlermeldung dann kann er das nicht. Wenn es keine HU gibt, können die
152 Teile zwar gesperrt sein, aber niemand weiß das. Und er nimmt dann einfach die Teile her und die landen
153 dann beim Kunden und sollten es eigentlich nicht sein. Also auch aus Qualitätssicht war das ein Wahnsinn
154 eigentlich wie da in Lannach gearbeitet wurde.

155 **I: Ok. Das heißt diese HUs sind ein wichtiger Faktor für die Rückverfolgbarkeit.**

156 **B:** Ja genau, auf jeden Fall. In Lannach mache ich das jetzt ungefähr seit drei Jahren und mit Corona war
157 es jetzt ein bisschen schwierig, weil da waren wir nicht viel vor Ort aber mit dem heurigen Jahr sind wir da
158 wieder auf Kurs und versuchen die ganzen anderen, wo es noch eine HU gibt, umzustellen.

159 **I: Ja alles klar. Dann haben wir eigentlich schon das Ende von unserem Interview erreicht. Gibt es
160 von deiner Seite noch irgendwelche Punkte, die du zu dem Thema ansprechen möchtest, die jetzt
161 nicht zur Sprache gekommen sind?**

162 **B:** Grundsätzlich glaube ich, was meinen Bereich betrifft und was ich dazu sagen kann, haben wir alles
163 angesprochen. Und lieferantenseitig gibt es sicher noch Potential, sag ich mal, das ist klar. Aber wir sind
164 eine sehr große Firma und wir haben sehr viele Lieferanten und das wird dort bestimmt genauso eine
165 Baustelle sein wie bei uns im Outbound. Ansonsten ist das glaube ich alles was ich dir zu diesem Thema
166 sagen kann.

167 **I: Super, dann vielen Dank!**

168 **B:** Danke auch.

7.3 Interview 3

Datum: 27.07.2022
 Dauer: 0:22:27 h
 Bereich: Montage
 Abkürzungen: I...Interviewer, B...Befragte Person

- 1 **I: Danke lieber (Name), dass du mit mir das Interview machst. Ich würde dich bitten, dich kurz**
 2 **vorzustellen und deine Tätigkeit im Unternehmen zu beschreiben.**
- 3 **B:** Also ich bin ein Qualitätstechniker, beim (Name), er ist zuständig für die Kundenreklamationen. Und was
 4 wir machen ist Bearbeiten von Kundenreklamationen und die ganze Doku dazu, die dafür zu machen ist und
 5 natürlich auch die Betreuung der Montagelinie seitens der Qualität, da machen wir z.B. den Kontrollplan.
 6 Dann machen wir die Erstteil-Freigabe. Dann machen wir dazu noch Q-Gate und die CC, das ist die
 7 Customer Interface Characteristics. Das sind Kundenanschlüsse, das sind die Unterlagen, die wir für die
 8 Montagelinie zur Verfügung stellen und machen und eben die Montagelinie seitens der Qualität betreuen.
- 9 **I: Gut, dann habe ich am Anfang eine kurze, allgemeine Frage. Kannst du mir erklären, was für dich**
 10 **eine lückenlose Rückverfolgbarkeit in der Produktion bedeutet?**
- 11 **B:** Lückenlose Rückverfolgbarkeit bedeutet für mich, wenn ich jetzt vom Kunden ein defektes Aggregat
 12 zurückbekomme, dass ich jedes einzelne Teil zurückverfolgen kann, bis zum Lieferanten, wäre idealerweise.
- 13 **I: Wie funktioniert derzeit die Rückverfolgbarkeit bei euch im Bereich?**
- 14 **B:** Ja, das müssten wir uns später eigentlich bei der Montagelinie anschauen, weil wir tun die wertigen
 15 Einzelteile alle einscannen. Zum Beispiel ein Steuergerät wird zum Aggregat verheiratet, indem das
 16 Steuergerät zum Aggregat dazu gescannt wird. Das Gehäuse bekommt am Anfang eine Nummer, quasi
 17 eine Seriennummer und zu dieser Seriennummer wird alles dazu gescannt und zum Schluss haben wir dann
 18 eine Aggregat-Seriennummer. Diese wird dann hinauf gelasert einmal in Klarschrift und einmal mit einem
 19 Matrix Code und somit kann man mit dem Code und die ganzen Daten zum dem Aggregat im Leitrechner
 20 abspeichern. Da schauen wir uns später dann ein Anlagendatenblatt anschauen, wo eben pro Aggregat die
 21 ganzen Kräfte abgespeichert werden: die Pressenkräfte, die Chargennummern zu den einzelnen Teilen und
 22 so weiter.
- 23 **I: Das heißt ihr habt sozusagen das Gehäuse, das das Fertigteil darstellt und alle Einzelteile, die**
 24 **wertig sind, also nicht alle, werden dazu verheiratet durch den Scan.**
- 25 **B:** Ja genau. Also größtenteils werden nur die Chargen eingescannt. Das heißt eine Charge hat dann zum
 26 Beispiel 100 Teile und dann werden eben die Teile zu den einzelnen Aggregaten eingescannt und wenn der
 27 Bereich verbraucht ist, dann kommt die nächste Charge und dann geht es weiter. Aber das heißt wenn ich
 28 eine Reklamation bekomme, wo eben die 100 Teile drin sind, dann kann ich das Ganze auf hundert Teile
 29 eingrenzen und ich brauche nicht zehntausend zurückholen. Wenn ich weiß, ich habe da einen Serienfehler
 30 von dem Aggregat, dann kann ich es eingrenzen auf diese 100.
- 31 **I: Ok und diese 100 sind dann zum Beispiel ein Gebinde oder eine Handling Unit.**
- 32 **B:** Ja genau. Die 100 Teile sind aber nur eine Hausnummer gewesen. Manchmal können das auch nur zehn
 33 sein, manchmal aber auch zehntausend. Wichtig ist nur, dass die ganze Charge eingegrenzt werden kann,
 34 wenn ein Serienfehler auftaucht, dass man die gesamte Charge zurückgeholt werden. Dann wissen wir über
 35 die Seriennummern wo diese Aggregate sind und wohin wir sie geliefert haben, weil wir haben ja oft mehr
 36 als nur einen Kunden. Das heißt von diesen hundert Teilen sind dann beispielsweise zehn in Deutschland
 37 und die anderen zehn in Ungarn, wo auch immer die Kunden sind.
- 38 **I: Das heißt bezogen auf die Hierarchie. Man hat dieses Gehäuse, was direkt mit einer Seriennummer**
 39 **beschriftet ist, was man direkt identifizieren kann. Und die Halbdteile, die drinnen verbaut sind,**
 40 **identifiziert man dann sozusagen über die Daten, die dazu erfasst werden durch den Scan.**
- 41 **B:** Nicht ganz. Also am Anfang hat man mal eine Teilenummer vom Gehäuse und einen internen QR-Code
 42 auf einem Etikett und zum Schluss hat man dann eine komplette Aggregatnummer, die in Klarschrift und als
 43 QR-Code auf das Teil gelasert wird. Das kannst du bei diesem Teil hier sehen. Zusätzlich haben wir auch
 44 noch für den Endkunden etwas. Wenn dann nämlich zum Beispiel beim Endkunden, wie bei dir bei deinem

- 45 Auto, ein Fehler auftritt, dann gehst du in die Werkstatt, aber die Werkstatt kann mit dem 2D-Matrixcode
46 nicht viel anfangen, deshalb wird die Nummer auch in Klarschrift gelasert, den siehst du hier.
- 47 **I: Ah ok, sehe ich.**
- 48 **B:** Die Anlage zum Lasern können wir dann an der Linie anschauen. Und die ganze Nummer ist dann
49 natürlich das gleiche, wie im Code enthalten ist. Nur kann so die Nummer in einer Werkstatt abgeschrieben
50 werden, falls es einen Fehler beim Endkunden gibt. So kann die die Werkstatt auch ein neues Teil bestellen
51 und sie schicken uns das Teil zurück und wir können dann so nachvollziehen was das für ein Aggregat ist.
52 Was man aber dazu sagen muss, das ist eines der wenigen Aggregate, wo wir angefangen haben das hinauf
53 zu lasern. Vorher war es immer ein Pickerl. Und das Pickerl verschwindet ja im Laufe der Zeit. Wenn man
54 dann zum Beispiel mit dem Auto durch Wasser fährt kann dies weggeschwemmt werden, aber die gelaserte
55 Markierung bleibt erhalten. Wir haben nicht immer nur gelasert, manchmal haben wir auch genadelt, also
56 Graviert, und das bleibt auch fix oben.
- 57 **I: Und die gelaserte Markierung kommt ganz zum Schluss auf das Teil?**
- 58 **B:** Ja, ganz zum Schluss. Wenn alle Punkte innerhalb der Montage bei diesem Aggregat als In-Ordnung
59 markiert sind, dann kommt der Code er auf das Teil. Deswegen haben Fehlteile, bei denen es ein Problem
60 in der Montage gegeben hat, keinen Code oben.
- 61 **I: Das heißt also, wenn der Code drauf ist, weiß ich, dass das Aggregat eigentlich auch alle
62 Qualitätsschritte hinter sich hat?**
- 63 **B:** Ja genau. Und dass diese Teile mit Code alle in Ordnung sind. Sonst bekommt das Teil den Code nicht.
- 64 **I: OK. Und jetzt nur kurz zu der Datensicht. Ist es im SAP oder liegt das nur auf einer eigenen
65 Datenbank?**
- 66 **B:** Ich zeige dir mal so ein Prozessdatenblatt. Da sieht man zuerst eine Unique-ID, das ist jene Nummer,
67 die das Gehäuse bekommt. Weil das Gehäuse hat ja auch einen intern 2D-Matrix Code drauf und in diesem
68 ist die Unique-ID enthalten. Das siehst du auf diesem Etikett. Und nach der Montage und den
69 Qualitätsüberprüfungen hat man danach die Seriennummer.
- 70 **I: Und die Seriennummer ist auch das was in Klarschrift auf dem Teil zu finden ist?**
- 71 **B:** Ja genau, das ist dann was auf das Aggregat gelasert wird.
- 72 **I: Und das bedeutet, zusätzlich zu diesen Nummern sammelt ihr die Teile, die verbaut sind.**
- 73 **B:** Ja genau, du siehst eh das Dokument hat sehr viele Seiten. Da drin hat man beispielsweise alle
74 Teilenummern, die verbaut sind. Also die Nummern von allen Einzelteilen. Und natürlich auch die
75 zugehörigen Chargennummern zu allen Teilenummern, die findet man weiter hinten in dem Dokument. Hier
76 siehst du zum Beispiel diese Teilenummer und daneben steht die zugehörige Chargennummer.
- 77 **I: Und die Chargennummer von diesen Schrauben beispielsweise betrifft nun zum Beispiel eine Box
78 an Schrauben?**
- 79 **B:** Ja genau. Und hier wissen wir auch ganz genau wie viele Schrauben in dieser Box drinnen waren mit
80 dieser Nummer. Das kann man dann im SAP nachschauen. Das findet man dann im SAP. Dieses
81 Prozessdatenblatt ist aber in unserem Leitreechner an der Montagelinie. Das haben wir pro Aggregat, das
82 bedeutet wir haben für jedes Aggregat ein Prozessdatenblatt mit den verbauten Teilenummern und deren
83 Chargennummern.
- 84 **I: Ah ok. Und ich sehe hier auch Prozessinfos, wie diese Presskräfte oder ähnliches.**
- 85 **B:** Ja genau, du siehst hier die werte von den Pressenkräfte und Werte zur Schweißnahtüberprüfung oder
86 Setzmasse. Da gibt es einen Haufen an verschiedenen Werten auf diesem Prozessdatenblatt.
- 87 **I: Also das sind sozusagen Messwerte...**
- 88 **B:** Ja genau und man findet auch die oberen und unteren Toleranzgrenzen für die einzelnen Werte. Dieser
89 Wert muss immer in der Toleranz sein und dann bekommt der Schritt einen grünen Haken und zum Schluss,
90 wenn alles grün ist, dann wird der QR-Code raufgelasert. Auch die Qualitätskontrolle von der Qualität des
91 gelaserten Codes sieht man auf diesem Blatt.
- 92 **I: Und das bedeutet diese Daten aus dem Prozessdatenblatt liegen alle auf den Leitreechner und ihr
93 greift im Reklamationsfall darauf zu. Und sonst sind die Daten einfach dort gespeichert? Und sonst
94 werden diese in eurem Bereich Daten noch für bestimmte Auswertungen oder Analysen verwendet?**

- 95 **B:** Ja genau und wir machen auch ein paar Auswertungen. Zum Beispiel empirische Auswertungen, von
96 Kräften. Hier können wir empirisch Toleranzbereiche auswerten und dann grenzen wir mal das Ganze in
97 dem Toleranzbereich ein und dann passen wir hier die Toleranzgrenzen an. Aber das hat weniger mit der
98 Rückverfolgbarkeit zu tun
- 99 **I: Ja, aber ihr erfasst ja einen Haufen an Daten für jedes Aggregat – eine wichtige Fragestellung im**
100 **Bereich der Rückverfolgbarkeit ist auch, wie ich einen Nutzen aus diesen erfassten Daten ziehen**
101 **kann. Macht ihr sonst noch etwas mit den Daten?**
- 102 **B:** Ja zum Beispiel, wenn ein Fehler auftritt. Ist der Fehler beim Steuergerät, dann schauen wir an der Linie
103 bei welchem Aggregat das eingebaut worden ist und ob es da bei der Montage ein Problem gegeben hat.
104 Weil das sehe ich, ob auf den Prozessdatenblatt alles grün angehakt war. Da seh ich dann auch, ob eine
105 Nacharbeit am Teil notwendig war und dann kann ich noch schauen was in der Nacharbeit passiert ist. Also
106 für uns sind diese Unterlagen schon sehr wichtig, damit man gleich analysieren kann welche Probleme es
107 bei diesem Teil gegeben hat. Und wenn da nichts zu finden ist, dann wird das an die nächste Abteilung
108 weitergegeben, die sich zum Beispiel mit der Analyse von elektrischen Bauteilen beschäftigen.
- 109 **I: Ich sehe, auf dieser Steuereinheit befindet sich auch ein eigenes Etikett mit einem Code, bekommt**
110 **ihr dieses elektrische Teil schon inklusive diesem Code geliefert?**
- 111 **B:** Nein, den drucken wir auch selber. Der Lieferant hat diese Gravur auf das Teil gegeben aber dieses
112 Etikett ist von uns.
- 113 **I: Aha ok, liegt das daran, dass es ein elektrisches Bauteil ist oder warum ist das so?**
- 114 **B:** Nein dieser Code ist drauf, weil wir das Teil flashen tun. Also es wird quasi von uns ein kleines Programm
115 hinaufgespielt. Deshalb kommt der Code rauf. Da sieht man dann zum Beispiel den Softwarestand, weil das
116 ja auch wichtig ist, wenn sich software-seitig etwas ändert.
- 117 **I: Ah ok. Aber die Software wird nicht an der Montagelinie auf das Teil gespielt oder? Passiert das in**
118 **einem vorgelagerten Bereich oder...?**
- 119 **B:** Nein das machen wir direkt an der Linie. Und wir drucken auch dieses Etikett direkt an der Linie.
- 120 **I: Ah alles klar. Das passiert direkt.**
- 121 **B:** Ja und auch alle Infos zu der Steuereinheit und dem Flashen sind auf dem Prozessdatenblatt zu finden.
- 122 **I: Hat dieses Prozessdatenblatt eine Schnittstelle ins SAP oder ein MES?**
- 123 **B:** Das kann ich leider nicht genau sagen, das weiß ich nicht. Also diese Prozessdatenblätter sehen wir auf
124 jeden Fall nur am Leitreechner an der Linie.
- 125 **I: Und woher bekommt der Leitreechner die benötigten Daten wie zum Beispiel Stücklisten?**
- 126 **B:** Naja im Leitreechner sieht man das was der Mitarbeiter an der Linie einscannt, da wird nichts zusätzlich
127 hineingeschrieben. Das bedeutet zum Beispiel für die Chargen – hier wird immer wenn eine neue
128 Chargennummer eingescannt und diese gilt solange bis die Charge leer ist also der Leitreechner weiß dann
129 zum Beispiel er kann jetzt 100 Teile dieser Chargennummer verbauen. Wenn diese verbraucht sind kommt
130 dann wieder eine neue Charge mit einem neuen Chargenzettel und die wird dann wieder eingescannt. Wenn
131 dann zum Beispiel 101 Teile gebaut werden, dann ist das mit einer Charge auch systemseitig nicht möglich.
- 132 **I: Ok, das heißt diese Stückzahlen sind so im System hinterlegt, dass hier keine Fehler passieren**
133 **können?**
- 134 **B:** Genau an der Linie ist alles so geregelt, dass keine Fehler passieren können. Das müssen wir leider so
135 machen.
- 136 **I: Ich habe vorher mit (Name) aus dem Versand gesprochen und dort hat sie eine Retrogradbuchung**
137 **erwähnt. Kannst du mir kurz erklären was die Retrogradbuchung ist?**
- 138 **B:** Das ist eigentlich das Scannen an der Linie, die Scans von dem Teil in jedem Arbeitsschritt passieren
139 automatisch und diese Buchung passiert dann automatisch im Hintergrund. Aber das ist so gemacht, dass
140 es gemacht werden muss, also die Linie kann gar nicht weiter fahren, wenn das Teil bei diesem Schritt nicht
141 gescannt wurde.
- 142 **I: Ok danke. Was sind deiner Meinung nach die größten Herausforderungen bei euch im Bereich im**
143 **Bezug auf die Rückverfolgbarkeit bzw. bei der Umsetzung dieser Systeme?**
- 144 **B:** Bei dieser Montagelinie, die ist sehr neu und hoch technologisch und hier werden wirklich alle Teile zum
145 Aggregat gescannt. Die Herausforderungen sind eher, dass das alles funktioniert. Wenn alles einmal geht,

- 146 dann läuft es eh. Aber das alle Parameter wirklich berücksichtigt sind, das braucht natürlich schon seine
147 Zeit.
- 148 **I: Und bezogen auf andere Projekte, ich schätze beim Projekt (Projektname) wird das dann ähnlich**
149 **aufgebaut werden.**
- 150 **B:** Ja wahrscheinlich ganz gleich. Und wir haben auch schon andere Linien, die so funktionieren.
- 151 **I: Aber es gibt wahrscheinlich auch noch Linien, die nicht so technologisch sind.**
- 152 **B:** Ja meistens die älteren Linien halt. Da haben wir jetzt erst langsam angefangen mit gelaserten DMC
153 Codes. Früher haben wir da immer nur diese Pickerl gehabt und da war halt immer die Gefahr, dass es
154 runter geht. Weil wenn es halt mal gelasert ist, dann gibt's kein runtergehen mehr.
- 155 **I: Ok. Und habt ihr für die Lasergravur spezielle Überprüfungen, dass diese auch wirklich gut lesbar**
156 **sind?**
- 157 **B:** Ja wir verifizieren auch die Qualität der Codes. Zum Beispiel bei der Erstteilvergabe Erstens ist ein Verifier
158 in der Maschine, der verifiziert den Code und gleicht ihn mit der Seriennummer ab. Der checkt den DMC
159 Code ob genau die Seriennummer drinnen steht. Und dann haben wir noch einen Verifier und der wird für
160 die Erstteilvergabe hergenommen, um den Verifier auf die richtige Funktionsweise zu überprüfen. Das haben
161 wir nur hier und noch nicht bei anderen Linien. Also es wird wirklich der Verifier für den Code nochmal von
162 einem anderen Verifier überprüft. Da kann dann eigentlich nicht mehr viel schief gehen.
- 163 **I: Ah sehr interessant. Nun noch meine letzte Frage, wir haben jetzt über viele Themen gesprochen,**
164 **ist deiner Meinung nach noch ein Punkt offen geblieben, den du noch erwähnen möchtest?**
- 165 **B:** Ja wir müssen uns das gemeinsam nochmal auf der Linie ansehen, dort siehst du es nochmal genauer.
- 166 **I: Super, das machen wir, vielen Dank!**

7.4 Interview 4

Datum: 27.07.2022
 Dauer: 0:28:40 h
 Bereich: maßtechnische Wareneingangsqualität
 Abkürzungen: I...Interviewer, B...Befragte Person

- 1 **I: Danke lieber (Name), dass du dir Zeit nimmst für mich heute. Ich würde dich bitten, dich und deine**
 2 **Tätigkeit kurz vorstellen?**
- 3 **B:** Gut, also mein Name ist (Name). Ich bin hier seit ca. 27 Jahren schon. Und wir sind jetzt im Bereich der
 4 Wareneingangskontrolle, der typischen sozusagen. Ich nehme immer drei Hauptschwerpunkte heraus, was
 5 für uns sozusagen wichtig ist und welche Tätigkeiten wir durchführen. Das eine ist die klassische
 6 Erstbemusterungs-Phase. Das heißt jeder Teil muss bevor er sozusagen die Serienteilfreigabe bekommt,
 7 diese Erstbemusterungs-Phase durchlaufen. Meine Gruppe ist federführend dafür verantwortlich. Die
 8 Erstbemusterung wird bei uns angeliefert. Wir haben dann unterschiedliche Fachabteilungen bei uns im
 9 Haus, die unterschiedliche Prüfungen durchführen. Wenn alle Fachabteilungen ihr Go bzw. ihre Freigabe
 10 geben, dann teilen wir den Lieferanten die Erstmusterfreigabe mit. Sozusagen kriegt der Lieferant diesen
 11 Erstmusterprüfbericht dann unterschrieben von uns retour. Das ist der erste große Punkt. Der zweite Punkt
 12 geht dann über von der Erstbemusterungs-Phase in diese typische Wareneingangsprüfung. Hier machen
 13 wir eine Stichproben-Prüfung. Je nachdem ob es ein kritischer Bauteil ist, wird er häufiger geprüft. Ist es ein
 14 weniger kritischer Bauteil, wie Schrauben, Lager oder Stifte, die werden einmal im Jahr nur angeschaut.
 15 Und bei der Prüfung ist es aber wichtig zu sehen. Wir machen keine 100 % Prüfung, sondern wir nehmen
 16 einfach ein paar Teile aus diesem Lieferlos raus. Sprich drei oder vier oder fünf und prüfen die und wenn
 17 die Teile in Ordnung sind, machen wir den Rückschluss dann ist die ganze Lieferung in Ordnung. Und dann
 18 wird die Freigabe erteilt. Das heißt die klassische Serieneingangsprüfung sozusagen, wobei noch zu
 19 differenzieren ist. Mein Bereich spezialisiert sich nur auf die maßliche Geschichte und es gibt bei uns auch
 20 noch die Werkstofftechnik. Die macht unabhängig von uns die werkstofftechnische Prüfung selbstständig.
 21 Das ist der zweite Punkt. Also der erste Punkt ist die Erstbemusterung, der zweite Punkt ist die
 22 Serienprüfung und der dritte Punkt ist natürlich, wenn beim Serienprüfen oder wenn in der Montage
 23 irgendwas auftaucht und es ein Problem gibt, dann ist die ganze Reklamationsabwicklung. Das ist der dritte
 24 große Schwerpunkt. Das heißt die vom Verhältnis her ist 30-40% Erstteilbemusterung, dann wieder 30-40 %
 25 ist sozusagen Reklamationsabwicklung das restliche ist dann die Serienprüfung. Das ist sozusagen was
 26 unser Tätigkeitsumfeld betrifft. Das sind die Hauptschwerpunkte meines Bereichs.
- 27 **I: Super, sehr interessant. Dann habe ich gleich am Anfang noch eine allgemeine Frage. Was**
 28 **bedeutet für dich der Begriff lückenlose Rückverfolgbarkeit?**
- 29 **B:** Lückenlos ist cool. Also es gibt die Normforderung, die wir haben, es muss eine
 30 Rückverfolgbarkeitssystem gewährleistet sein. Wie und in welcher Tiefe, das steht ja nirgends, also in keiner
 31 Norm, sondern das ist für jedem Industriezweig selbst zu definiert und sozusagen festzulegen was er für ein
 32 System dann implementiert.
- 33 Lückenlos wäre für mich sozusagen vom Stahlhersteller bis raus zum Fahrzeug, also vom Getriebe bis zu
 34 unserem Fahrzeug und da gibt es ja auch schon oft Probleme, dass unsere OEMs nicht so weit sind unsere
 35 Getriebe einzulesen und sozusagen die richtigen Daten haben, aber das ist ein anderes Thema. Aber wenn
 36 wir sagen bis zu uns her das Durchziehen, würde das für mich lückenlos bedeuten, vom Stahlhersteller. Und
 37 dann ist ja das interessante des Stahlherstellers, bräuchte das Rohmaterial geht'sCharge. Dann gehts in
 38 die Fertigungsprozesse. Wenn ich auch herausfinden kann welche Fertigungsprozesse beim Lieferanten
 39 wann und wo durchgeführt worden sind. Und wir das dann rückschließen können bis zu unserem Getriebe.
 40 Das wäre sauber. Das heißt ich kriege die Getriebenummer. Auf die Getriebenummer kriege ich dann das
 41 Bauteil raus und da ist dann das meiste schon was dann eine größere Streuung verursacht ist die
 42 Lieferlosgröße. Das heißt wir haben im Prinzip jetzt mit unserer jetzigen Rückverfolgbarkeit immer nur eine
 43 Lieferscheinnummer vom Lieferanten. Und wenn die Lieferung zum Beispiel 10.000 Teile groß war, ist das
 44 meistens ja so, dass der Lieferant mehrere Fertigungslose drin gehabt hat. Und diese finde ich nur mit der
 45 Lieferscheinnummer nicht mehr heraus. Also das System streut sich dann – je weiter ich die Lieferkette nach
 46 rückwärtsgehe, desto größer wird mein Unsicherheitsfaktor sozusagen von der Genauigkeit auf die

- 47 Fehlerursache oder auf den Prozess, wo der Teil produziert worden ist. Also das geht, wie ein Trichter
48 auseinander, je weiter ich zurück schaue, desto größer wird meine Unsicherheit.
- 49 **I: Ja das stimmt.**
- 50 **B:** Ja es geht gar nicht anders. Weil wenn unser Lieferant noch einen anderen Unterlieferanten hat, dann
51 bricht sich das wieder auf. Weil einfach diese Fertigungsaufträge nirgends berücksichtigt werden im jetzigen
52 System. Wir haben jetzt nur die Lieferscheinnummer vom Lieferanten und was da für Fertigungsaufträge
53 enthalten sind, das geht verloren.
- 54 **I: Ok. Das heißt, das Einzige was ihr vom Lieferanten bekommt, auch für 10.000 Teile, ist nur eine**
55 **Lieferscheinnummer? Und das ist alles was man weiß?**
- 56 **B:** Ja so ist es. Genau.
- 57 **I: Das heißt, wenn was fehlerhaft war, muss man sich eigentlich alle 10.000 Teile anschauen.**
- 58 **B:** Genau. Dann gibt es hin und wieder die Möglichkeit, wenn das Material noch im Originalgebinde ist, vom
59 Lieferanten, weil dort steht meistens mehr drauf als auf einem Lieferschein. Dort sagt der Lieferant oft: Bitte
60 lagert alle Boxen aus, schaut was steht auf dem Etikett oben und dort hat man die Möglichkeit
61 einzuschränken, wenn das Material noch im Gebinde ist, dass man dort etwas herausfindet. Ist das Material
62 verbaut dann geht es nicht mehr. Weil dann ist das Gebinde fort und dann sind auch die Informationen fort.
63 Also das ist momentan das System, das wir haben. Also wir bekommen einen Lieferschein vom Lieferanten.
64 Der wird bei uns bei der Warenübernahme sozusagen dann in das System geklopft. Das heißt die
65 Materialchargennummer steht oben und dann kriegen wir die fortlaufende Nummer plus Liefernummer vom
66 Lieferanten, das ist die interne Chargennummer und die Lieferscheinnummer und das sind die einzigen zwei
67 Sachen, die wir haben.
- 68 **I: Und das wird dann von euch ins SAP eingetragen oder wie passiert das?**
- 69 **B:** Das macht schon die Warenübernahme. Also ich kriege das Material, erst wenn es im System erfasst ist.
70 Dann kriege ich die Info, je nachdem wie wir es eingestellt haben. Wenn ich ein Serienbauteil hernehme. Im
71 Prinzip wird das Material bei uns vereinnahmt. Ist die Prüfung scharf geschaltet und das Material ist zum
72 Prüfen, kriegen wir eine Information. Das heißt es kommt bei uns am Drucker so eine Probenziehyanweisung
73 heraus, so nennen wir das, und das ist für uns der Prüfvertrag. Ist die Prüfung nicht scharf, dann läuft das
74 Material bei uns durch. Dann wird es vom System geskippt und es kommt ins Lager und ist automatisch frei
75 verfügbar für die Fertigung und die Montage. Je nachdem welches Material.
- 76 **I: Ok. Das heißt wenn es dann an die Linie geht, gibt es eine Lieferscheinnummer.**
- 77 **B:** Genau es gibt im System eine Lieferscheinnummer. Wird zwar von uns nicht geprüft, ist aber praktisch
78 frei, aber wenn etwas sein sollte, könnte man mit dieser Chargennummer reingehen, findet dann die
79 Lieferscheinnummer und könnte dann mit dieser Lieferscheinnummer dann auf die Lieferanten zugehen und
80 sagen wir haben hier und hier ein Problem. Dann kommt schon die Frage: Ist es noch im Originalgebinde?
81 Gibt es noch die Möglichkeit das herauszufinden was auf der Box steht, wenn nicht dann nicht und dann
82 muss man Entscheidungen treffen, was machen wir mit diesem Material.
- 83 **I: Ja, ok. Du hast jetzt vorher die Chargennummer kurz erwähnt. Wann wird diese Chargennummer**
84 **genau vergeben?**
- 85 **B:** Bei jeder Lieferung die eingebucht wird. Die Chargennummer besteht aus zwei Nummern im Prinzip. Die
86 ersten zwei Ziffern geben den Revisionsstand bekannt, und dann ist es einfach eine fortlaufende Nummer.
87 Und je nach Bauteil, also neue Teile beginnen mit 00. und dann die fortlaufende Nummer.
- 88 **I: Das heißt wenn ihr zur Prüfung Teile bekommt, sind diese schon im System und haben schon eine**
89 **Chargennummer.**
- 90 **B:** Genau die haben schon eine Chargennummer und sind eingebucht. Wenn wir zum Beispiel dieses
91 Beispiel anschauen. Das wäre so eine Probeziehyanweisung, so nennt sich das Ganze, hier sieht man das
92 Datum, wann das Material eingebucht worden ist. Prüflosnummer ist zu sehen und die ganzen Stammdaten
93 und das ist beispielsweise ein Erstmusterwareneingang, Materialnummer ist darauf zu sehen, die
94 Benennung des Materials, dann die ganzen Informationen vom Lieferanten zu sehen. Zusätzlich steht drauf,
95 die Prüfung ist maßlich und werkstofflich vorgeschrieben.
- 96 **I: Sprich das wird sozusagen erledigt und dann kann das Material an die Linie?**
- 97 **B:** Genau. Wir kopieren diesen Zettel. Einer bleibt bei uns und einer kommt zur Werkstofftechnik. Damit hat
98 auch die Werkstofftechnik die Information das Material hier ist zum Prüfen.

99 **I: Aha ok. Und was ist, wenn bei einer Prüfung etwas nicht passt, wird das dann auch im SAP**
100 **vermerkt?**

101 **B:** Genau. Wenn etwas abweichend ist, dann läuft die ganze Reklamationsabwicklung an. Das heißt Material
102 wird im SAP gesperrt. Dann wird in der QPF, das ist das Tool für die Reklamationsabwicklung gegenüber
103 den Lieferanten. Das heißt wir erstellen in diesem System einen Reklamationsbericht. Dort wird dann diese
104 Liefernummer angezogen, es können ein oder zwei Lieferungen betroffen sein, je nachdem was man gerade
105 für einen Fall hat. Oft ist es so, wenn das Problem auftritt, hat man dann oft mehrere Lieferungen noch im
106 Haus. Es ist ja nicht so, dass man immer nur eine Lieferung da hat, meistens hat man dann weitere
107 Lieferungen noch im Lager. Da wird es dann meistens so gemacht, dass wir die anderen Lieferungen
108 auslagern und schauen dann stichprobenartig drüber, ob das Problem auch dort zu finden ist. Oder oft
109 kommt dann auch schon die Information vom Lieferanten, dass alle anderen Lieferungen auch betroffen
110 sind, oder wir wissen es nicht, bitte sperren. Das machen wir dann. Das heißt im SAP wird das Material
111 gesperrt. Im SAP wird dann die Reklamationsberichtsnummer, die wir in der QPF eröffnen eingegeben. Weil
112 es muss, ja eine Verknüpfung hinterlegt sein was mit dem Material ist. Dafür gibt es auch ein Kurztextfeld
113 sozusagen im SAP was mit dem Sperrgrund für das Material ist. Dann wird es eben im SAP gesperrt und
114 ein Reklamationsbericht wird erstellt und geht an den Lieferanten raus. und dann läuft die ganze Kette los,
115 sozusagen je nachdem was für einen Fehler man hat kann man das Material sortieren oder kann ich es im
116 besten Fall zurückschicken. Also weg mit dem Krempel und zurück zum Lieferanten und er soll uns eine
117 Ersatzlieferung schicken und wir sind fein raus. Leider lässt sich dies zeitlich nicht immer bewerkstelligen,
118 weil das Material dann in der Fertigung oder Montage detektiert wird, dass es fehlerhaft ist und dann muss
119 man halt schnell reagieren und es geht uns die Zeit aus zum Zurückschicken. Bis der Lieferant uns ein
120 neues und gutes Material schickt. Dahingehend haben wir uns die Firma HQR im TLC angesiedelt, die dann
121 solche Nacharbeiten machen für uns. Das geht auch nicht immer, aber meistens. Sie machen dann
122 Sortierungen und trennen Gute von schlechten Teilen. Leichte kleine Handmessungen, wie
123 Durchmesserchecks. Oder man hat einfach eine Referenzteil mit Gut/Schlecht, wo man sozusagen optisch
124 erkennen kann wie schaut ein schlechtes und wie schaut ein gutes Teil aus. Dann kann man solche
125 Sortierungen durchführen lassen. Das heißt materialmäßig gesperrt, kommt dann von diesem
126 Hochregallager heraus zum HQR zum Arbeitsplatz. Die führen dann die Sortierung durch und trennen
127 gut und schlecht. Die guten Teile werden dann freigegeben und die schlechten werden gesperrt.

128 **I: Ok, sperrt man dann wieder eine ganze Charge?**

129 **B:** Genau es wird immer einer Charge gesperrt. Man könnte rein theoretisch, auch wenn man möchte von
130 einer Charge, wenn dies zum Beispiel zehn Boxen hat, könnte man auch nur zwei oder drei Boxen sperren,
131 je nachdem wie man es benötigt. Aber sonst, wenn man ganz normal drüber geht, wird die ganze Charge
132 gesperrt, also sind somit alle Boxen gesperrt.

133 **I: Das bedeutet ihr arbeitet nur mit den Chargennummer und euch interessieren die HU-Einheiten**
134 **nicht?**

135 **B:** Das mit den HU-Einheiten ist dann erst im fertigen Zustand, wenn die Aggregate verpackt sind, dann
136 spricht man von HUs. Das betrifft uns nicht.

137 **I: Aha schon klar. Das kommt also erst später im Prozess.**

138 **B:** Ja nur wenn das Zukauf-Material fehlerhaft ist und wir es nicht detektiert haben und der Fehler so weit
139 durchgestuft ist, dass auch Fertigaggregate betroffen sind, dann nehmen wir kontaktieren wir die Gruppe
140 aus der Montage, und sagen dass es einen Fehler beim Zukaufteil gibt, der kritisch ist und bitte sperrt diese
141 und jene Aggregate. Dann sperren sie die jeweiligen HUs.

142 **I: Alles klar. Wenn Qualitätsprüfungen durchgeführt werden, werden ja auch gewisse Prüf- und**
143 **Messwerte erfasst. werden die irgendwie mit der Chargennummer gematched bzw. gemeinsam**
144 **abgespeichert?**

145 **B:** Ja, im SAP drinnen gibt es diese Prüfkarte. Da sind alle Lieferungen drinnen, die zu diesem Bauteil
146 gekommen sind. Wenn eine Lieferung kommt, die zu prüfen ist, dann sieht man, dass diese momentan
147 gesperrt bzw. in Q-Prüfung ist. Und dahingehend läuft dann diese Serieneingangsprüfung drüber, das heißt
148 da gibt es dann Messergebnisse und Messprotokolle und und und.. Und diese Protokolle werden genau zu
149 diesem Prüflos im SAP abgelegt.

150 **I: Das heißt, wenn dann etwas bei einer Charge ist und man wirklich zurückverfolgt, kann man, falls**
151 **die Charge geprüft worden ist, die Messdaten dazu einsehen im SAP.**

152 **B:** Ja genau.

153 **I:** **Aber nur auf die Charge bezogen.**

154 **B:** Genau richtig.

155 **I:** **Alles klar. Passiert sonst etwas mit den erfassten Daten, außer dass sie einfach abgelegt werden**
156 **oder im Reklamationsfall geprüft werden. Macht ihr zusätzlich Analysen oder Auswertungen. Dass**
157 **man zum Beispiel sieht dass es bei gewissen Lieferanten immer ähnliche Probleme auftreten oder**
158 **so etwas in der Art?**

159 **B:** Gezielt bzw. regelmäßig nicht, manchmal bei speziellen Themen kann man Messwerte mit alten
160 Messwerten vergleichen. Dann geht man zum Beispiel zurück, um zu schauen wie lange man das Problem
161 schon hatte bzw. ist der Trend nach oben oder nach unten gegeben und einfach einen Vergleich mit den
162 vorherigen Messergebnissen durchführt. Dann macht man oft Vergleiche mit den Messungen von
163 Erstmustern. Um zu sehen was man damals hatte und zu sehen, warum man das Problem jetzt hat und
164 vorher nicht, also zu sehen ob einfach das Teil schlechter geworden oder hat sich an der Messung etwas
165 getan. Was wir nicht machen ist sozusagen eine Auswertung über die ganzen Lieferlose zu machen. Das
166 tun wir nicht. Dahingehend weil wir auch nicht wissen, was der Lieferant für einen Prozess dahinter hatte.
167 Weil oft haben wir das Thema, dass der Lieferant zum Beispiel eine 100 % Kontrolle nachgeschaltet hat,
168 das kommt jetzt immer mehr, und dahingehend ist die Prozessfähigkeit nicht so wichtig für uns, weil dann
169 darf der Lieferant im Prinzip alles was in der Toleranz drinnen ist liefern. Er nutzt dann also die ganze
170 Toleranz aus, weil er eben eine 100% Kontrolle hat. Und die sagt, alles was innerhalb der Toleranz ist, darf
171 ich liefern. Aber sonst machen wir mit den Daten nicht viel.

172 **I:** **Ok, alles klar. Dann haben wir ja schon viele Themen angesprochen, was sind deiner Meinung**
173 **nach die größten Herausforderungen bei euch im Bereich, wenn es um die Rückverfolgbarkeit geht?**

174 **B:** Das Hauptthema ist eigentlich die Genauigkeit. Also die Menge. Das heißt wenn es irgendwo ein Thema
175 gibt, erhöht sich der Prüfaufwand immer gleich um Vielfaches. Weil einfach die Genauigkeit von der
176 Rückverfolgbarkeit nicht gegeben ist. Das heißt der Lieferant sagt zum Beispiel er hat in genau dieser
177 Schicht ein Problem mit einem Mitarbeiter gehabt, da hat wurde beispielsweise ein Messmittel falsch
178 kalibriert und dieses Bauteil ist am 24. Dezember produziert worden, jetzt mal als Hausnummer, und diese
179 24-Dezember-Lieferung ist verpackt mit diesem Lieferschein, da ist aber die Produktion von einer Woche
180 drinnen. So und jetzt finde ich das Material von diesem Tag nicht mehr. Also muss ich mir alle Teile
181 rausholen, es ist vielleicht ein guter Fall und der Lieferant hat einen Barcode drauf, jetzt muss ich jeden
182 Bauteil anschießen und das Teil vom 24. Dezember suchen, dass ich die separieren kann, und das Thema
183 hat man natürlich, das kann man nicht umgehen. Wenn man Glück hat, hat man ein Gebinde, das sortenrein
184 auf einen Tag verpackt ist. Weil es passiert sehr häufig, dass die Lieferanten, wenn sie einen kontinuierlichen
185 Prozess haben und das Teil am Ende der Prozesskette ist und es dann sortenrein verpackt ist. Das findet
186 man die Ware von einem bestimmten Tag viel schneller. Aber man muss auch immer wieder Rücksprache
187 mit dem Lieferanten halten, ob es auch wirklich stimmt, oder ob es beispielsweise intern Umsortierungen
188 gegeben hat, das es dann doch im Gebinde vermischt ist, aber das Thema hat man immer, dass man Teile
189 nicht findet.

190 **I:** **Ok. Und glaubst du wäre es für euren Bereich einfacher, wenn man jetzt wirklich sagt man könnte**
191 **so gut wie jedes Einzelteil identifizieren, bei euch innerhalb vor allem in der Produktion?**

192 **B:** Auf jeden Fall. Man hat zwar immer das Thema, dass man jedes Teil anschauen muss, das muss man
193 weil sonst kommt man nicht dahinter. Aber man hat dann die eindeutige Gewissheit, dass man das richtige
194 Bauteil hat. Das wäre genau das mit diesem Produktionsdatum, was ich vorher angesprochen habe zum
195 Beispiel. Das hilft natürlich irrsinnig. Wir haben es auch schon ein paar Mal gehabt zum Beispiel bei
196 Bauteilen, da hat der Lieferant wirklich sagen können, ab welchem Zeitpunkt das Problem aufgetreten ist
197 und er sieht genau an seinen Aufzeichnungen, also mittlerweile habe die Lieferanten schon eine,
198 Rückverfolgbarkeit würde ich nicht sagen, aber sie haben gute Systeme wo sie sagen können ok der Teil
199 ist gemessen und geprüft worden und er schaut in seine Statistik und sieht dann ab dem Zeitpunkt hab ich
200 irgendwo ein Thema gehabt und es sind Auffälligkeiten sichtbar, bitte ab dem Zeitpunkt mit diesem
201 Datumstempel, den das Teil hoffentlich drauf hat - vorher ist in Ordnung und danach ist nicht in Ordnung.
202 Und wenn der Lieferant uns das nenne kann, dann braucht man nur mehr ein System haben mit denen man
203 die QR Codes gut lesen und auswerten kann und dann kann man die Teile relativ schnell und einfach
204 trennen. Weil dann spart man sich die ganze Messerei. Weil Messen dauert länger, als wenn ich den Teil
205 nur anschieße und ich bekomme von dem Barcode die Information über das Datum und kann sagen vorher

206 ist noch gut und ab einem gewissen Zeitpunkt ist es dann schlecht. Besser wird es auch wenn die Lieferanten
207 ihre Messwerte nach den 100% Prüfungen wenn sie am Ende ein Q-Gate haben und sagen sie prüfen ihr
208 Bauteil und wenn diese Messwerte auf dem Teil mitverankert wären.

209 **I: Dass man die Messwerte via Scan verfügbar hätte.**

210 **B:** Genau, dass wir die Messwerte auslesen können, was der Teil gehabt hat. Das ist noch ein bisschen
211 Zukunftsmusik, aber ich glaube bei den Gehäusen möchte man es jetzt vermehrt machen.

212 Es gibt auch das Thema in Ilz, da gibt es richtige Messstationen, wo alle Gehäuse gemessen werden, und
213 die Messwerte werden am QR-Code hinterlegt. Das ist für die Setzmasse wichtig bei uns für die
214 Triebsatzeinstellung und es gibt fünf oder sechs Messmaschinen, wo alle Gehäuse drüber laufen, und nach
215 dem Messen kommen sie auf die Linie und auf der Linie wird dann der QR Code eingelesen mit dem
216 Messergebnis und dementsprechend wird dann die richtige Einstellscheibe verbaut.

217 **I: Ah ok, interessant.**

218 **B:** Das Thema ist aber wir müssen alle Gehäuse zuerst messen und dann bringen wir die Teile erst auf die
219 Montage. Das möchte man in Zukunft vereinfachen, dass der Lieferant die Tätigkeit durchführt, dass er die
220 Teile 100 % misst und diese Information mittels Barcodes auf dem Gehäuse verankert. Dann müssen wir
221 das nicht mehr bei uns machen, sondern nur mehr an die Montage und einlesen und hoffen, dass die Werte
222 passen.

223 **I: Das stimmt, das wäre natürlich wichtig. Das bedeutet eurer zentrales System ist SAP, wo alles zum**
224 **Schluss zusammenläuft, wo man Nummern hat, wo man in andere Systeme verwiesen wird, aber die**
225 **zentrale Basis ist das SAP.**

226 **B:** Ja genau. Wo es bei uns dann extrem schwierig wird, wenn das Material dann durch die Fertigung
227 durchgeht. Dann wird es erst interessant. Denn aus einer Anlieferung werden zig Laufkarten erstellt, diese
228 Laufkarte läuft dann durch das Haus durch und bis die Laufkarten dann erst mal durch sind und bei jeder
229 Maschine gibt es dann eine kleine Vermischung und dann ist es auch nicht mehr sortenrein. Da sind wir
230 noch weit weg dann. Damit wird dann der Trichter größer, das heißt das Unsicherheitsspektrum wird wieder
231 größer und wenn man dann wirklich sozusagen eine Lieferscheinnummer hat, mit der man ein Problem hat,
232 muss man dann hinten und vorne noch ein paar tausend Teile dazu nehmen damit man sicher ist, wirklich
233 jedes Nicht-In-Ordnung-Material erwischt zu haben.

234 **I: Aber das bedeutet, wenn die Laufkarten erstellt werden, sind die Chargennummern-rein oder**
235 **können in einer Laufkarte mehrere Chargennummern drin sein.**

236 **B:** Ja natürlich, wenn die Box zu Ende geht. Und wenn die Kollegen draußen im Kommissionierbereich
237 sauber gearbeitet haben, weil rein theoretisch gilt das first in first out Prinzip, das heißt die letzte Charge
238 zuerst hernehmen und ist diese weg und die Box ist leer und es kommt die neue Charge, dann müsste rein
239 theoretisch eine Laufkarte, also ein Bodenroller, müsste dann vermischt werden und dann geht es weiter
240 mit der nächsten Chargennummer.

241 **I: Wird das so vermerkt, dass sich auf einem Bodenroller zwei Chargennummern befinden?**

242 **B:** Hin und wieder ja.

243 **I: Das heißt man weiß dann, dass auf einem Bodenroller beide Chargen drauf sind.**

244 **B:** Wobei das ist das in der Fertigung draußen nicht so einfach. Die Bodenroller werden in die Maschinen
245 hineingeschoben. Und dann kommt zum Beispiel ein Korb nach den anderen von den Bodenrollern zu den
246 Maschinen und das vermischt sich dann auch wieder. Also das kann man nicht sortenrein halten und dann
247 kommt die Laufkarte wieder dorthin und die andere da hin und dann wird es schwierig.

248 **I: Also man kann dann eigentlich nicht mehr genau sagen, ob es wirklich diese Charge war.**

249 **B:** Also, wenn man die Kollegen draußen fragt, ja, also ich bin mir nicht immer sicher. Das Thema ist, wenn
250 ein Problem mit den Zukaufteilen haben, man sagt ab irgendeinem Zeitpunkt das ist jetzt eine saubere
251 Lieferung vom Lieferanten. Das Material in der Fertigung ist aber verseucht. Wir machen es dann so, wenn
252 es die Fertigung nicht stört, lassen wir das Teil durchlaufen und wenn das Teil dann runtergeht nach Ilz
253 machen wir dort den Cut und prüfen von dort weg dann. Es ist natürlich auch immer ein
254 Wirtschaftlichkeitsfaktor, wenn wir wissen wir haben da ein paar Teile betroffen die schlecht sind, dann kann
255 man das so machen. Dann lasst man die einfach durchlaufen und dann macht man am Ende, bevor die
256 Teile zur Montagelinie gebracht werden die Sortierung. Und dann sagt man ich weiß ich schicke eine
257 saubere Laufkarte zur Montage, wo man weiß das Material vom Lieferanten ist wieder in Ordnung. Dann

- 258 habe ich die Nummer von der Laufkarte, lasse ich sie durch die Fertigung durchlaufen und rein theoretisch
259 dürfte nach dieser Laufkarte nur mehr gutes Material kommen, rein theoretisch. Das passiert aber nicht.
260 Unsere Laufkarte, die gut ist, die durchläuft den Prozess und kommt am Ende raus, aber nach dieser
261 Laufkarte kommen immer noch alte Laufkarten.
- 262 **I: Ah ja ok.**
- 263 **B:** und da gehen wir den Schritt, dass wenn wir wissen, das ist die Clean-Point-Lieferung vom Lieferanten,
264 dann prüfen wir mindestens noch bis zu einer Woche weiter. Weil ab und zu vermischt sich das Material. Es
265 kommen dann Laufkarten von der Clean-Point-Lieferung und es kommen aber auch Laufkarten von der
266 alten Lieferung. Weil einfach unser System mit den ganzen Bodenrollern und den Schienen, also der
267 Mitarbeiter schiebt das Material vorn rein und oft nimmt er es auch wieder vorne raus. Das heißt der hintere
268 Bodenroller bleibt dann stehen. Oder wir haben zwei Schienen zum Abliefern. Das heißt je nachdem wie
269 der Routenzugfahrer drauf ist, nimmt er vielleicht immer nur von der linken Schiene das Material heraus und
270 die rechte Schiene lässt er stehen.
- 271 **I: Aha ja das ist nicht gut... Dann haben wir nun den Großteil abgedeckt. Hast du noch irgendwelche**
272 **Punkte, die jetzt nicht zur Sprache gekommen sind, die du noch gerne erwähnen würdest?**
- 273 **B:** Was uns hier in Zukunft helfen wird ist die ganze Thematik mit dem QR-Code. Wenn man das schafft,
274 dass man das bei wertigen Bauteilen von Haus aus oben hat und dass man das dann auch diese Daten
275 erfasst. Weil es hilft uns nicht wenn man irgendwo einen Code drauf haben und wird den Code dann in
276 unserem Prozess nicht einlesen oder nicht mal festhalten wo wir dieses Teil verbaut haben, dann bringt es
277 auch nichts. Dann hilft uns nur fürs Sortieren. Aber wenn wir dann wirklich mal ein Thema hätten mit
278 Feldausfällen und wir die Daten nirgends eingelesen haben, dann bringt es uns nicht. Dann wissen wir nichts
279 darüber. Das wäre so ein Thema, das sicher Sinn machen würde, wenn wir uns die Arbeit schon antun,
280 dass man einen QR Code auf die Teile rauf bringt, dann muss es auch irgendwo erfasst werden, wo es
281 verbaut ist. Das ist ein Thema und ein anderes Thema ist, in Graz war es früher bei den Schrauben ein
282 Thema, da wurde vom Gebinde der Barcode vom Lieferanten eingescannt. Da waren dann immer noch die
283 Fertigungsaufträge vom Lieferanten drinnen. Das heißt wenn eine neue Schachtel gekommen ist an die
284 Linie, wurde diese eingescannt und da waren die Daten dann auch immer gespeichert. Und da hat man
285 dann auch diese Fertigungslosgrößen runtergebrochen und hat dann wirklich auch diese Boxen gehabt als
286 Rückverfolgbarkeit. Die haben immer die Boxen angeschossen und den Barcode vom Lieferanten, nicht den
287 internen, weil dorthin ja nur der Lieferschein verknüpft ist, weil der Barcode vom Lieferanten mehr
288 Informationen über die Fertigung vom Lieferanten beinhaltet.
- 289 **I: Ja auch sehr interessant. Es würde ja wirklich viele Möglichkeiten für solche Umsetzungen geben.**
- 290 **B:** Ja Möglichkeiten gibt es viele. Es ist halt immer eine Wirtschaftlichkeitsfrage, wie weit möchte man
291 reinschauen...
- 292 **I: Ja auf jeden Fall eine Kosten-Nutzen-Frage...**
- 293 **B:** Ja, so ist es. Weil es hilft nichts, wenn ich eine absolute und saubere Rückverfolgbarkeit habe, wenn ich
294 sie nicht nutzen muss bzw. nicht brauche. Das ist immer die Frage wie weit gehe ich in die Tiefe.
- 295 **I: Ja genau und wie du auch angesprochen hast, wie nutze ich diese Daten dann wirklich.**
- 296 **B:** Ja so ist es. Weil wenn ich nur einen Datenfriedhof habe und keiner schaut dort rein und man hat keinen
297 Nutzen daraus, dann ist es Nice-to-have, aber da verbrenne ich viel Geld für nichts.
- 298 **I: Ja das stimmt. Auf jeden Fall es super spannendes Thema. Ich danke dir sehr für deine**
299 **Ausführungen.**
- 300 **B:** Ja bitte, sehr gerne.

7.5 Interview 5

Datum: 04.08.2022
 Dauer: 0:13:21 h
 Bereich: Wareneingangsbuchung, Einlagerung und Kommissionierung
 Abkürzungen: I...Interviewer, B...befragte Person

- 1 **I: Vielen Dank, dass du dir heute Zeit nimmst für das Interview. Ich würde bitten, dass du dich und**
 2 **deine Tätigkeit im Unternehmen kurz vorstellst.**
- 3 **B:** Mein Name ist (Name). Ich arbeite bei Magna im Warehouse Management und bin verantwortlich für das
 4 Lager, die Inventuren und für die Bestände.
- 5 **I: Zu Beginn habe ich eine ganz allgemeine Frage. Was bedeutet der Begriff Rückverfolgbarkeit bzw.**
 6 **eine lückenlose Rückverfolgbarkeit für dich?**
- 7 **B:** Für mich ist es vom Wareneingang bis zur Auslieferung von den fertigen Aggregaten, dass jedes Teil
 8 nachverfolgt werden kann.
- 9 **I: Dann starten wir gleich in deinen Bereich. Wie wir vorher besprochen haben, sprechen wir zuerst**
 10 **über den Wareneingang und die Wareneingangsbuchung und schauen uns dann den Bereich**
 11 **Einlagerung und Kommissionierung an. Wie ist der derzeitige Prozess, was sind Maßnahmen im**
 12 **Wareneingang, um Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten?**
- 13 **B:** Bei jeder Anlieferung von jedem Gebinde gibt es ein Masterlabel, da steht die Lieferscheinnummer und
 14 die Teilenummer drauf und wenn es notwendig ist auch eine Schmelz-Charge. Das heißt der Lieferant gibt
 15 seine Charge vor, und daran kann man den Zeitraum, in dem er das Produkt gefertigt hat erkennen. Das ist
 16 dann auch auf dem Lieferschein zu erkennen und diese Daten müssen am Lieferschein erkennbar sein. Am
 17 Wareneingang werden diese Daten auch ins SAP übertragen und sind dort ersichtlich.
- 18 **I: Mhm, sprich es kommt im Wareneingang an und wird dann über diese Nummern im SAP**
 19 **eingebucht.**
- 20 **B:** Genau. Das ist dann die Wareneingangsbuchung.
- 21 **I: Ok. Dann gibt es die Firma TLC, die als eurer Logistikdienstleister fungiert. Passiert diese Buchung**
 22 **dort oder schon bei euch?**
- 23 **B:** Ja genau, das passiert beim TLC. Also die Firma TLC macht für uns den Wareneingang. Dort werden
 24 sämtliche Daten vom Lieferanten erfasst und ins SAP eingetragen.
- 25 **I: Ok, alles klar. Wie geht es dann weiter, wie kommen dann die Gebinde weiter zu euch?**
- 26 **B:** Die werden im Hochregal eingelagert und werden dann per KANBAN Prozess angefordert und an die
 27 Montage gebracht.
- 28 **I: Bleiben sie dann immer in diesem Gebinde?**
- 29 **B:** Genau.
- 30 **I: Entspricht ein Gebinde einem Bodenroller?**
- 31 **B:** Es kommt drauf an. Es kann ein Bodenroller, eine Gitterbox, eine Magnumbox oder eine KLT
 32 (Kleinladungsträger) sein.
- 33 **I: Das heißt es kommt schon so ins Lager wie es schon an die Linie muss oder wird noch**
 34 **kommissioniert?**
- 35 **B:** Nein nicht ganz. Da gibt es unterschiedliche Prozesse. GLT und Magnumboxen kommen Gebindeweise.
 36 Und KLT-mäßig: Ein Gebinde besteht beispielsweise aus 48 KLTs, wird dann bei uns im Hochregal
 37 eingelagert und per automatischen Nachschub auf die einzelnen KLTs aufgesplittet und auf einen
 38 Kommissionierplatz gebucht. Und dann wird per KANBAN-Karte angefordert und ein KLT von diesem Platz
 39 entnommen und an die Montage gebracht.
- 40 **I: Und immer wenn etwas im Lager bewegt wird, also beispielsweise zu einem Kommissionierplatz**
 41 **gebracht oder umgelagert wird, wird je Gebinde ein Barcode gescannt.**
- 42 **B:** Genau.

- 43 **I: Ok, das heißt je nachdem was man hat, Magnumbox, KLT etc., für das gesamte einen Barcode und**
44 **dieser wird gescannt?**
- 45 **B:** Richtig. Damit stellen wir sicher, dass vom Stellplatz im Hochregal auch auf den richtigen Stellplatz am
46 Kommissionierbereich gebracht wird.
- 47 **I: Wird das dann schon vorgegeben? Dort steht dann genau, bringe die und die Box bitte dort und**
48 **dort hin?**
- 49 **B:** Genau.
- 50 **I: Und dabei handelt es sicher immer um interne Barcodes, die beim Wareneingang angebracht**
51 **werden?**
- 52 **B:** Ja richtig. Das sind A5 Zettel und dort stehen unterschiedliche Daten oben. Wir können uns so einen
53 später gerne im Lager gemeinsam anschauen.
- 54 **I: Ja, sehr gerne. Das bedeutet, dieser Zettel wird dann im Wareneingang noch von der TLC gedruckt**
55 **und begleitet sozusagen dieses Gebinde ständig im Prozess? Ist dort auch die Chargennummer**
56 **ersichtlich?**
- 57 **B:** Ja genau, richtig.
- 58 **I: Ok. Also gibt es bei allen Lagerprozessen nur eine Schnittstelle zum SAP?**
- 59 **B:** Ja wir arbeiten nur mit dem SAP. Wir fangen auch gerade an eine zweite Schnittstelle zum MES zu
60 implementieren, parallel zum SAP. Aber das ist noch in der Entwicklung und im Probelauf.
- 61 **I: Alles klar. Die Rückverfolgbarkeit ist ja auch besonders wichtig bei Qualitätsthemen und**
62 **Rückrufaktionen. Wenn es jetzt dazu kommt, dass ein Teil nachverfolgt werden muss, wird das über**
63 **die SAP-Buchungen nachvollzogen welchen Weg das Material im Lager gehabt hat?**
- 64 **B:** Ja genau.
- 65 **I: Also man sieht dann genau in welchen Regalen gelegen ist und auf welchen Kommissionierplätzen**
66 **es war?**
- 67 **B:** Ja und man sieht auch, wann es an die Montagelinie gegangen ist und wenn es dann ein
68 Qualitätsproblem gegeben hat, kann diese Charge von der Montage zu der Qualität weggebucht werden,
69 zur Nacharbeit. Vom Wareneingang bis zur Montage können die Chargen also im SAP verfolgt werden.
- 70 **I: Ok, das bedeutet, es kann im SAP nachgeschaut werden an welcher Linie der Bodenroller XY**
71 **gerade stehen sollte?**
- 72 **B:** Ja genau richtig.
- 73 **I: Ist es dann auch immer so, dass dieser Bodenroller dann auch wirklich dort steht?**
- 74 **B:** Ja, definitiv.
- 75 **I: Ok dann hätte ich noch eine kurze Frage, weil ich mir nicht sicher bin, ob ich es richtig verstanden**
76 **habe. Man bekommt die Teile im Wareneingang teilweise schon am Bodenroller?**
- 77 **B:** Nein, wir kommissionieren selber auf Bodenroller.
- 78 **I: Aha. Wie ist dann der genaue Prozess, wenn man beispielsweise eine Box aus dem Lager nimmt,**
79 **was muss passieren, dass die Teile auf einen Bodenroller kommen?**
- 80 **B:** Da wird ein Fertigungsauftrag erstellt. Das ist zu 99% bei den Roh-Teilen so. Nach diesem
81 Fertigungsauftrag werden dann Teile auf einen Bodenroller kommissioniert und an die vorgegebene
82 Fertigungslinie gebracht. Dort wird dann das Material weiter bearbeitet.
- 83 **I: Ok. In der Montage habe ich schon folgenden Fall besprochen, falls eine Box mit einer Charge zu**
84 **Ende geht, kann es passieren, dass zwei Chargen gleichzeitig auf einen Bodenroller kommen.**
- 85 **B:** Ja das kann passieren, sollte bzw. dürfte aber eigentlich nicht passieren.
- 86 **I: Aber es kommt manchmal dazu oder? Wie wird das dann gehandhabt?**
- 87 **B:** Mir wäre jetzt kein Fall bekannt. Weil wenn so etwas passiert, dann muss sowieso die Qualität verständigt
88 werden, weil wir erkennen beispielsweise die Charge nicht. Diese ist nicht für uns sichtbar, wenn ich ein
89 Material vor mir habe. Auf einem Bodenroller sind zum Beispiel 30 Stück oben, 15 Stück von der einen und
90 15 Stück von der anderen Charge, da ist für mich nicht ersichtlich welche Teile von welcher Charge sind.
91 Dann wird eigentlich die Qualität informiert, bitte schaut euch das an, und welche Teile gehören zu welcher
92 Charge.

- 93 **I: Aber im Lager ist es schon ersichtlich um welche Charge es sich handelt? Nur am Bodenroller**
94 **nicht?**
- 95 **B:** Genau, am Bodenroller schauen alle Teile gleich aus.
- 96 **I: In der Montage wurde erwähnt, dass es manchmal Bodenroller gibt mit zwei unterschiedlichen A5-**
97 **Zetteln für die Montagelinie. So ist dann ersichtlich, ok es befinden sich zwei Chargennummern auf**
98 **dem Bodenrollern.**
- 99 **B:** Naja, das passiert bei uns auch beim Kommissionieren. Es spielt aber in diesem Fall keine Rolle, weil
100 das Rohteil ist ganz gleich. Und zwar, wenn ein Wareneingang gebucht wird, vergibt unser SAP selber die
101 Charge. Das ist eine endlos fortlaufende Nummer. Wichtig ist nur der Revisionsstand, der vom Lieferanten
102 bekanntgegeben wird. Zum Beispiel 04. Die restlichen Zahlen vergibt das System automatisch. Den
103 Revisionsstand bestimmt auch die Qualität mit Abstimmung von der Einsatzsteuerung und was wichtig ist,
104 beispielsweise beim Rohmaterial, die Schmelz-Charge. Mit welcher Materialart der Lieferant diese Rohteile
105 gefertigt hat. Also kommt eine Anlieferung mit zwei verschiedenen Schmelz-Chargen, werden diese bis zum
106 Schluss getrennt behandelt.
- 107 **I: Bekommen diese dann auch unterschiedliche Chargennummern?**
- 108 **B:** Ja richtig. Weil es in dem Fall dann zwei verschiedene Lieferscheine sind.
- 109 **I: Und ich sehe dann im SAP beispielsweise die Chargennummer, mit der zugehörigen**
110 **Lieferscheinnummer und im SAP ist auch die Schmelz-Charge zu sehen?**
- 111 **B:** Ja, richtig.
- 112 **I: Ok die Chargennummern werden bei der Wareneingangsbuchung vergeben und die Schmelz-**
113 **Charge gilt dann sozusagen als Information, auf die im Problemfall zurückgegriffen werden kann?**
- 114 **B:** Ja genau, sie ist aber auch in der Fertigung relevant. Weil jede Schmelz-Charge wird bei uns zuvor
115 werkstofflich geprüft und beispielsweise in der Härterei wird ein zusätzlicher Test gemacht, damit geschaut
116 werden kann, da bin ich mir nicht ganz sicher ob das stimmt, wie das Material behandelt werden muss.
- 117 **I: Es wird also auf unterschiedliche Bestandteile im Material überprüft, um den Fertigungsprozess**
118 **anzupassen?**
- 119 **B:** Ja so ungefähr.
- 120 **I: Im Falle einer Rückrufaktion, was sind dann für euch die größten Schwierigkeiten, wirklich**
121 **herauszufinden welche Teile davon betroffen waren?**
- 122 **B:** Für uns eigentlich weniger, das ist eigentlich nur ein Qualitätsthema. Dafür ist die Qualität verantwortlich
123 uns sie sagen uns welche Teile mit welcher Charge davon betroffen sind und weggelagert oder gesperrt
124 werden müssen, damit diese nicht mehr an die Linie kommen. Dafür brauchen wird die Teilenummer, die
125 Stückzahl und die Charge, sonst können wir im Lager nichts machen.
- 126 **I: Ok, alles klar. Sprich, in dem Fall könnt ihr nur Anweisungen umsetzen und die Schwierigkeit, zu**
127 **sagen welche Teile wirklich betroffen sind, liegt bei der Qualität. Und ihr könnt dann nur auslagern**
128 **bzw. sperren.**
- 129 **B:** Ja genau, so ist es.
- 130 **I: Alles klar. Betreffen euch diese HU-Labels?**
- 131 **B:** Nein, die werden erst an der Montage erstellt?
- 132 **I: Das heißt bei euch dreht es sich eher um Laufkarte und Bodenroller?**
- 133 **B:** Ja genau.
- 134 **I: Dann sind wir schon am Ende des Interviews. Gibt es von deiner Seite noch etwas, das du zu dem**
135 **Thema noch erwähnen möchtest?**
- 136 **B:** Nein, momentan fällt mir nichts ein. Schauen wir einfach noch ins Lager, dann kannst du alles nochmal
137 live anschauen.
- 138 **I: Ja sehr gerne, vielen Dank!**

7.6 Interview 6

Datum: 09.08.2022
Dauer: 0:58:46 h
Bereich: werkstofftechnische Wareneingangsqualität
Abkürzungen: I...Interviewer, B...befragte Person

- 1 **I: Danke lieber (Name), dass du dir heute Zeit nimmst, um mir ein paar Fragen zu meiner Masterarbeit**
2 **zu beantworten. Zu Beginn würde ich dich bitten, dich und deine Tätigkeit kurz vorzustellen.**
- 3 **B:** Ich habe eine Lehre als Werkstoffprüfer und ein Studium als Werkstoffingenieur, also Oberflächentechnik
4 und Werkstoffkunde. Derzeit bin ich Gruppenleiter im Bereich Werkstofftechnik im Bereich Serie. Da gehört
5 ein Teil der Wareneingangsprüfung dazu, die Serienbegleitung in der Fertigung für Härterei, Gießerei und
6 Schweißen plus die Befundungen, sprich die vom Engineering kommen und auch Kundenreklamationen
7 und Fertigungsprobleme. Also alles was die Serie betrifft von Anfang bis Ende. Und bin jetzt schon seit 22
8 Jahren im Unternehmen.
- 9 **I: Gleich zu Beginn habe ich eine ganz allgemeine Frage. Mich würde interessieren was du unter dem**
10 **Begriff lückenlose Rückverfolgbarkeit verstehst.**
- 11 **B:** Also von der werkstofftechnischen Seite ist der wichtigste Punkt die Schmelz-Chargen bzw. Gießetage
12 rückschließen zu können. Also sprich wenn beim Kunden etwas ausfällt, dass zurückverfolgt werden kann
13 bis zum Stahlwerk, dass man immer genau weiß, wo ist das Produkt her, was hat man damit gemacht, wann
14 ist es geschweißt worden, an welchem Tag. Teilweise haben wir QR-Codes auf den Bauteilen, der
15 ausgelesen werden kann, meistens leider nur nicht vollständig, dieser Wunsch wäre noch. Aber zumindest
16 können wir über Laufkarten Aufträge hinunterbrechen bis zum Wareneingang und so kommt man dann auch
17 auf den Lieferanten bis hin zum Stahlwerk.
- 18 **I: Bekommt ihr schon Teile mit QR-Code in den Wareneingang?**
- 19 **B:** Ja teilweise bei Fertigteilen. Bei Roh- oder Vorbearbeitenden Teilen nicht. Weil es ja doch die Gefahr
20 gibt, dass der Code beim Drehen beispielsweise beschädigt wird. Auf Rohflächen einen Code
21 hinaufzugeben ist immer schwierig. So wie bei der Wärmebehandlung etc., weil der wird einfach unlesbar.
- 22 **I: Dann können wir gleich direkt in den Prozess in eurem Bereich starten. Und zwar kannst du mir**
23 **kurz erklären, was der Prozess ist in deinem Bereich, um die Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten?**
- 24 **B:** Also da gibt es mal die Bauteilspezifische Nummer. Das ist die Materialnummer und da erkennt man das
25 Projekt und welcher Bauteil es ist. Die Bauteile werden so angeliefert, dass also die Nummer draufsteht.
26 Plus Sobald es eingebucht, wird über das SAP eine Charge generiert, die den Revisionsstand enthält und
27 dann eine fortlaufende Nummer, die Chargennummer, so können Anlieferungen eindeutig rückverfolgt
28 werden.
- 29 **I: Wird der Revisionsstand in der Qualität festgelegt oder vom Lieferanten?**
- 30 **B:** Nein der kommt über die Einsatzsteuerung. Die legt fest welcher Änderungsstand im Umlauf ist. Sie
31 geben diesen frei und so ist der Revisionsstand im SAP eingebucht. So kann er dann automatisch im System
32 zu den Chargennummern zugeordnet werden. Also man muss unterscheiden es gibt immer zwei
33 Änderungsstände. Einer ist der konstruktive, das bedeutet welche Zeichnung gilt dahinter und dann gibt es
34 den Materialrevisionsstand, dazu kommt es zum Beispiel wenn es eine Abweich-Erlaubnis gibt, das
35 bedeutet, dass die Messtoleranzen abweichen dürfen. Oder man hat gerade ein anderes Stahlwerk also
36 einen anderen Lieferanten, dann wird der Revisionsstand hochgezogen. Diese Nummern sind aber
37 unabhängig voneinander, also auch wenn der Material-Revisionsstand hochgezogen wird, kann der
38 Konstruktions-Revisionsstand gleich bleiben im Hintergrund, wenn sich an der Zeichnung nichts ändert.
39 Auch wenn zum Beispiel nur eine andere Drehmaschine verwendet wird, das hat ja auch keine Auswirkung
40 auf die Zeichnung und Konstruktion.
- 41 **I: Der Revisionsstand ist vor der Chargennummer ersichtlich, welchen von den beiden sieht man**
42 **da?**
- 43 **B:** Dort sieht man den Material-Revisionsstand und nicht den Konstruktions-Revisionsstand. Alle
44 Revisionsstände sind im Materialstamm im SAP ersichtlich und dort kann nachvollzogen werden, wann und

45 wie die Änderungen des Revisionsstands passiert sind. Die Chargennummer bekommt immer den aktuellen
46 Revisionsstand des Materials.

47 Der Prozess geht dann so weiter, dass über das SAP-Prüflose erhalten. Zu Beginn schauen wir uns immer
48 ganz genau das Erstmuster an. Dann legen wir aufgrund der Kritikalität des Bauteils fest, nicht wie kritisch
49 es für den Kunden ist, sondern wie kritisch es intern und werkstofflich ist. Nach dieser Kritikalität wird ein
50 Prüfzyklus hinterlegt, es kann sein, dass wir jede Schmelz-Charge anschauen und gewisse Teile schauen
51 wir auch nur einmal im Jahr an. Und das ist im SAP hinterlegt und bei jeden Wareneingang wird geschaut
52 ob die Lieferung zu überprüfen ist und wird in den Q-Bestand gebucht. Wenn nicht wird die Lieferung gleich
53 wieder freigegeben und aus dem Q-Bestand wieder herausgebucht. Und sonst wenn es zu prüfen ist, dann
54 bleibt die Lieferung im Q-Bestand. Der Revisionsstand ist auch auf der Probebeziehung ersichtlich. Weil
55 wenn ich prüfen gehe und ich habe eine Abweichungserlaubnis muss das ersichtlich sein. Weil auf der
56 Konstruktion sind ja teilweise noch andere Werte ersichtlich, daher sieht man auf der Probebeziehung
57 beide Revisionsstände und auch den Code dazu, um zu sehen, was sich dahinter verbirgt, wie
58 beispielsweise eine Abweichungserlaubnis. Sonst würde man beim Lieferanten reklamieren, wenn die
59 Toleranzen nicht passen, daher muss man genau wissen welche Toleranzen und Abweichungen derzeit für
60 das Bauteil gültig sind.

61 **I: Das bedeutet, die Abweichungserlaubnis bezieht sich auf den Toleranzbereich der Messwerte?**

62 **B:** Ja meistens betrifft das die maßlichen Abweichungen, nur eher in ungefähr 20% der Fälle sind
63 werkstoffliche Abweichungen davon betroffen. Wichtig ist einfach, dass beide Revisionsstände gleich sein
64 können aber nicht müssen.

65 **I: Welche Teile jetzt wirklich zu euch kommen und geprüft werden, hängt einfach davon ab, wie
66 kritisch sie intern für euch sind? Also Schüttgut kommt wahrscheinlich gar nicht oder?**

67 **B:** Ja genau Schüttgut prüfen wir nicht, das wird aber alles vorher festgelegt. Bei Stiften oder sogar
68 Kugellager, die sind von der Produktionsqualität sehr hoch, da ist der Ausschuss sehr gering. Die
69 Wareneingangsprüfung soll einfach nur sicherstellen, dass Serienfehler entdeckt werden. Einzelfehler
70 werden wir nie finden, das ist wenn nur ein Zufall, dass ich genau dieses gerade überprüfe. Wichtig ist
71 eher, die Erstmuster sauber zu prüfen, damit man gleich am Anfang sieht ob da etwas nicht passt.

72 **I: Aha, alles klar. Du hast es schon kurz angesprochen und ich habe auch schon mit einem Kollegen
73 von dir gesprochen, dass ihr mit der Härterei beispielsweise zusammenarbeitet. Ist das richtig?**

74 **B:** Ja genau es gibt bei uns da noch eine Unterscheidung. Und zwar haben wir eine Schmelz-Chargen-
75 getrennte Einsteuerung. Es gibt Bauteile, die sind verzugs-kritisch. Also entweder ist die Verzahnung schon
76 fertig und man muss den Verzug durch den Härtevorgang quasi vorhalten oder es gibt sonstige
77 Verzugsgründe. Das heißt jede Schmelz-Charge, man muss aufpassen, dass die nicht mit den internen
78 Chargennummern verwechselt wird, das ist jetzt wirklich die Charge vom Stahlwerk. Jede Schmelz-Charge
79 hat ein bisschen ein Eigenleben, und das muss teilweise mit der Härterei abgestimmt werden.

80 **I: Ok. Das bedeutet, ihr prüft die Schmelz-Chargen hierfür.**

81 **B:** Ja also jede erste quasi. Jeder Wareneingang kommt automatisch in den Q-Bestand und dann ist eine
82 Systematik hinterlegt im SAP, der überprüft, ob diese Schmelz-Charge schon Mal da war, wenn ja dann
83 werden die Daten von der Erstprüfung übernommen und freigegeben. Und jede erste Schmelz-Charge
84 kommt in den Q-Bestand und da sieht man dann dass eine neue Schmelz-Charge gekommen ist, diese
85 erhält dann auch eine eigene fortlaufende Nummer, die wird dann auch auf der Laufkarte mitgeführt. Also
86 am Anfang ist es so: Es gibt Hart-Weich-Teile, wo die maßliche Abstimmung dann stattfindet, das heißt die
87 werden fertiggemacht werden und man schaut wohin geht dieser Verzug und dieser wird dann maßlich
88 vorgehalten. Und es gibt es zum Beispiel die Teile die mit Gas abgeschreckt werden und da muss man den
89 Druck dann bestimmen. Den lassen wir etwas variieren. Denn desto niedriger der Druck, desto kleiner der
90 Verzug und umso kleiner der Ausschuss. Natürlich könnten wir auch immer den gleichen Druck verwenden,
91 jedoch würde der Ausschuss dann stark zwischen beispielsweise 1 und 10% schwanken. So schauen wir
92 dass wir den Ausschuss möglichst gering halten. Das heißt wenn wir eine neue Schmelz-Charge
93 bekommen, dann legen wir mal aufgrund der Zusammensetzung und Härtebarkeit einen Druck fest. Dann
94 werden die ersten Teile mit diesem Druck abgeschreckt und dann verifizieren wir danach und schauen ob
95 dieser Druck passt oder ob er erhöht oder gesenkt werden muss.

96 **I: Und woher weiß der Mitarbeiter in der Härterei, welchen Druck er verwenden muss für diese Teile.**

97 **B:** Das stimmen wir ab per E-Mail. Wenn eine neue Schmelz-Charge kommt bekommen sie die Info.

- 98 **I: Sprich, es ist nicht im System ersichtlich?**
- 99 **B:** Nein diese Infos geben wir an die Fertigung weiter. Da stimmen wir uns mit den Bereichen ab.
- 100 **I: Wenn Prüfungen durchgeführt werden, werden ja viele Daten erfasst. Also Messwerte und so**
- 101 **weiter. Wo sind diese Werte ersichtlich?**
- 102 **B:** Also für die Härterei haben wir eigene Excellisten für die jeweiligen Bauteile, in denen diese Vorgaben
- 103 für den Druck ersichtlich sind. Dort sieht man dann für diese Schmelz-Charge ist dieser Druck erforderlich.
- 104 Da schicken wir die Info per Mail und dann schaut die Härterei in diese Liste.
- 105 **I: Das heißt, man kann dann in diesem Excel nachvollziehen mit welchen Drucken die jeweiligen**
- 106 **Bauteile bearbeitet worden sind.**
- 107 **B:** Ja genau, die Härterei hat dann auch noch für jedes Bauteil ein eigenes Excel, wo die Daten der
- 108 Serienprüfungen ersichtlich sind. Die Härterei trägt jede Woche bestimmte Infos zu einer Laufkarte manuell
- 109 ein.
- 110 **I: Und wie schaut das mit allgemeinen Messwerten aus, die bei euch erfasst werden, wo kann man**
- 111 **die sehen?**
- 112 **B:** Bezogen auf die Härterei ist alles in Excel-Listen. Die werkstofftechnischen Messwerte sind in der
- 113 werkstofftechnischen Datenbank zu sehen. Die Stammdaten werden vom SAP an diese Datenbank
- 114 übergeben, also auch die Prüflosnummer und die Chargennummern und das Wareneingangsdatum, der
- 115 Lieferant und so weiter und in dieser Datenbank werden dann alle Daten hinterlegt. Dort sieht man die
- 116 Skizze mit den Schliffen, eine Anweisung was zu machen ist, also eine allgemeine Sichtprüfung, die
- 117 chemische Analyse, die Gießcharge, die Kernhärte
- 118 **I: Ah ok, da sieht man dann für jede Charge, die geprüft wurde, welche Messwerte dahinterliegen?**
- 119 **B:** Ja genau, leider sind keine detaillierten Auswertungen mehr ersichtlich, da das System nicht mehr betreut
- 120 wird, sonst konnte man immer eine Statistik dazu sehen. Aber da sind wir gerade dabei auf ein anderes
- 121 System zu wechseln.
- 122 **I: Ah ok. Die maßtechnische Wareneingangsprüfung hat so eine Datenbank nicht oder?**
- 123 **B:** Nein, haben sie nicht. Die legen nur das Messprotokoll beim Prüflos im SAP ab.
- 124 **I: Ok. Aber ihr könnt in dieser Datenbank alle erfassten Messwerte nachvollziehen?**
- 125 **B:** Ja wir legen dann noch die chemische Analyse vom Stahlwerk zu unserer chemischen Analyse dazu,
- 126 damit diese verglichen werden können. So sieht man dann die chemische Zusammensetzung, von der ja
- 127 auch die Härbarkeit festgelegt wird.
- 128 **I: Wie groß sind Schmelz-Chargen in der Regel?**
- 129 **B:** Es kommt drauf an. Sie können zwischen 70 und 120 Tonnen haben und dann hängt es davon ab, wieviel
- 130 der Schmiedelieferant davon an uns liefert. Und je nach Bauteilgewicht hängt es davon ab, wieviele Teile
- 131 dann davon betroffen sind. [...]
- 132 **I: Wie groß sind interne Chargen bei besonders kritischen Bauteilen?**
- 133 **B:** Ja die können natürlich schon sehr groß sein. Das hängt natürlich auch von der Bauteilgröße ab. Aber
- 134 es können schon auch 20.000 Teile sein. Aber trotzdem, wenn ich die Laufkarte kenne, dann kann ich auch
- 135 runterbrechen auf den Wareneingang basierend auf der Laufkarte. Also man weiß oft nicht nur dass es diese
- 136 Schmelz-Charge war, sondern weiß auch zu welchem Wareneingang es gehört. [...]
- 137 Wichtig ist auch, dass Schmelz-Chargen nicht miteinander vermischt werden. Also wenn eine Box zu
- 138 Ende geht und noch drei Teile von einer Schmelz-Charge über bleiben, dann bleiben die auch über und
- 139 dürfen nicht für einen neuen Bodenroller verwendet werden. Während bei anderen Bauteilen, wenn ich keine
- 140 Schmelz-Chargengetrennte Steuerung habe, wird da nicht darauf geachtet. Hier ist natürlich ein kleines
- 141 Problem bezüglich der Rückverfolgbarkeit. Ich sehe es dann nur auf der Laufkarte, dass sie beispielsweise
- 142 aus zwei Chargen bestanden ist, aber man kann nicht mehr genau sagen was genau von welcher Charge
- 143 waren. Bei Schmelz-Charge könnte man schon so weit gehen und eine chemische Analyse durchführen um
- 144 sie zu trennen, aber dafür müssen die Werte weit genug auseinander liegen. Und dann könnte man genau
- 145 zuordnen welche Teile aus welcher Schmelz-Charge kommen.
- 146 **I: Werden Schmelz-Chargen also auch manchmal vermischt?**
- 147 **B:** Nein eigentlich nicht, wenn sie durchgesteuert werden. Aber andere Teile schon. Das läuft alles nach
- 148 First in, First out. Was aber auch manchmal verletzt werden muss, wie beispielsweise im Fall mit den

- 149 Schmelz-Chargen. Weil wir eine Schmelz-Charge, auch wenn sie später angeliefert wird, zuerst
150 aufbrauchen. Sprich Teile mit der neuen Schmelz-Charge kommen zwar früher rein, werden aber erst
151 aufgebraucht, wenn alle Teile von einer Schmelz-Charge aufgebraucht sind. Sprich die Charge 7 bleibt
152 solange blockiert bis die Charge 6 aufgebraucht wird.
- 153 **I: Also eure Hauptssysteme sind das SAP und die Werkstofftechnische Datenbank?**
- 154 **B:** Ja genau die beiden. Bald auch das MES.
- 155 **I: Wenn es nun wirklich zu einem Reklamationsfall beim Kunden kommt. Was ist für deinen Bereich**
156 **die größte Herausforderung herauszufinden welche Teile betroffen waren?**
- 157 **B:** Wenn der Kunde ein Problem hat, oder es fällt etwas aus, ist für uns wichtig zu wissen aus welcher
158 Laufkarte dieser Teil kommt. Weil dann kann man schauen, ob das Problem bei der Wärmebehandlung oder
159 beim Schweißen war, oder ob das Problem schon vorher da war.
- 160 **I: Geht das gut, wenn das Teil schon beim Kunden ist, dass man auf die Charge zurückschließen**
161 **kann?**
- 162 **B:** Ja man braucht die Aggregatnummer und so weiter dann findet man die Charge und Laufkarte mal
163 meistens.
- 164 **I: Das heißt, ihr braucht eine Chargennummer und mit der könnt ihr dann weiterschauen?**
- 165 **B:** Ja und vor allem eine Laufkarte. Dann kann man das über das SAP herunterbrechen kann. Schwieriger
166 wird es, wenn Teile für gewisse Prozessschritte auswärts bearbeitet werden, dann bekommen sie wieder
167 eine neue Chargennummer. Da muss man dann genau dann den Weg nachschauen.
- 168 **I: Wo kann man diese Auswärtsbehandlungen dann genau nachvollziehen?**
- 169 **B:** In SAP sieht man das und kann es genau nachvollzogen werden entweder von unten nach oben - also
170 vom Wareneingang und welche Bauteile und Laufkarten daraus geworden sind. Und es gibt auch die andere
171 Möglichkeit, dass man eine Laufkarte hat und schaut um welchen Wareneingang es sich handelt. Das kann
172 ich dir gleich schnell im System zeigen.[...]
- 173 Wenn ich mir nicht sicher bin um welche Charge es sich handelt, kann man im Zweifelsfall immer eine
174 chemische Analyse machen. Da sieht man dann um welche Charge es sich wahrscheinlich handelt.
- 175 **I: Macht ihr solche chemischen Analysen dann auch öfter?**
- 176 **B:** Ja wenn etwas nicht ganz klar ist, dann machen wir das schon. Das ist dann der einzige Weg um das
177 irgendwie runterzubrechen. Wenn man Pech hat, dann liegen die Messwerte so nah aneinander, dass man
178 es nicht mehr eindeutig identifizieren kann.
- 179 **I: Kann man das auch mit Teilen ohne Schmelz-Charge machen?**
- 180 **B:** Doch bei Gießteilen beispielsweise gibt es einen Code am Teil, diese kann ich euch eindeutig
181 identifizieren. Das wäre natürlich für alle Teile wünschenswert, jedoch würden diese Markierungen die
182 nachgelagerten Prozessschritte nicht überstehen. Oder bei Aluminiumteilen haben wir einen Gießtag oder
183 das Gießmonat drauf. Der Tag ist natürlich besser, weil das Monat ist dann schon ein bisschen schwer.
- 184 Was es noch gibt, bei Bauteilen die wir durchsteuern, sind Kennlinien auf den Bauteilen, sofern es geht.
185 Also jede Schmelz-Charge wechselt immer. Also eine Schmelz-Charge hat eine Kennlinie oben und die
186 nächste hat dann zwei, die übernächste hat dann drei und dann fängt es wieder bei eins an. Sollte mal ein
187 Bodenroller umfallen oder etwas vermischt worden sein, kann man auch anhand dieser Kennlinien trennen.
- 188 **I: Aha, sehr interessant. Und so eine Kennlinie ist dann sozusagen eine Rille auf dem Bauteil?**
- 189 **B:** Ja genau so ein Ring am Bauteil. Es geht natürlich nicht für alles, das benötigt natürlich Platz und es
190 sollte natürlich auch nicht dort sein wo die Sollbruchstelle ist.
- 191 **I: Kommt die Rille vom Lieferant oder wird die In-House gemacht?**
- 192 **B:** Die dreht der Lieferant rein. Das ist aber nicht bei allen Bauteilen. Aber bei vielen. Aber das gibt eben die
193 Möglichkeit, sollte in der Fertigung etwas passieren, weil wenn der Bauteil dann mal gedreht ist, dann
194 schauen alle gleich auch, dann kann ich aufgrund von den Kennrillen eine Unterscheidung treffen und sehe
195 schon am Bodenroller ob sich Teile mit einer unterschiedlichen Anzahl an Kennrillen auf einem Bodenroller
196 befinden.
- 197 **I: Aber das hilft mir eigentlich nur in dem Fall wenn ich einen Bodenroller vor mir habe, auf dem**
198 **unterschiedliche Kennlinien zu sehen sind?**
- 199 **B:** Ja genau. Man kann es so leichter sortieren.

- 200 **I: Sieht man das auch in einem System? bzw. kann man irgendwo zuordnen wie diese Anzahl an**
201 **Kennlinien zu gewissen Chargen gehören?**
- 202 **B:** Ja das ist schon im SAP auch hinterlegt. Da gibt es eine eigene Spalte dafür. [...]
- 203 **I: Das ist echt alles super interessant! Dann sind wir schon am Ende des Interviews angelangt. Fällt**
204 **dir noch etwas ein, dass du zu dem Thema sagen möchtest, dass während unserem Gespräch nicht**
205 **zur Sprache gekommen ist?**
- 206 **B:** Nein ich glaube wir haben alles abgedeckt. Bei Gussteilen haben wir auch die Schmelz-Chargen
207 getrennte Einsteuerung, aber da tun wir uns leichter, weil immer der Gießtag am Bauteil ersichtlich ist. Das
208 sehe ich dann gleich, wenn etwas schief geht. Aber wenn wir eine Komplettbearbeitung machen geht das
209 einfach nicht.
- 210 **I: Ok alles klar, dann danke ich dir für deine Ausführungen!**
- 211 **B:** Bitte, sehr gerne!

7.7 Interview 7

Datum: 12.08.2022
Dauer: 0:36:46 h
Bereich: Fertigung und Messen
Abkürzungen: I...Interviewer, B...befragte Person

- 1 **I: Hallo (Name), vielen Dank, dass du dir Zeit für ein Interview für meine Masterarbeit nimmst. Zu**
2 **Beginn würde ich dich bitten, dass du dich und deine Tätigkeit im Unternehmen kurz vorstellst.**
- 3 **B:** Mein Name ist (Name), ich bin Gruppenleiter im Bereich Qualität Fertigung für die Einzelteileproduktion
4 hier am Standort in Lannach und zu meinen Teilen, für die ich zuständig bin bzw. die Prozesse gehören
5 Bauteile die in der Verzahnungs-, Weich-, und Hartbearbeitung gefertigt werden inklusive der
6 Härteoperation. Dadurch habe ich im Punkto Rückverfolgbarkeit viele Berührungspunkte in der Logistik bzw.
7 auch für uns aus Qualitätssicht, was hierbei wichtig ist und worauf wir achten müssen. Ich hätte anhand
8 eines Beispiels versucht für die Muffe für das Projekt (Projektname) meine Sicht der Dinge darzustellen.
9 Aktuell läuft da unser ERP System, in erster Linie federführend ist SAP und dort sind quasi alle Themen, die
10 mit Rückverfolgbarkeit zu tun haben, abgebildet. Es geht in dem Beispiel nun um eine Muffe, diese wird
11 grundsätzlich als vorbearbeitetes Drehteil mit einer Teilenummer angeliefert, das ist ein Schmiedeteil, das
12 dann gedreht wird und so zu uns ins Haus kommt. Wenn man da nun bei der Wareneingangskontrolle
13 beginnt, hier sind für Zukaufteile gewisse Prüfkriterien hinterlegt. Normalerweise in der Serie dann wirds ein
14 Stichprobenprüfverfahren sein. Alle Waren werden Wareneingangs vereinnahmt und da entsteht dann diese
15 Chargennummer, die aus einer fortlaufenden Nummer und dem Materialrevisionsänderungsstand besteht.
16 Vereinnahmt wird es immer und je nach Prüfeinstellung wird man dann sehen, das Material wird im
17 Wareneingang geprüft und wenn es gut ist, dann freigegeben, wenn nicht dann würde man diese Charge
18 für die weitere Bearbeitung sperren können. Mit einer Transaktion im SAP kann man die Charge dann
19 anzeigen und wenn man die Chargennummer weiß, und mit der Materialnummer kann man sich dann alles
20 anführen lassen. Das ist beim Thema Rückverfolgbarkeit auch sehr wichtig für uns, und zwar die
21 Lieferantenchargennummer. Weil man damit beim Lieferanten weiterfindet. Mit dieser Nummer kommt es
22 zu uns ins Haus und das ist die Überleitung an den Lieferanten. Dann kommen unsere Daten, wo es um
23 Revisionsstände für das Produktionsmaterial geht, die sind dann quasi die Zuordnung zu unserem internen
24 Dokumenten- und Materialverfolgungssystem. Für uns besonders wichtig ist Anmerkung Wareneingang,
25 das ist speziell für Bauteile, die einer Wärmebehandlung unterzogen werden, weil es da manchmal gezielt
26 durch die Fertigung durchgesteuert werden müssen. Und für jede dieser Vorgaben, das sind Nummern
27 zwischen 1 und 4 gibt es dann unterschiedliche Vorgaben. Dann eben die Informationen zu den Prüfungen,
28 die erfolgt sind, das ist die Lieferantenummer und hier sieht man auch nochmal eine laufende Schmelz-
29 Chargennummer. Das Schmiedeteil, das hier schon gedreht angeliefert wird hat immer seinen Ursprung in
30 einem Stahlwerk, wo eine Schmelz-Charge hergestellt wird. Und diese Zuordnung zur Schmelz-Charge wird
31 durch die Wareneingangsprüfung erhoben und dokumentiert und hat natürlich auch einen wichtigen Einfluss
32 auf die weitere Bearbeitung. Aber im Reklamations- oder Analysefall ist es ein wichtiger Hinweis aus welcher
33 Schmelz-Charge das Material vergossen und gibt es da Überschneidungen zu anderen Materialien, wo es
34 auch verwendet worden ist. Das ist mal so der grobe Einschnitt in den Bereich Wareneingangskontrolle.
- 35 Das heißt wir haben dann mal ein Material, das bei uns angeliefert ist, geprüft wurde, und in Ordnung ist
36 und freigegeben wurde. Dann würde ich hier gleich auch als Beispiel kurz das Messen miteinzubeziehen.
37 Das wäre jetzt zum Beispiel ein Messprotokoll für ein Bauteil. Auf dem Messprotokoll sieht man dann die
38 Teile- und Chargennummer. Für die Wareneingangskontrolle bringt ein Mitarbeiter Teile in die
39 Feinmesstechnik, diese werden überprüft, der Zusammenhang und die Durchgängigkeit ist hergestellt über
40 die Zeichnungsnummer und die hier als Laufkartenummer benannte Chargennummer. So haben wir dann
41 einen Rückschluss. Das ist nur im Stichprobenverfahren, aber wenn wir jetzt herausfinden würden, wir
42 haben mit der Chargennummer 123 ein Problem, dann können wir nach dieser Chargennummer im SAP
43 suchen und sehen wo sie verwendet worden sind und wo sie noch stehen. Also das ist die Überleitung
44 Wareneingangsmaterial mit Chargennummer zu einem Messprotokoll.
- 45 **I: Wo sind diese Messprotokolle gespeichert? Sind die im SAP abgelegt?**

46 **B:** Die Messprotokolle liegen nicht im SAP, die Messergebnisse in einer zentralen Messergebnisdatenbank
47 Q-DAS, ist das verwendete System. Das Protokoll, wie man es hier sieht, kann bei uns über einen Server
48 quasi angeschaut werden.

49 **I: Ok, alles klar.**

50 **B:** So, den Wareneingang hätten wir jetzt hinter uns gebracht, die Teile sind zur Verwendung vorgesehen,
51 dann würden wir jetzt übergehen, wie haben wir bei uns in der Produktion die Rückverfolgbarkeit aktuell
52 ausgestellt. Jedes Teil, das durch die Produktion geschleust wird, hat so eine Laufkarte bei sich. Das ist
53 sozusagen eine Teile-Begleitkarte. Man hat dann einen Kopfbereich und einen Detailbereich. Im
54 Kopfbereich sieht man die Teilenummer mit den zugehörigen Revisionsständen und die Zuordnung zur
55 Zeichnung und der besagten Laufkartennummer, die kann es nur einmal geben. So werden die Teile
56 durchgesteuert und die Teile müssen diesen Fertigungsfluss durchlaufen, den sieht man hier im
57 Detailbereich der Laufkarte, bis sie dann quasi fertiggestellt sind und montagefertig werden. Wenn wir im
58 Beispiel fortfahren, würde man schon mal sehen für unser Produktionsteil mit einer Laufkarte haben wir da
59 unten dann im Bereich der Komponenten schon die Zuordnung zum verwendeten Vormaterial, nämlich mit
60 der Materialnummer mit -40. Das Material heißt "Muffe vorbearbeitet", das ist das Rohmaterial, das wir uns
61 zuvor angesehen haben und wir haben für diese Laufkarte die Chargennummer 123 des Rohmaterials
62 verwendet. Das ist genau die, die wir uns zuvor angesehen haben. Über diese Laufkarte kann dann im SAP
63 angemeldet werden, wenn ich diese Laufkarte bearbeitete, verwende ich diese Teile. Die Teile durchlaufen
64 unsere Produktion und diese Karte ist immer mit dabei und da drinnen sieht man dann im Zuge der
65 Produktion, weil im ERP-System Rückmeldungen gemacht werden, ich habe dann Gutteile, Ausschussteile,
66 Einstellteile, was auch immer, das wird dort drinnen dokumentiert und festgehalten. In diesem Fall sieht man
67 dann zum Beispiel hier hat alles funktioniert und es sind immer diese 280 Stück geblieben und so laufen die
68 Teile durch die Produktion. Die Rückverfolgbarkeit ist hier und wie bei ungefähr 99 % unserer Teile nicht auf
69 Einzelteilebene gegeben, sondern immer auf Batch- oder Losgrößen bzw. auf Laufkartengröße.

70 **I: Und im nächsten Schritt auf Chargen?**

71 **B:** Ja genau und auf Chargen. Für diese 280 Stück können wir zum Beispiel sagen bei uns in der Fertigung
72 haben sie die Nummer 123 gehabt, als Vormaterial hatten sie die Chargennummer 456 und dann können
73 wir sagen, in weiterer Folge, wenn die Teile Montagefertig sind, dann kriegen sie bei uns auch eine
74 Chargennummer und von dort weg kann man es dann quasi ins Getriebe weiterverfolgen. Das was man hier
75 auf einem Zettel mitführen, kann man natürlich auch im SAP nachschlagen. In der Transaktion (Z-
76 Transaktion) können wir durch eine SAP-Abfrage darstellen, dort sieht man für eine Laufkartennummer,
77 welches Rohmaterial verwendet wurde. Man sieht dann die Rohmaterial-Teilenummer und die Rohmaterial-
78 Chargennummer, die Lieferantenchargennummer. Also durch eine Abfrage kann man gezielt eine oder
79 mehrere Laufkarten oder Chargen abfragen.

80 Auch in der Produktion führen wir natürlich serienbegleitend Messungen durch. Stichproben oder 100%-
81 Messungen. Da sehen wir dann ein Beispiel von einem Messprotokoll aus der Produktion, dasselbe System,
82 die Messdaten sind wieder in der Zentraldatenbank für die Messdaten und die Protokolle liegen am Server.
83 Hier sieht man beispielsweise, dass beim Arbeitsgang Räumen eine Messung durchgeführt wird. Für uns
84 intern ist es so, dass wir die Zuordnung über die Teilenummer machen, dann die Verwendete
85 Fertigungsmaschine und Inventarnummer und die Laufkartennummer. So haben wir dann bei uns eine
86 Zuordnung, sollte so ein Ergebnis nicht in Ordnung sein, wissen wir die Laufkartennummer, über die
87 Laufkartennummer würden wir dann in den Fertigungsbeständen nachsehen, möglicherweise zurücksuchen
88 bis zu den Zukaufteilen, aber das wären quasi dann Messdaten aus der Serienproduktion, in diesem Fall
89 stichprobenartig und zugeordnet über diese Laufkarte.

90 Schlussendlich ist es so, dass dieser Fertigungsfluss dann durchgearbeitet ist. Da siehst du eine Laufkarte,
91 wie sie im wirklichen Leben aussieht. Hier bestätigen die Mitarbeiter die Anzahl der Gutstücke oder des
92 Ausschuss nochmal Handschriftlich auf der Laufkarte. Dort sieht man auch die Bestätigung des jeweiligen
93 Mitarbeiters der es durchgeführt bzw. produziert hat. Nach dem letzten Arbeitsgang wird dann anschließend
94 im System ein Materialbestand erzeugt.

95 **I: Und nach jedem Vorgang wird es auch im SAP rückgemeldet?**

96 **B:** Ja genau. Das geht über eine Transaktion. Ohne diese Rückmeldung im SAP ist es eigentlich nicht
97 möglich das Material zum nächsten Arbeitsgang zu bringen. Damit sind nämlich auch Logistiktransaktionen
98 verknüpft. Das heißt dass ein Warenbegleitschein ausgedruckt wird, der bewirkt, dass ein Routenzugfahrer
99 das Material aufnimmt und zur nächsten vorgesehenen Stelle mitnimmt. Zusätzlich gibt es auch eine

- 100 Sperrmöglichkeit im System. Sollte es so sein, dass ein Material weitergeliefert wird, ohne dass der
101 Arbeitsgang erledigt ist, ist es dem nachfolgenden Arbeitsgang nicht möglich die Laufkarte rückzumelden,
102 der bekommt dann eine Warnmeldung: "Achtung Vorgänger-Arbeitsgang nicht rückgemeldet." Das ist
103 sozusagen ein Interlogging System damit Arbeitsgänge nicht ausgelassen werden können.
- 104 Wir haben nun alles gemacht, die Teile sind fertig und in Ordnung und dann würde der Herr (Name) an der
105 Montagelinie dieses Projekts sehen, da gibt es Material, das ist verfügbar und steht am Anlieferplatz
106 Montage. Dabei handelt es sich um 280 Stück mit der Chargennummer 123. Diese Chargennummer setzt
107 sich systemseitig dann aus der Laufkartenummer und dem Materialrevisionsstand. So setzt sich bei uns
108 allgemein eine Chargennummer für ein Hausfertigungsteil zusammen.
- 109 **I: Ah ok. Sprich, wenn man sagt, man hat alle Vorgänge des Arbeitsplans durchlaufen und das Teil
110 ist fertig, bekommt es immer wieder eine neue Chargennummer.**
- 111 **B:** Genau, das kommt daher, dass eine Laufkarte immer eindeutig ist und nie doppelt vorhanden sein kann,
112 gibt es da genau für jedes dieser Lose, das fertig produziert wird, eine eindeutige Chargennummer, die sich
113 eben aus Revision.Laufkartenummer zusammensetzt.
- 114 **I: Das bedeutet dann im Rückschluss, denn Anfang sind die Chargen ja relativ groß meines Wissens,
115 je nach Anlieferung, aber die Chargen, die die Fertigung verlassen, sind dann schon deutlich kleiner
116 und entsprechen einer Laufkarte.**
- 117 **B:** Ja das kommt daher, dass die Chargengröße oftmals bestimmt wird durch Vorgaben wie viel fassen
118 meine Gebinde. Im Normalfall ist es ein Bodenroller, das ist die Grundeinheit und je nachdem wie viel Stück
119 auf den Bodenroller sind, das hängt natürlich von der Größe des Bauteils ab, ist das die Größe der Laufkarte
120 und der Charge intern. Vom Zukaufteil ist die Chargengröße meistens natürlich viel größer, da werden dann
121 andere Gebinde verwendet.
- 122 **I: Alles klar. Kann man das im SAP dann auch gut sehen? Zuerst hatte das Teil diese
123 Chargennummer, dann diese und dann jene.**
- 124 **B:** Ja genau durch diese Transaktion, die wir zuvor schon betrachtet haben. Die gibt es auch noch in einer
125 Umkehrfunktion. Dort kann ich dann schauen, ein Rohmaterial, von dem ich die Chargennummer weiß, in
126 welche Laufkarten ist das eingegangen. Das ist sozusagen die Umkehrvariante und dort würde ich dann
127 sehen, dass zB eine Rohmaterialmenge von 560 Drehteilen in zwei Laufkarten in jeweils 280 in der
128 Hausfertigung wieder finden würde. Das ist also im SAP nachvollziehbar.
- 129 **I: Bei einem anderen Gespräch ist das Thema aufgetaucht, dass es manchmal dazu kommen kann,
130 wenn ein Bodenroller kommissioniert wird, dass sich dann zwei verschiedene Chargennummern auf
131 einem Bodenroller befinden. Kommt das vor, oder ist das eher der Ausnahmefall?**
- 132 **B:** Das kommt natürlich vor, das ist aber nicht immer erlaubt bzw. zulässig.
- 133 **I: So wie bei Schmelz-Chargen, oder? Hier ist es nicht erlaubt, wenn ich das richtig verstanden habe.**
- 134 **B:** Ja genau, das sind sogenannte Klasse 1 Teile, dort ist es nicht zulässig, weil diese Teile wirklich strikt
135 getrennt gehalten werden müssen. Bei den anderen Teilen kommt es natürlich dazu, weil es sich sonst
136 einfach nicht ausgeht. Der erste Grund wäre schon, dass ein Teil mit der Hausfertigungslosgröße nicht mit
137 der Anlieferung des Lieferanten zusammenpasst und da gibt es natürlich immer Restmengen. Das ist aber
138 für die Rückverfolgbarkeit generell kein Problem, weil ich weiß was drinnen ist. Ich könnte in der Praxis das
139 Problem haben, dass der Lieferant uns genau sagen kann in der Charge A ist ein fehlerhaftes Teil, bei uns
140 in der Produktion haben wir aber schon Teile aus der Charge A, C, D verwendet, das heißt wir können es
141 nicht mehr genau aufs Bauteil einschränken. Im ungünstigsten Fall müssen wir die ganze
142 Hausfertigungscharge verwerfen, weil man nicht mehr so genau zurückgeprüft werden kann. Aber
143 dokumentiert und nachvollziehbar ist es immer.
- 144 **I: Wenn ich dann so einen Bodenroller habe, hat dieser eine Laufkarte, aber auf der Laufkarte steht
145 dann drauf, dass zwei Chargennummern enthalten sind.**
- 146 **B:** Ja genau.
- 147 **I: Aber man kann eigentlich nicht mehr genau sagen, wenn man sagt man hat Hausnummer 10 Teile
148 am Bodenroller, welche dieser 10 Teile jetzt genau zu Charge A oder zu Charge B gehören. Das kann
149 man einfach nicht mehr sehen, oder?**
- 150 **B:** Das hängt natürlich vom Fehler ab, wenn es ein offensichtlicher Fehler ist, kann man es auch
151 herausprüfen, wenn das ein Materiallegierungsfehler wäre, dann kann ich das natürlich nicht mehr zuordnen.

152 Also zu dem Zweck müsste ja das Zukaufteil schon am Einzelteil signiert sein, dann kommt man 1:1 hin,
153 und die zweite Variante wäre, aber das würde sich in der Praxis nicht bewähren, dass man einfach dieses
154 Mischen untersagt, dann hat man halt viele Teilmengen unterwegs. Wie gesagt die Praxis hat gezeigt, dass
155 man mit diesem System unter diesen Bedingungen auch leben kann. Also es hat uns noch nie so große
156 Probleme bereitet, dass wir eine Alternative zu diesem Prozess gebraucht hätten.

157 Von da weg, wenn wir nun im Prozess weitergehen. Die Teile stehen nun an der Montage und können
158 verwendet werden. Da kommt jetzt wieder die Schnittstelle zum nächsten Bereich und ist nicht mehr ganz
159 so mein Bereich, aber was definitiv so ist, werden dann unsere Bauteile für das Montieren, mit einer
160 bestimmten Chargennummer, sukzessive verbraucht also je montiertem Getriebe wird dann ein Stück Muffe
161 im SAP im Bestand weggebucht. Das kann man dann auch wieder über eine Transaktion nachverfolgen und
162 werden natürlich werden diese Chargen, je nach Projekt, dem Getriebe zugeordnet. Im Normalfall sollte es
163 so sein, dass es eine genaue Zuordnung über das Aufbauprotokoll gibt, welche Charge verbaut worden ist
164 im Getriebe. Die allgemeine Regel lautet hier, dass die wertigen und einflussnehmenden Teile zu 100%
165 gescannt sein müssen. Schrauben und ähnliches wird eher über Daumen mal Pi oder über den Verbrauch
166 zugeordnet. Aber hier kannst du mit den Informationen aus der Montage anknüpfen.

167 **I: Ja super, da befinden wir uns an der Schnittstelle, das passt gut zusammen.**

168 **B:** Genau. Zusätzlich habe ich noch zwei globale Standards zum Thema Rückverfolgbarkeit aus dem Jahr
169 2018 herausgesucht, das schicke ich dir dann zum Durchlesen. Hierbei geht es hauptsächlich um die
170 Rückverfolgbarkeit in der Montagelinie, aber für die Umsetzung, muss es auf Einzelteilebene vorbereitet
171 sein. Hier sieht man dann quasi was in einem Prozessdatenblatt enthalten sein soll und auf welchem Level
172 rückverfolgt werden kann. Level 1 wäre sicherheitskritisch, das kann zum Beispiel eine Rotorwelle sein, da
173 sind die Durchmesser, wo die Rotorpakete rauf kommen und ein Sensor oben ist, das wären
174 sicherheitskritische Merkmale. Dann gibt es noch Level 2 und 3, das sind dann quasi so abgeschwächte
175 Varianten. Aber dazu muss man sagen, dass sind Vorschriften, die nicht allgemein bekannt sind, es ist eher
176 ein Best-Practice und entspricht noch weniger der Praxis. Wir sind in erster Linie zu 99% in der
177 Losgrößenverfolgbarkeit. Der zweite Standard befasst sich mit der Markierung von Bauteilen. Hier sieht man
178 dann wie wäre es auszuführen und wie verwende ich so eine Technologie und so weiter. Das ist mal alles
179 was ich zu dem Thema sagen kann, hast du noch Detailfragen?

180 **I: Erst einmal danke, du bist ja mein letztes Interview und hast nun das letzte Puzzleteil in den**
181 **Prozess super eingefügt. Eine Frage, die ich noch hätte – was sind deiner Meinung nach die größten**
182 **Herausforderungen in deinem Bereich zum Thema Rückverfolgbarkeit? Sprich, wenn es zu einem**
183 **Reklamationsfall kommt, was sind für dich die größten Schwierigkeiten?**

184 **B:** In der jetzigen Welt ist es so, dass die Teilestruktur im Normalfall nicht so einfach ist, dass aus einem
185 Zukaufteil ein Hausteil wird und dann ein Getriebe wird. Sondern da haben wir teilweise prozessbedingt
186 Unterstufen. Das heißt, ein VBZ-Teil wird bei uns ein weichbearbeitetes Teil, wird dann ein gehärtetes Teil,
187 wird dann ein Fertigteil und dann ist es ein Getriebe. Und durch diese Mehrstufigkeit, hat man bei der Suche
188 einen relativ hohen Zeitaufwand, weil es sehr kompliziert ist. Es funktioniert zwar technisch, aber es nimmt
189 sehr viel Zeit in Anspruch. Das zweite ist, 99% der Teile sind immer nur auf Losgröße rückverfolgbar, das
190 reicht dann im Normalfall auch aus, in manchen Fällen ist es aber im Sinne von Kostengründen, wirklich gut,
191 wenn man auf ein Einzelteil zugehen könnte und eine gute Zuordnung zum Einzelteil hat, weil man dann
192 dem Kunden nicht sagen muss, bzw. auch wird intern, man muss da jetzt nicht 1000 Getriebe prüfen. Es
193 wäre natürlich ganz toll zu wissen nur dieses eine Teil ist schlecht und das ist in diesem Getriebe drinnen
194 und wenn wir dieses eine Getriebe gefunden haben, dann wars das und man braucht nichts mehr weiter
195 tun, das wäre natürlich toll und ist umgekehrt für uns oftmals ein Hindernisgrund. Und Tatsache ist auch, da
196 wir für den überwiegenden Teil der Bauteile nur Stichprobenprüfungen machen, wo man die Zuordnung zu
197 Chargen haben, da wo wir zu 100% Messen, weil es gibt, Fertigungsprozesse wo man zu 100% prüfen
198 muss, da ist es uns aber nicht möglich die Zuordnung zum Einzelteil zu machen. Wir wissen die Teile sind
199 geprüft und in Ordnung, aber zu einem späteren Zeitpunkt können wir diese 1:1 Verbindung nicht mehr
200 herstellen, also Bauteil und Messwert. Das wäre ja nur möglich, wenn ein DMC drauf wäre. Das würde
201 natürlich im Reklamationsfall helfen und das wäre eine große Verbesserung. Und wie gesagt ein Beispiel,
202 was wir in Lannach so umgesetzt haben, da gibt es das Projekt Z, das hat den Hintergrund, weil wir da aus
203 Lannach ein Einzelteillieferant für ein OEM-Werk sind. Da werden Ersatzgetrieberäder zu dem Kunden
204 geschickt, wo er dann sein Aggregat zusammenbaut. Da hat wirklich jedes Bauteil, wo es technisch möglich
205 ist, einen DMC und wenn wir 100% Messungen durchführen, und da gibt es einige, weil da haben wir eine
206 eigene Auslieferungszelle, Da haben wir dann immer die Zuordnung am DMC direkt am Bauteil. Das ist ein

207 positives Beispiel, wenn es geht, sollte man es immer so machen. Wenn nun der Kunde Z sagt, das Bauteil
208 ist falsch, können wir sofort in der Datenbank in Laufkarten nachschauen und können es direkt
209 nachvollziehen, ob es ein Problem gegeben hat, oder auch sagen unsere Messergebnisse haben gezeigt,
210 dass es in Ordnung ist und das Problem muss wo anders zu finden sein. Also das wäre die positive Richtig,
211 wo es noch Möglichkeiten gibt und dass ist ja auch die Zielsetzung, das in ein paar Jahren auch
212 umzusetzen.

213 **I: Ja das stimmt, das ist die Wunschvorstellung. Da kommt dann natürlich auch gleich schnell die**
214 **Kosten-Nutzen-Frage hinzu.**

215 **B:** Ja das ist natürlich klar.

216 **I: Super, dann haben wir wirklich viele Themen abgedeckt. Danke dir recht herzlich, dass du alles so**
217 **gut vorbereitet hast und mich so durch den Prozess geführt hast. Ist von deiner Seite noch etwas**
218 **offengeblieben, das du zu dem Thema erwähnen möchtest?**

219 **B:** Ich hoffe, wenn wir dann auf das MES umstellen, dass diese Themen ins MES wandern. Ich habe hier
220 die Hoffnung, dass es dann noch besser funktioniert. Das heißt dass man gewisse Themen im MES besser
221 abbilden kann. Der zweite Punkt ist auch, wenn man sagt unsere Zielsetzung ist Industrie 4.0 und wir wollen
222 auf Einzelteil-Rückverfolgbarkeit gehen, dass wir es zu viel an dem Thema scheitern lassen, dass kein Geld
223 dafür zu Verfügung steht. Man muss natürlich die Relation betrachten, aber dass man es trotzdem für ein
224 paar Teile umsetzen kann.

225 **I: Super, dann danke dir für deine Ausführungen!**

226 **B:** Sehr gerne, kein Problem.