Die approbierte Originalversion dieser Dissertation ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

**Dekanat der Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

# DISSERTATION

## Entwicklung eines Modells zur Darstellung von Traceabilitydaten in Abhängigkeit von Traceabilityanwendungsfällen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der technischen Wissenschaften unter der Leitung

von

**Ao.Univ.Prof. Dipl.- Ing. Dr.techn. Burkhard Kittl**

E311

Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik

Eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

**Dipl.- Ing. Sebastian Lichtenberger**

Matrikelnummer: 9171417

Eibengasse 1, 2333 Leopoldsdorf, Österreich

Wien am 7. Juni 2016

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Ausführungen, die anderen veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, habe ich kenntlich gemacht.

| | |
|---|---|
| _____ | _____ |
| Ort, Datum | Sebastian Lichtenberger |

# Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff *Traceability* in zwei Bereiche geteilt. Einerseits wird beleuchtet, welche *Traceabilityanwendungen* neben der bekanntesten Anwendung, der Rückrufeingrenzung in Unternehmen des Maschinenbaus, noch im Einsatz sind, anderseits auch welche Daten für welche *Traceabilityanwendung* in welchem Detailierungsgrad notwendig sind.

Für die anschauliche Darstellung der möglichen *Traceabilitydaten* wurde ein *Traceabilitymodell* entwickelt, in dem mögliche Daten in statische und dynamische *Traceabilitydaten* gegliedert werden. Statische Daten sind Daten, die vor dem Auslösen eines Fertigungsauftrages entstehen, wie etwa Produkttyp, Stücklisten, Software, Zeichnungen, Arbeitspläne und Prüfpläne und deren Revisionen bis hin zur Kundenkonfiguration.

Im Zuge der Erzeugung von Produkten entstehen Fertigungsdaten, die in die Kategorie der dynamischen *Traceability* fallen. Darunter fallen Daten über Bauteile, die im Produkt verbaut werden, Prozessdaten, die bei der Fertigung des Produktes entstehen, Prüfdaten, die das Ergebnis des Fertigungsprozesses beschreiben und Vertriebsdaten, die beschreiben, an welchen Kunden das Produkt geliefert wurde. All diese Daten der dynamischen *Traceability* lassen sich in drei unterschiedlichen Detailierungsstufen anwenden. Diese sind im gröbsten Detaillierungsgrad Daten, die sich dem Produkt nur über den Typ zuordnen lassen. Im mittleren Detaillierungsgrad lassen sich die Daten über einen Zeitstempel mit dem Produkt verknüpfen und im feinsten Detailierungsgrad erfolgt eine direkte Zuordnung zwischen den *Traceabilitydaten* und dem produzierten Produkt.

Mit diesem *Traceabilitymodell* lassen sich nun alle in den untersuchten Unternehmen identifizierten *Traceabilityanwendungen* darstellen.

# Abstract

Within this thesis, *traceability* was divided into two parts. On the one hand, research was done on *traceability* applications that are already implemented in corporations of mechanical engineering together with the well known “product recall optimization”. On the other hand, the necessary *traceability* data and the level of detail related to the data were analyzed.

For the clear presentation of potential *traceability* data, a *traceability* model was designed. Within this model *traceability* data is statically and dynamically structured.

Statical *traceability* data is information about the product, which is generated before or while triggering the production order. This could be data like the bill of materials, software, technical drawings, working plans, testing plans and their revisions. In a more detailed level, this could also be data about the customer’s configuration.

Data which is generated during the production process is called dynamical *traceability*. This type of *traceability* could also be separated into four divisions: part data, process data, test data and distribution data. Part data describes the parts assembled in a product. Process data is the data generated during the production process. Test data describes the result of the production process and distribution *traceability* indicates the distribution process directly after the production process.

All these different types of dynamical *traceability* data are again separated into three levels. On the roughest level, data can only be mapped to the product type. Within the medium level, data is mapped thorough a time stamp to the product. On the finest level of detail, data is mapped directly to the product.

With this *traceability* model it is possible to describe all *traceability* data for all identified *traceability* applications which were found during the research.

Mein Dank gilt besonders:

- meinem Betreuer im Unternehmen, Herrn Horst Lang.
- meinen Ansprechpartnern in den beteiligten Unternehmen, welche einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen haben.
- meinem Betreuer Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Burkhard Kittl für die Betreuung der Arbeit. Besonders durch seine fachliche Kompetenz konnte er wertvolle Anmerkungen und Hinweise geben.
- Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Detlef Gerhard für die Zweitprüferschaft.
- meinen KollegInnen und MitarbeiterInnen des Instituts für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik.
- meiner Familie für die Unterstützung.
- meinen Freunden, die auch in schwierigen Zeiten zu mir halten.

**Inhalt**

1 Einleitung ..... 1
1.1 Motivation ..... 1
1.2 Zielsetzung ..... 4
1.3 Forschungsfragen und Methodik ..... 4
1.4 Aufbau der Arbeit ..... 7
2 Definition von Traceability ..... 8
2.1 Micro- und Macro-Traceability ..... 10
2.2 Up- vs. Downstreaming-Traceability ..... 10
2.2.1 Upstreaming-Traceability ..... 11
2.2.2 Downstreaming-Traceability ..... 12
2.3 Passive vs. Aktive Traceability ..... 13
2.4 Problematik der unklaren Definition der Seriennummer ..... 13
2.5 Begriffe der Traceability ..... 14
3 Untersuchung von bisherigen Forschungsergebnissen anhand von Literatur ..... 15
3.1 Olsen/Borit: How to define traceability ..... 15
3.2 Alfaro/Rábade: Traceability as a strategic tool ..... 17
3.3 Chongwatpol/Sharda: RFID-enabled track and traceability in job scheduling 18
3.4 Böse/Uckelmann: Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung ..... 19
3.5 Töyrylä: Realising the Potential of Traceability ..... 21
3.6 Sohal: Computerised parts traceability ..... 22
4 Traceabilityanwendungen ..... 24
4.1 Einteilung von Traceabilityanwendungen ..... 24
4.2 Traceabilityanwendungen im Qualitätsmanagement ..... 25
4.2.1 Produkthaftung ..... 26
4.2.2 Herkunftsnachweis ..... 26

4.2.3 Produktauthentifzierung ..... 26
4.2.4 Reklamationsabwicklung ..... 28
4.2.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung ..... 28
4.2.6 Rückrufeingrenzung ..... 30
4.2.7 Anforderungen aufgrund von QMS und Verordnungen ..... 34
4.2.8 Branchenforderungen an Traceability ..... 35
4.3 Traceabilityanwendungen in der Produktion ..... 36
4.3.1 Prozessanalysen zur Qualitäts- und Prozessverbesserung ..... 36
4.3.2 Prozessverriegelung ..... 39
4.3.3 Produktionsunterstützung ..... 40
4.4 Traceabilityanwendungen im After-Sales ..... 40
4.4.1 Wartung und Instandhaltung ..... 40
4.4.2 Kundendienstleistungen ..... 41
4.4.3 Vertriebsnetzwerk aufdecken ..... 41
4.5 Traceabilityanwendungen für die interne/externe Logistik ..... 42
4.5.1 Kopplung von physischem und virtuellem Materialfluss ..... 43
4.5.2 Stock Management ..... 45
5 Voruntersuchung ..... 47
5.1 Vorgehensweise im ersten Untersuchungsschritt ..... 47
5.2 Normen und Gesetze ..... 48
5.3 Industrielle Forderungen ..... 49
5.3.1 Nahrungsmittelindustrie ..... 49
5.3.2 Biotech-/Pharma- und Chemieindustrie ..... 51
5.3.3 Medizintechnik ..... 52
5.3.4 Automobilindustrie ..... 52
5.3.5 Luftfahrt ..... 53

5.4 Betriebsinterne Forderungen ..... 53
5.4.1 Beschreibung der Interviews ..... 53
5.4.2 Sampling ..... 54
5.4.3 Vorgehensweise im Interview ..... 55
5.4.4 Auswertung der Interviews ..... 57
5.4.5 Bewertung der Interviews ..... 59
5.5 Abgrenzung zu Traceability eines ERP-Systems ..... 60
5.6 Abgrenzung zu Traceability eines MES-Systems ..... 60
6 Das Traceabilitymodell ..... 61
6.1 Kennzeichnung ..... 61
6.1.1 Kennzeichnung mit Hersteller und Produkttyp ..... 62
6.1.2 Kennzeichnung mit Chargennummer ..... 62
6.1.3 Kennzeichnung mit eineindeutiger Seriennummer ..... 69
6.1.4 Zusammenfassung der Produktkennzeichnung ..... 70
6.2 Statische und dynamische Traceability ..... 70
6.2.1 Statische Traceability ..... 72
6.2.2 Dynamische Traceability ..... 77
6.3 Modellerstellung ..... 80
6.3.1 Stufenmodell ..... 81
6.3.2 Nummerncodes ..... 81
6.4 Verständliche Praxisbeispiele ..... 82
6.4.1 Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Sechskantschraube ..... 82
6.4.2 Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Bohrmaschine ..... 84
6.5 Modellanwendung bei diskreter Fertigung ..... 87
6.6 Modellanwendung bei kontinuierliche Fertigung ..... 87

7 Darstellung der Traceabilityanwendungen im Traceabilitymodell ..... 88
7.1 Umsetzungen der Qualitätsmanagement-Anwendungen ..... 88
7.1.1 Produkthaftungsgesetz ..... 88
7.1.2 Herkunftsnachweis ..... 90
7.1.3 Aufdecken von Fälschungen ..... 91
7.1.4 Reklamationsabwicklung ..... 100
7.1.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung ..... 103
7.1.6 Rückrufeingrenzung ..... 105
7.1.7 Rückrufanalyse im Maschinen- und Anlagenbau ..... 106
7.1.8 Zusammenfassung der Rückrufanalyse ..... 116
7.1.9 Umsetzung der Anforderungen aufgrund von QMS und Verordnungen 118
7.1.10 Verordnungen ..... 124
7.1.11 Branchenanforderungen ..... 126
7.2 Produktion ..... 127
7.2.1 Prozessanalyse zur Qualitäts- und Prozessverbesserung ..... 127
7.2.2 Prozessverriegelung ..... 131
7.2.3 Ausgeprägte Prozessverriegelung ..... 133
7.2.4 Produktionsunterstützung ..... 135
7.3 After Sales ..... 137
7.3.1 Wartung und Instandhaltung durch den Kunden ..... 137
7.3.2 Vertriebsnetzwerk aufdecken ..... 139
7.3.3 Kundendienstleistungen ..... 141
7.4 Interne und externe Logistikanwendung ..... 146
7.4.1 Kopplung des physischen und virtuellen Warenflusses ..... 146
7.4.2 Stock Management ..... 148
7.5 Zusammenfassung ..... 149

8 Implementierung der Traceabilitymodule im Unternehmen ..... 151
8.1 Kennzeichnungsgenerierung ..... 151
8.1.1 Hersteller und Typ ..... 151
8.1.2 Chargenkennung ..... 152
8.1.3 Seriennummerngenerierung ..... 154
8.1.4 Zentrale Kennzeichnungsbereitstellung ..... 154
8.2 Datenverwaltung der Traceabilitydaten ..... 155
8.3 Umsetzung der statischen Traceability ..... 158
8.4 Umsetzung der dynamischen Traceability ..... 160
8.4.1 Umsetzung der Bauteiltraceability ..... 160
8.4.2 Umsetzung der Prozesstraceability und Prüfdatentraceability ..... 170
8.4.3 Umsetzung der Vertriebstraceability ..... 173
9 Produktmarkierung ..... 177
9.1 Technische Umsetzbarkeit ..... 177
9.1.1 Klartext ..... 177
9.1.2 1D-Code (Barcode) ..... 178
9.1.3 2D-Code ..... 178
9.1.4 RFID ..... 179
9.1.5 Zusammenfassung ..... 180
9.2 Markierungsinhalte ..... 181
9.2.1 ISO 15418 ..... 181
9.2.2 GS1 ..... 182
10 Abschließende Betrachtung ..... 183
11 Anhang ..... 185
11.1 Das Traceabilitymodell ..... 185
12 Abbildungsverzeichnis ..... 186

13 Bildverzeichnis ..... 189
14 Tabellenverzeichnis ..... 190
15 Literaturverzeichnis ..... 191
16 Lebenslauf ..... 201
17 Veröffentlichungen ..... 202

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die vorliegende Arbeit ist in einem deutschen Unternehmen des Mittelstandes in der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus entstanden. Das Unternehmen beschäftigt ca. 20.000 Mitarbeiter in neun, weltweit verteilten, Produktionswerken. Ich führte das Forschungs- und Umsetzungsprojekt zum Thema Traceability über drei Jahre als Projektleiter. Durch den tagtäglichen Einblick in unterschiedlichste Fachbereiche des Unternehmens konnte ich den Datenbedarf detailliert untersuchen und Interviews mit den unterschiedlichsten Fachexperten durchführen. Das Projekt wurde von einem Lenkungskreis gesteuert. In diesem waren Produktions-, Qualitäts- und Logistikleiter mit Steuerungsaufgaben betraut. Zusätzlich waren Vertreter aus unterschiedlichen Fachbereichen wie der Automatisierungsplanung, der IT, der Werksqualität, des Qualitätsmanagements und des Vertriebes in Beratungsfunktionen im Projekt tätig. Neben meiner Tätigkeit als Projektleiter im Unternehmen war ich Mitglied des Arbeitskreises Track & Trace des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer. Durch diverse Aktivitäten im Arbeitskreis konnte ich einen umfangreichen und tiefen Einblick in den *Traceabilitybedarf* der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus gewinnen. Im Arbeitskreis fand der regelmäßige Austausch zwischen Traceability-Experten der Mitgliedsunternehmen statt. Diese Erkenntnisse spiegeln sich in den Anwendungsfällen wider.

*Traceability* (dt. „Rückverfolgbarkeit“) ist in den letzten Jahren zunehmend zu einem neuen Trend im Qualitätsmanagement geworden. So hat etwa der ZVEI[1] im Jahr 2009 seinen ersten Leitfaden für *Identifikation und Traceability* in der Elektro- und Elektronikindustrie veröffentlicht.

[1] Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Auch der VDMA[2] hat im Jahr 2013 die Wichtigkeit dieser Thematik für den Maschinen- und Anlagenbau erkannt und den bereits erwähnten Arbeitskreis gegründet.

Eines der Hauptprobleme mit *Traceability* ist das Fehlen einer klaren Definition. Zwar existieren in der Literatur unzählige Definitionen die *Traceability* als Sammeln von Produktdaten beschreiben, welche Daten hierbei gesammelt werden sollen, lässt sich jedoch aus keiner dieser Definitionen ableiten. Umgekehrt werden viele unterschiedlichste Anwendungen der *Traceability* zugeordnet. Der Hauptnutzen von *Traceability* liegt im Eingrenzen und somit in der Reduzierung eines Produktrückrufes. Aufgrund der Zunahme von Rückrufen[3] in unterschiedlichsten Branchen ist erkennbar, dass *Traceability* zukünftig eine noch wichtigere Rolle im Qualitätsmanagement einnehmen wird. Jedoch ermöglicht ein *Traceabilitysystem* noch weitere Anwendungen im Unternehmen, die zu einem höheren Nutzen führen können.

Die steigende Zahl der Rückrufe, wie zum Beispiel in der Automobilindustrie, lässt daran zweifeln, ob wirklich *Traceability* angewendet wird, ob der Detaillierungsgrad fein genug ist oder schlicht die richtigen Daten für die richtigen Anwendungen gesammelt werden.

Oft herrscht Unklarheit darüber, welche Daten für die *Traceability* gesammelt werden sollen. Ganesh etwa meint, *Traceability* sei umso wichtiger, wenn die Supply-Chain komplex ist und viele Aufgaben ausgegliedert werden (vgl. Ganesh 2011), doch auch er kann keine eindeutige Definition von *Traceability* anbieten und Auskunft über den sich daraus ergebenden Detaillierungsgrad der Datensammlung geben.

Um das optimale *Traceabilitysystem* für ein Unternehmen zu finden, ist festzulegen, welche Anwendungen das *Traceabilitysystem* unterstützen soll. Erst diese

[2] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.

[3] Im Jahr 2014 hat z.B. General Motors bereits im ersten Halbjahr mehr Fahrzeuge zurückgerufen, als 2013 insgesamt von General Motors produziert wurden (vgl. Plumer: GM has already recalled more cars this year than it sold all last year 2014).

Festlegung erlaubt es, die Kosten einem möglichen Nutzen gegenüber zu stellen und eine Entscheidung für das *Traceabilitysystem* zu treffen.

Da diese anwendungsbezogenen Fragen noch nicht eindeutig beantwortet werden können, wird in der vorliegenden Arbeit ausgehend von *Traceabilityanwendungen* ein *Traceabilitymodell* erstellt, das helfen soll, eine Entscheidungsgrundlage für das *Traceabilitysystem* zu treffen.

Aufbauend auf dem *Traceabilitymodell* soll ein Überblick über weitere mögliche *Traceabilityanwendungen* in Unternehmen des Maschinen- und Anlagebaus geboten werden. Somit kann auch Ganesh zukünftig detaillierter beschreiben, welche *Traceabilitydaten* für welche *Traceabilityanwendungen* der *Traceability* bei komplexen Supply-Chains nötig sind.

## 1.2 Zielsetzung

Dem Anwender der Ergebnisse dieser Arbeit soll auf Basis seiner gewünschten *Traceabilityanwendungen* Klarheit verschafft werden, welche *Traceabilitydaten* in welchem zweckmäßigen Detaillierungsgrad für die Anwendungen notwendig sind.

## 1.3 Forschungsfragen und Methodik

**Frage 1: Was verstehen die handelnden Akteure unter Traceability?**

Da *Traceability* im Maschinebau noch immer ein unerforschtes Gebiet ist, wird eine explorative Vorgehensweise gewählt. Zuerst soll ein Grundverständnis für *Traceability* und somit für die weitere Vorgehensweise entwickelt werden. Im Zuge der Recherche zu Frage 1 haben sich die Fragen 2a und 2b ergeben, welche ebenfalls in dieser Arbeit untersucht werden.

**Methodik:** Wissenschaftliche Literatur zum Thema *Traceability* hat bestätigt, dass die Definition von *Traceability* unzureichend ist. Somit wurde eine Voruntersuchung (siehe Kapitel Voruntersuchung) durchgeführt, um aufzuzeigen, welche Forderungen sich durch Normen, Gesetze, Branchenforderungen oder unternehmensinterne Forderungen ergeben. Dazu wurden sowohl qualitative (offene Interviews, Untersuchungen von Normen usw.) und quantitative Methoden (Umfrage mit definierten Antwortmöglichkeiten) im Unternehmen und auch im Umfeld des VDMA Arbeitskreises angewendet. Die detaillierte Vorgehensweise wird in Kapitel 5.4.1 Beschreibung der Interviews erläutert.

**Frage 2a: Wie lassen sich die notwendigen Daten der Anwendungsfälle von *Traceability* in einem Kommunikationsmodell darstellen?**

Die Einführung eines *Traceabilityprojektes* ist ein komplexer Prozess, da meist nicht klar ist, welche Daten in welchem Detaillierungsgrad dokumentiert werden sollen. Mit dem Kommunikationsmodell sollen der Austausch zwischen allen beteiligten Projektpartnern und die Durchführung eines *Traceabilityprojektes* vereinfacht werden.

**Methodik:** Mit Hilfe der Ergebnisse der Fragen 1 und 2b, soll ein Kommunikationsmodell entwickelt werden, welches die *Traceability*-Projektdefinition,

die Kosten- und Nutzenbewertung und die Implementierung der *Traceabilityanwendung* im Unternehmen unterstützt. Um die Ergebnisse der Frage 2b in das Kommunikationsmodell einfließen zu lassen, wird Frage 2b parallel zu Frage 2a bearbeitet.

**Frage 2b: Welche Daten sind in welchem Detaillierungsgrad für welche Anwendungsfälle von *Traceability* relevant?**

Anhand des unter Frage 2a entstandenen *Traceabilitymodells* soll in der Frage 2b ausgehend von den gewünschten *Traceabilityanwendungen* geklärt werden, welche Daten in welchem Detaillierungsgrad nützlich sind.

**Methodik:** Um zu klären, welche Daten für die unterschiedlichen Anwendungen notwendig sind, wurden qualitative Untersuchungen bei 20 Unternehmen der Branche des Maschinenbaus durchgeführt, um die nötigen *Traceabilitydaten* für die Anwendungsfälle aufzuzeigen.

**Frage 3: Wie kann ein *Traceabilitysystem* in einem typischen Unternehmen des Maschinenbaus mit einfachen Mitteln umgesetzt werden?**

Aufgrund des *Traceability*modells aus Frage 2a und der festgelegten Daten je nach Anwendungsfall aus Frage 2b ist nun definiert, welche Daten für die gewünschten Anwendungsfälle nötig sind. Im Kapitel zu Frage 3 soll aufgezeigt werden, welche Produktmarkierungen nötig sind und wie die *Traceabilitydaten* in einem typischen Unternehmen des Maschinenbaus dokumentiert werden können.

**Methodik:** Der Maschinen- und Anlagenbau ist eine äußerst inhomogene Branche, zu der sich sowohl kleine Unternehmen mit wenigen Mitarbeitern bis hin zu weltumspannenden Konzernen zählen. Häufig nutzen diese Unternehmen jedoch ähnliche Systeme, um die Produktion zu steuern oder Daten zu erfassen und zu verwalten. Die Untersuchung der Frage 3 soll ergeben, wie *Traceability* mit geringem Aufwand beispielhaft umgesetzt werden kann.

**Frage 4: Wie hätte das Ausmaß bereits geschehener Rückrufe aufgrund angewendeter Module des *Traceability*modells eingegrenzt werden können?**

Da sich bei Frage 1 die Rückrufumfangsreduzierung als häufiger Anwendungsgrund der *Traceability* herausgestellt hat, soll dies nun genauer beleuchtet werden. Die Frage 2b kann für die Anwendung der Rückrufeingrenzung nur produktspezifisch

geklärt werden. Deswegen soll die Untersuchung der Frage 4 einen Überblick bieten, welche Module für die Rückrufeingrenzung empfehlenswert sind.

**Methodik:** Anhand von zehn anonymisierten Rückruffällen, die für diese Arbeit untersucht wurden, soll aufgezeigt werden, welche Module zur Rückrufeingrenzung nötig gewesen wären. Für diese betrachteten Rückrufe kann auf verlässliches Datenmaterial zurückgegriffen werden, welches quantitativ untersucht wurde.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Ausgehend von der Einleitung zu dieser Arbeit erfolgt in den Kapiteln 2 und 3 die Erklärung von Begrifflichkeiten, die mit *Traceability* in Verbindung stehen. Des Weiteren werden der bisherige Diskurs und die Ergebnisse wissenschaftlicher Ausarbeitungen zusammengefasst, analysiert und diskutiert. In Kapitel 4 erfolgt eine Beschreibung der *Traceabilityanwendungen*, die im Zuge der Untersuchungen aufgetreten sind und gegen die das *Traceabilitymodell* anschließend verifiziert werden soll.

In Kapitel 5 erfolgt die Voruntersuchung mittels derer sowohl *Traceabilitydaten*, als auch *-anwendungen* identifiziert werden. In Kapitel 6 wird das *Traceabilitymodell* beschrieben und in Kapitel 7 erfolgt die Anwendung des *Traceabilitymodells* auf die *Traceabilityanwendungen*, womit die Verifizierung des Modells erfolgt. Kapitel 8 und 9 zeigen Möglichkeiten zur technischen Umsetzung von *Traceability* auf.

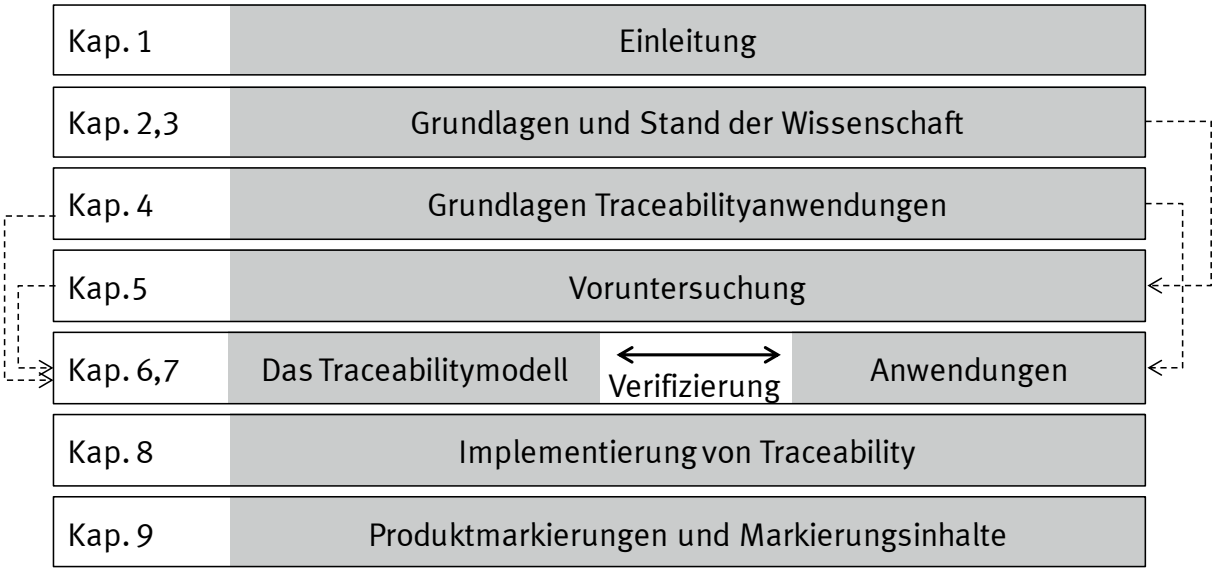



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

# 2 Definition von Traceability

Bei *Traceability* handelt es sich nicht um einen trivialen Begriff, denn auch in wissenschaftlichen Berichten herrscht große Verwirrung und Inkonsistenz über die Definition (vgl. Olsen und Borit 2013). Dies führt dazu, dass auch in Anwendungsbereichen der *Traceability* keine Klarheit geschaffen ist, weder über den Begriff, noch über das Konzept der *Traceability* (vgl. Karlsen et al. 2013). Olsen untersuchte 101 Publikationen und bestätigte, dass keine einheitliche Definition existiert. Oft wird allein in einer Publikation auf mehrere Definitionsmöglichkeiten hingewiesen. Auch Ringsberg und Jönson stoßen bei ihrer Untersuchung von *Traceability* in der Food-Supply-Chain auf acht unterschiedliche Definitionen. Diese reichen von europäischen Regulatoren wie der EN178/2002 über die ISO 8402:1994, oder ISO 22000, bis hin zur Definition nach Moe, Wilson und Clarke oder Lindh (vgl. Ringsberg und Jönson 2011). Auch Karlsen kommt zu dem Ergebnis, dass verschiedenste Definitionen und Prinzipien von *Traceability* existieren. Des Weiteren zeigt er auf, dass kein gemeinsames Verständnismodell existiert (vgl. Karlsen et al. 2013).

Moe definiert *Traceability* als die Möglichkeit, die Entstehungsprozesse eines Produktes oder einer Produktcharge und die Historie über die gesamte oder partielle Produktionskette von der Ernte über Transport, Lagerung, Erzeugung, Distribution und Verkauf oder unternehmensinterne Vorgänge nachvollziehen zu können (vgl. Moe 1998). Moes Definition wird zwar hauptsächlich in der Nahrungsmittelproduktion genutzt, ist aber auch für den Maschinen- und Anlagenbau anwendbar. Aktuellere wissenschaftliche Ausarbeitungen beziehen in die Definition zusätzlich noch die Produkteigenschaften ein, denn oft steht Rückverfolgbarkeit auch nur für die Rückverfolgbarkeit der Produkteigenschaften und bezieht sich nicht auf die Entstehungsgeschichte des Produktes (vgl. Olsen und Borit 2013).

Neben der Problematik der fehlenden, allgemeingültigen Definition von *Traceability* gibt es zusätzlich noch die Begriffe Tracking und Tracing, die ebenfalls in wissenschaftlichen Ausarbeitungen zu *Traceability* genutzt werden. Die Begriffe Tracking und Tracing werden häufig als Synonym für *Traceability* verwendet, (vgl. Taillard 2011) oder beziehen sich auf den Warenfluss. Hierbei definiert

Neugebauer Tracking als das „Erfassen von aktuellen Informationen“ und Tracing als das „Nutzen von aufgezeichneten Informationen" (vgl. Neugebauer et al. 2008).

Ausarbeitungen, die hauptsächlich die Begriffe Tracking und Tracing verwenden, beziehen sich auf die Anwendung der Chargenrückverfolgbarkeit (z.B. Karlsen et al. 2013). Neubauer weist jedoch darauf hin, dass Tracing als Grundlage von *Traceability* zu verstehen ist. Die DIN 9001 verweist darauf, dass „wenn Rückverfolgbarkeit gefordert ist, die Organisation die eindeutige Kennzeichnung des Produkts lenken und Aufzeichnungen aufrechterhalten“ muss (DIN EN ISO 9001).

Ab welchem Zeitpunkt und bis zu welchem Verarbeitungsschritt die Werkstoffe und Teile rückverfolgbar sein müssen, wird jedoch in der Definition nicht festgelegt. Die EG 1935/2004 fordert die Verfolgung bis zum Wareneingang, die Druckgeräterichtlinie (DGRL 94/23/EG) fordert die Rückverfolgbarkeit bis zur Endprüfung und die DIN 80079-34 fordert die durchgehende Rückverfolgbarkeit von wichtigen Teilen, wobei wichtige Teile z.B. Leiterplatten oder Sicherheitsbauteile sein können (vgl. VO 1935/2004, RL 97/23/EG, DIN EN ISO 80079-34).

Die ISO 9001 bezieht sich bei der Rückverfolgbarkeit des Ablaufes der Verarbeitung auf den Nachweis, dass die erforderlichen Aufzeichnungen und Kontrollen während der Produktion stattgefunden haben (vgl. DIN EN ISO 9001, Cheng und Simmons 1994). Detaillierter beschreibt dies die DIN 13485, die darauf hinweist, dass die Identifizierung des Produktstatus während der Herstellung, Lagerung und Installation und bei Instandhaltungen am Produkt aufrecht erhalten werden, um sicherzustellen, dass nur Produkte, die die geforderten Inspektionen und Prüfungen durchlaufen haben (oder die unter einer autorisierten Sonderfreigabe freigegeben wurden), zum Versand kommen, verwendet oder installiert werden (vgl. DIN EN ISO 13485).

Die Rückverfolgbarkeit auf das Produkt nach der Auslieferung bezieht sich darauf, Aufzeichnungen über Auslieferungsdaten zu dokumentieren. Hierfür werden zum Beispiel in der EG 1935/2004 und in der DIN 80079-34 unterschiedliche Detaillierungsgrade angeführt (vgl. VO 1935/2004, RL 97/23/EG). Eine Übersicht über Anforderungen aus Qualitätsmanagementsystemen ist in Tabelle 1: Übersicht Qualitätsmanagementsysteme gegeben.

**Diskussion:**

Es zeigt sich somit, dass zwar auch in gesetzlichen Normen Definitionen von

*Traceability* existieren, diese jedoch ebenfalls einen breiten Interpretationsspielraum zulassen und erst konkrete Anwendungsfälle die nötigen Daten bestimmen. Olsen hat im Zuge seiner Forschung eine Vielzahl an Definitionen von *Traceability* untersucht, aufgrund einer fehlenden allgemeingültigen Definition jedoch eine eigene Definition aufgestellt, die in der folgenden Arbeit angewendet wird. Diese lautet:

> *Traceability* ist die Möglichkeit, Zugriff auf ausgewählte oder alle Informationen des Betrachteten über den gesamten Lebenslauf zu haben.
>
> (vgl. Olsen und Borit 2013).

Eine vom Autor dieser Arbeit aufgestellten Definition ist folgende:

> *Traceability* ist die Möglichkeit, Zugriff auf die für die *Traceabilityanwendung* relevanten Daten in der entsprechenden Granularität zu haben.

In den folgenden Unterkapiteln werden sonstige Begrifflichkeiten, die in der Literatur aufgetreten sind und die in dieser Arbeit verwendet werden, beschrieben.

## 2.1 Micro- und Macro-Traceability

Abramovici spaltet den Begriff *Traceability* in die zwei Unterkategorien der Micro- und Macro-Ebene, um den Anwendungsbereich von *Traceability* genauer zu definieren. Die *Micro-Traceability* betrachtet unternehmensinterne *Traceability*, wohingegen die *Makro-Traceability* die gesamte Supply-Chain betrifft und somit über Unternehmensgrenzen hinweg geht (vgl. Abramovici et al. 2008). Die hier vorliegende Arbeit richtet ihren Fokus auf die *Micro-Traceability*, beschreibt jedoch auch Schnittstellen außerhalb der Unternehmensgrenzen.

## 2.2 Up- vs. Downstreaming-Traceability

Eine weitere Klassifizierung von *Traceability* ist die Einteilung in *Up-* und *Downstreaming-Traceability,* Fritz und Schiefer verwenden die Ausdrücke "backward- und forward tracing“ dafür (vgl. Fritz und Schiefer 2009). Diese Unterscheidung betrifft vor allem den logistischen Prozess, wenn es darum geht,

Produkte vom Kunden zurück zum Ursprung oder in die entgegengesetzte Richtung zu verfolgen.

### *2.2.1* Upstreaming-Traceability

Beim Upstreaming erfolgt die Rückverfolgbarkeit ausgehend vom Kunden, der mit einem Produkt beliefert wurde, in Richtung des Produktursprunges. Ausgehend vom Endprodukt ist es bei einem Upstream-fähigen *Traceabilitysystem* möglich, den Ursprung der Bauteile des Produktes zurück zu verfolgen. Bei Rückrufen, die ausgehend von einer Kundenreklamation starten, ist nachzuvollziehen, welche defekten Bauteile in dem Produkt verbaut sind. Dieser Prozess ist mittels *Upstreaming-Traceability* möglich. Wenn die verursachenden Bauteile aufgedeckt sind, sind wiederum alle Produkte, in denen alle verursachenden Bauteile verbaut wurden, aufzusuchen, was wiederum über die *Downstreaming-Traceability* möglich ist (vgl. Yuan und Yeh 2011, Böse und Uckelmann 2010, Fritz und Schiefer 2009, Geitner 2013).

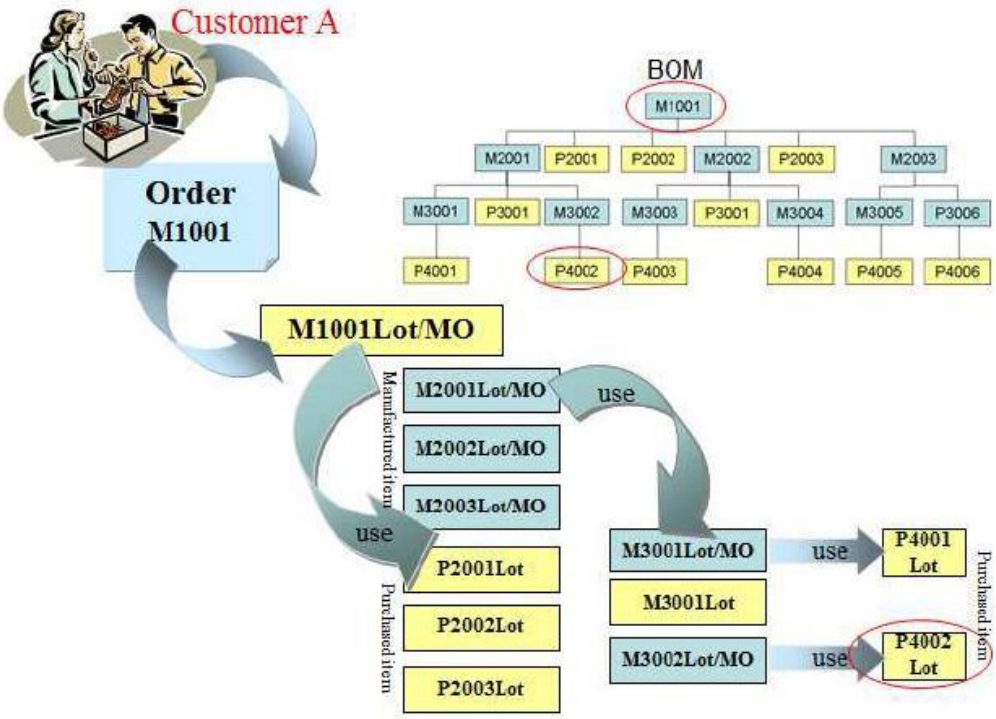



Bild 1: Upstreaming-Traceability

(Yuan und Yeh 2011)

In Bild 1 wird dargestellt, wie ausgehend von einem Produkt beim Kunden, der durch den Auftrag M1001 beliefert wurde, über die Fertigungsaufträge M2001 auf die Zulieferbauteile P4002 rückgeschlossen werden kann. Dieser beschriebene Vorgang ist die Tätigkeit bei der *Upstreaming-Traceability.*

### 2.2.2 Downstreaming-*Traceability*

Bei Downstream-fähigen *Traceabilitysystemen* ist es möglich, ein Produkt ausgehend von einem Bauteil über alle Produktionsstufen hinweg bis zum Endkunden zurück zu verfolgen. Dies ist notwendig, wenn Produkte, in denen Bauteile verbaut sind die die Qualitätsanforderungen nicht erfüllen, aufgefunden werden müssen (vgl. Yuan und Yeh 2011, Böse und Uckelmann 2010, Fritz und Schiefer 2009, Geitner 2013).

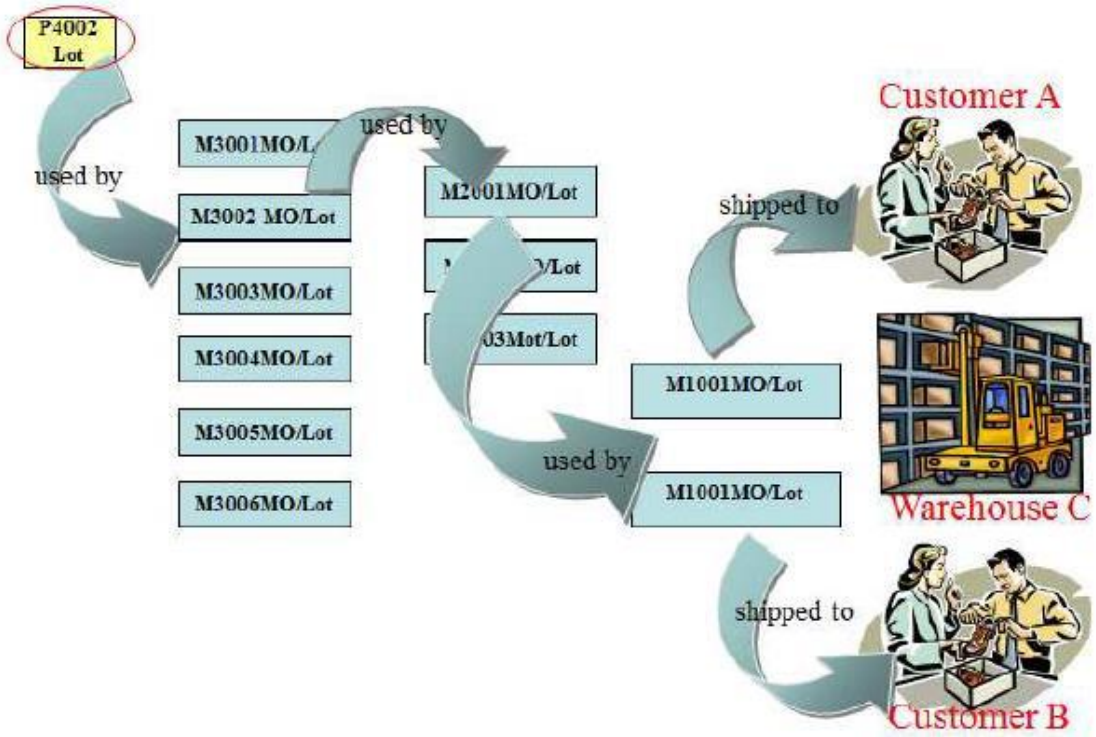



Bild 2: Downstreaming-Traceability

(Yuan und Yeh 2011)

In Bild 2 wird dargestellt, wie die *Downstreamtraceability* funktioniert. Die Bauteilcharge P4002 ist defekt. Dies kann entweder durch das *Upstreamtraceability* festgestellt worden sein, wenn bereits Produkte beim Kunden betroffen waren, oder der Lieferant der defekten Bauteile entdeckt Qualitätsprobleme nach der Anlieferung und informiert den Hersteller, der die Bauteile verbaut. Der Hersteller der

Endprodukte kann nun über sein D*ownstream*-fähiges *Traceabilitysystem* rückverfolgen, über welche Chargen in diesem Fall die Charge M3002, Charge M2001 und M1001 welche Kunden oder welche Lagerhäuser von den defekten Bauteilen betroffen sind. Dies ermöglicht im Falle von Produktrückrufen, nur betroffene Kunden über den Produktrückruf zu informieren.

## 2.3 Passive vs. Aktive Traceability

In der Definition des ZVEI[4] von *Traceability* wird zwischen einer aktiven und einer passiven Form unterschieden. Bei der *passiven Traceability* werden lediglich Daten gesammelt, ohne eine Möglichkeit auf einen Eingriff in die Produktion zu ermöglichen. Ein *aktives Traceabilitysystem* hingegen kann in die Produktion eingreifen und z.B. das Drucken des Verpackschildes am Verpackplatz verhindern, wenn das System erkennt, dass nicht alle Produktprüfungen durchgeführt wurden oder die Konfiguration des Produktes fehlerhaft ist (vgl. ZVEI 2009).

## 2.4 Problematik der unklaren Definition der Seriennummer

Der Leitfaden der Arbeitsgruppe „Druck“ zum Thema Druckgeräterichtlinie weist bereits auf die unklare Definition der Seriennummern hin (vgl. Leitlinien DGRL 2013). Dies bestätigt, dass unter einer Seriennummer nicht immer eine eineindeutige Kennzeichnung für ein individuelles Produkt verstanden wird. Der ZVEI versteht unter der Seriennummer eine eindeutige, individuelle Nummer, mit der Produkte gekennzeichnet werden, um sie klar zu identifizieren (vgl. ZVEI 2010), womit die Eineindeutigkeit nicht gefordert ist. Unter Seriennummer kann somit auch die Kennzeichnung einer Menge an Produkten verstanden werden, die in einer Serie gefertigt werden, womit sich der Zweck, mit jener einen Chargennummer deckt. In Normen und Richtlinien (z.B. DIN 80079-34, Druckgeräterichtlinie) werden Chargen-, Serien- und Losnummern ebenfalls gleichwertig behandelt.

[4] Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

In der vorliegenden Arbeit wird, außer wenn explizit darauf hingewiesen wird, unter Seriennummer eine eineindeutige und somit einmalige Kennzeichnung für Produkte verstanden. Trotz detaillierter Untersuchung konnte keine allgemeingültige Definition für die Seriennummer gefunden werden.

## 2.5 Begriffe der Traceability

Die folgende Abbildung soll beim Verständnis der verwendeten Ausdrücke in dieser Arbeit unterstützen.

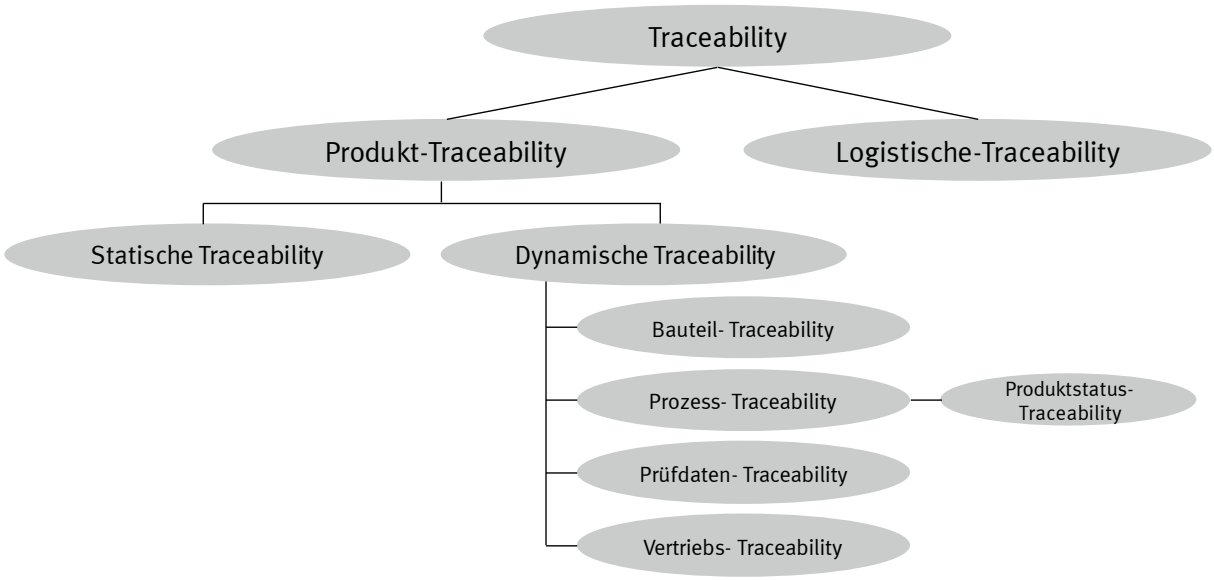



Abbildung 2: Traceability - Begriffserklärung

*Traceability* ist ein undefinierter Sammelbegriff. *Traceability* lässt sich sowohl beim Produkt, als auch bei Behältnissen umsetzen. Wenn bei Behältnissen, z.B. Versandverpackungen, *Traceability* durchgeführt wird, spricht man von der Logistischen-*Traceability*. Wenn bei Produkten *Traceability* durchgeführt wird, ist dies die *Produkttraceability*. Innerhalb der *Produkttraceability* lassen sich unterschiedliche Daten sammeln, die in statische und dynamische *Traceability* eingeordnet werden. Die dynamische *Traceability* lässt sich in weitere Disziplinen untergliedern, die in Kapitel 6 „Das Traceabilitymodell“ genauer beschrieben werden.

# 3 Untersuchung von bisherigen Forschungsergebnissen anhand von Literatur

Um einen Überblick über die aktuellen Forschungsergebnisse zu geben, werden im Folgenden sechs Veröffentlichungen zusammengefasst und einer Bewertung unterzogen. Die beschriebene Literatur soll einen Überblick über aktuelle und ältere Veröffentlichungen geben. In der Diskussion nach jeder inhaltlichen Zusammenfassung wird die Kritik zur Veröffentlichung dargelegt und die Abgrenzung zur hier vorliegenden Arbeit aufgezeigt. Da sich die Kritiken zu hier nicht beschriebenen Veröffentlichungen decken, werden in dieser Arbeit keine weiteren Veröffentlichungen zusammengefasst und diskutiert. Auf weitere, im Zuge dieser Arbeit untersuchte Literatur, wird im Fließtext dieser Arbeit eingegangen.

## 3.1 Olsen/Borit: How to define *traceability*

Olsen, Petter; Borit, Melania (2013): How to define traceability, In: Trends in Food Science & Technology 29 (2), S. 142–150.

**Inhalt**:

Olsen und Borit führten im Jahr 2013 eine Untersuchung von 101 wissenschaftlichen Artikeln zum Thema *Traceability* bei Nahrungsmitteln durch. Ihr Ziel war es, aufzuzeigen, welche Definitionen am häufigsten angewendet werden und gegebenenfalls eine neue, bessere Definition zu finden.

Ihre Untersuchung bestätigt, dass in einigen wissenschaftlichen Papers der Begriff *Traceability* verwendet wird, obwohl „Produkteigenschaften" oder „Herkunftsnachweis" gemeint sind (vgl. Olsen und Borit 2013). Zusätzlich zeigen sie auf, dass 20% der untersuchten Artikel auf mindestens zwei *Traceability*-Definitionen verweisen. Dies zeigt, dass keine der Definitionen ausreichend ist, um das ganze Spektrum der *Traceability* abzudecken. Deswegen wenden 14% der untersuchen Artikel eigene *Traceability*-Definitionen an (vgl. Olsen und Borit 2013).

Aus diesem Grund, wurde von Olsen und Borit eine eigene *Traceability*-Definition entwickelt, welche laut ihnen Allgemeingültigkeit besitzen sollte:

Traceability ist die Möglichkeit, den Zugriff auf vereinzelte oder alle Informationen betreffend der betrachteten Einheit über den gesamten Lebenslauf, anhand ihrer Kennzeichnung zu haben.

(vgl. Olsen und Borit 2013)

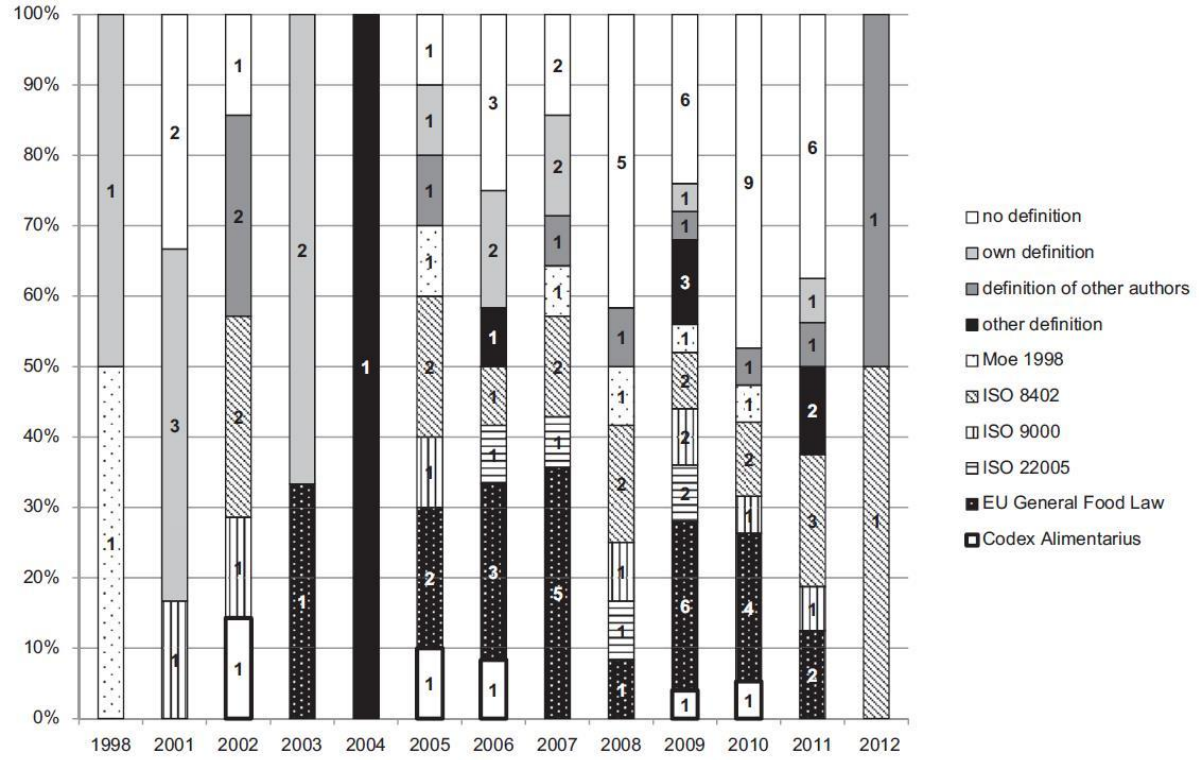



Fig. 1. Traceability definitions and their usage in scientific articles. The numbers in the columns indicate how many articles were using that specific definition. A total of 101 articles were analyzed.

Bild 3: Traceability-Definitionen und deren Anwendungen der Wissenschaft

(Olsen und Borit 2013)

**Diskussion:**

Die Untersuchung zeigt deutlich, dass auch in der Wissenschaft unklar ist, was unter *Traceability* verstanden wird und dass eine allgemeingültige Definition von *Traceability* nicht existiert und wahrscheinlich auch nicht möglich ist. Es wird zwar darauf eingegangen, dass *Traceability* etwas ist, bei dem Produkt- und Prozessdaten zu einem Produkt hinterlegt werden, welche Daten dies jedoch sein können bzw. ab welchem Detailierungsgrad man von der Anwendung von *Traceability* sprechen kann, wird nicht beschrieben.

## 3.2 Alfaro/Rábade: *Traceability* as a strategic tool

Alfaro, José A.; Rábade, Luis A. (2009): Traceability as a strategic tool to improve inventory management. A case study in the food industry, In: *International Journal of Production Economics* 118 (1), S. 104–110

**Inhalt:**

Alfaro publizierte im Jahr 2008 die Ergebnisse seiner Untersuchung wie *Traceability* als strategisches Werkzeug helfen könnte, das Lagermanagement zu verbessern. Im beschriebenen Fall wurde ein Gemüsehändler mit 150 Mio. Euro Umsatz (2006) untersucht. Beschrieben wird, dass das *Traceabilitysystem* den gesamten Produktionsprozess konstant überwacht. Das Unternehmen dokumentiert dazu folgende Prozesse:

- Wareneingang in allen Produktionswerken
- alle Produktionsprozesse vom Beginn bis zum Ende
- wann und wie welches Produkt zum Kunden geliefert wurde

Durch diese Daten lässt sich anhand einer Markierung am Endprodukt nachvollziehen, wann, auf welcher Produktionslinie, von welchem ausführenden Arbeiter und in welcher Schicht die betreffende Charge produziert wurde. Das *Traceabilitysystem* wird im Unternehmen mittlerweile als Werkzeug zur kontinuierlichen Effizienzsteigerung eingesetzt. Mit Hilfe der *Traceabilitydaten* konnte die Produktivität des Unternehmens mit gleichbleibender Mitarbeiteranzahl verdoppelt und die Produktionsunterbrechungen um 90% reduziert werden. Zusätzlich konnten die Lagerkapazitäten um 10-15% erhöht und die Sicherheitsbestände um 20-30% reduziert werden (vgl. Alfaro und Rábade 2009).

**Diskussion:**

Alfaro und Rábade haben aufgezeigt, dass durch ein *Traceabilitysystem* signifikante Einsparungen möglich sind. Obwohl dazu ein Gemüsehändler untersucht wurde, zeigt sich auch bei anderen Unternehmen die im Zuge der Arbeit untersucht wurden, dass die Reduzierung der Sicherheitsbestände in diesem Ausmaß möglich ist. In einem Interview zur vorliegenden Arbeit wurde von der Reduzierung der Lagerbestände um bis zu 30% berichtet (vgl. Müller 2013).

Im Paper wird jedoch zu ungenau beschrieben, welche Daten tatsächlich bei dem beschrieben Gemüsehändler gesammelt werden, um diese Optimierung zu erreichen. Es wird zwar beschrieben, dass eine Chargenverfolgung im Einsatz ist, wie tiefgreifend diese ist, wird allerdings nicht bekannt gegeben. Außerdem fehlen Informationen darüber, welche Daten in welchem Detaillierungsgrad ermittelt werden. Auch bei der Dokumentation am Warenausgang ist unklar, ob nur dokumentiert wird, dass der Kunde XY mit dem Produkt „Apfel“ beliefert wird (lt. EU Verordnung 1935/2004), oder ob festgehalten wird, dass der Kunde XY mit einem „Apfel“ aus einer bestimmten Produktionscharge beliefert wurde.

## 3.3 Chongwatpol/Sharda: RFID[5]-enabled track and traceability in job scheduling

Chongwatpol, Jongsawas; Sharda, Ramesh (2013): RFID-enabled track and traceability in job-shop scheduling environment, In: *European Journal of Operational Research* 227 (3), S. 453–463.

**Inhalt:**

Chongwatpol und Sharda beschreiben in ihrem Journal-Beitrag, wie *Traceability* die Planung von Fertigungsaufträgen verbessern kann. Dabei streichen sie heraus, wie wichtig die Kopplung von virtuellem und physischem Materialfluss ist, um eine optimale Fertigungsauftragsplanung zu gewährleisten. Für die Kopplung des virtuellen mit dem physischen Materialfluss werden die Hauptkomponenten mit einem eineindeutigen Identifizierungsmerkmal gekennzeichnet. Diese Komponenten werden beim Erreichen und Verlassen der Montage- und Fertigungsarbeitsplätze erfasst, um sie anschließend aufbereitet dem Montageplaner zur Verfügung zu stellen. Der Montageplaner kann somit auf aktuelle Daten zugreifen und, falls nötig, auf Differenzen zwischen dem virtuellen und dem physischen Materialfluss reagieren.

Weitere Vorteile bestehen darin, dass durch die Erfassung von Bearbeitungszeiten und Produktionseinheiten, sowie durch das Feststellen der Ergebnisse der Produktion, eine Meldung an den Verantwortlichen erfolgen kann, falls die Anzahl der

[5] Radio-frequency identification (Auf Radiowellen basierendes Identifikationssystem)

nachgearbeiteten Produkte über dem Durchschnitt liegt. Schließlich können dadurch nötige Korrekturmaßnahmen veranlasst werden.

Mittels einer Simulation wurden die Auswirkungen der Kopplung des virtuellen Materialflusses mit dem physischem Materialfluss im Vergleich zu bisherigen Produktionsplanungen verglichen. Dazu wurde auf die Produktionsdaten der XYZ Company zurückgegriffen, die optische und elektro-mechanische Komponenten fertigen. Die Simulation der neuen Fertigungsplanung ergab folgende Ergebnisse:

- Reduzierung der Produktionsdurchlaufzeit um 10-15%
- Reduzierung der Arbeitsrückstände um 20-25% im Vergleich zur FIFO- und EDD-[6] Fertigungsplanung

**Diskussion:**

Die Simulation zeigt, dass durch die Kopplung von virtuellem und physischem Materialfluss eine Optimierung der Produktionsplanung möglich ist. Für die Kopplung werden Prozessdaten erfasst, um zu dokumentieren, wann welche Produkte an welchem Ort in der Fertigung sind. Die Nutzung von RFID[7] zur Komponentenidentifizierung im beschriebenen Beispiel, bietet aufgrund der einfachen Erfassungsmöglichkeit bei mehreren Produkten eine optimale Möglichkeit zur *Traceability*.

## 3.4 Böse/Uckelmann: Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung

| |
|---|
| Böse, Felix; Uckelmann, Dieter (2010): Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung. Veränderungen in der logistischen Rückverfolgung auf Basis innovativer Identifikationstechnologien, In: Corinna Engelhardt-Nowitzki, Supply-Chain-Network-Management |

[6] Earliest Due Date

[7] *Radio Frequency Identification*

**Inhalt:**

Im Beitrag von Böse und Uckelmann zum Sammelwerk (2010) von Engelhardt-Nowitzki, fokussieren sich die beiden Autoren auf die Chargenverfolgung innerhalb der Supply-Chain. Wie bereits im Titel angekündigt, spezialisieren sie sich dabei auf innovative Identifikationstechnologien, in diesem Fall RFID, gehen aber zusätzlich noch auf optische Kennzeichnungsmethoden wie Barcodes ein. Dazu führen sie die Vorteile von RFID als neue Technologie zur Chargenidentifizierung an. Zusätzlich zeigen die Autoren Chargenabgrenzungsmöglichkeiten auf, um zwischen unterschiedlichen Chargen zu differenzieren.

Des Weiteren zitieren sie auch aus Beiträgen einer Clarkston Consulting Studie[8] und einer weiteren nicht auffindbaren Veröffentlichung, die von Kosteneinsparungen durch die Chargenrückverfolgbarkeit beim Produktrückruf zwischen 30% und 90% berichtet.

Beispielhaft wird über die Anwendung in den Bereichen der Pharmazie, der Automobilindustrie und die Anwendung beim amerikanischen Militär berichtet.

**Diskussion:**

Die beiden Autoren sehen in RFID die ideale Technologie, um eine Chargenrückverfolgbarkeit von Bauteilen und Materialen umzusetzen. Die Praxis zeigt jedoch, dass RFID nur in einigen Fällen seine Berechtigung hat. Die in den Anfangsjahren des RFID-Hypes angepriesen Anwendungsfälle, bei denen jeder Joghurtbecher einen eingebauten RFID-Chip implementiert hat, haben sich jedoch noch nicht durchgesetzt. Stattdessen bekommen mehr und mehr Produkte statt dem Barcode einen Data-Matrix-Code aufgedruckt. Die Ausarbeitung von Böse und Uckelmann weist jedoch darauf hin, dass sich zweidimensionale Codes in vielen Bereichen nur schwer durchsetzten. Diese Hinweise werden mit Aussagen belegt, dass neue Scanner erforderlich sind. Dies ist jedoch auch zum Lesen von RFID-Tags erforderlich und somit ein falsches Argument gegen Data-Matrix-Codes.

Die zitierte Quelle, die besagt, dass sich Rückrufaktionen um 30% bis 90% reduzieren lassen, belegen diese Kennzahlen nicht. In der in dieser Arbeit

[8] Clarkston Consulting 2004 - A Maturing Commercial Business Prepares to Market Gene-Based Drugs

beinhalteten Rückrufanalyse zeigt sich, dass der Umfang der Rückrufeingrenzung von mehreren Faktoren abhängig ist und in manchen Fällen auch *Traceability* keine Möglichkeit hat, einen Rückruf einzugrenzen.

## 3.5 Töyrylä: Realising the Potential of Traceability

Töyrylä, Ilkka: Realising the Potential of Traceability (1999): A case study research on usage and impacts of product traceability.

**Inhalt:**

In der Dissertation von Töyryla von 1999 werden die Anwendung und der Nutzen von *Traceability* in neun Unternehmen fünf unterschiedlicher Branchen (Elektronik, Transport, Nahrungsmittel, Pharmaindustrie und Automotiv) untersucht. Dazu wurden Interviews in den Unternehmen durchgeführt, die Dokumentationen der *Traceabilitysysteme* analysiert und Beobachtungen durchgeführt.

| **Unternehmen** | **Industrie** | **Nutzen** |
|---|---|---|
| Alpha | Elektronik | Prozessverriegelung,<br>Rückrufeingrenzung,<br>Prozessanalyse |
| Beta | Elektronik | Rückrufeingrenzung,<br>Prozessanalyse,<br>Produktauthentifizierung,<br>Garantie- und Gewährleistungsabgrenzung |
| Gamma | Elektronik | Garantie- und Gewährleistungsabgrenzung,<br>Vertriebsnetzwerk aufdecken |
| Delta | Transport | Kopplung Warenfluss,<br>Prozessanalyse |
| Epsilon | Transport | Kopplung des Warenflusses,<br>Prozessanalyse |
| Kappa | Nahrungsmittel | Rückrufeingrenzung,<br>Prozessanalyse,<br>Kopplung Warenfluss |

| | | |
|---|---|---|
| Lambda | Pharmazie | Qualitätsmanagementsystem,<br>Rückrufeingrenzung,<br>Prozessverriegelung,<br>Prozessanalyse |
| Sigma | Automobil | Rückrufeingrenzung |
| Tau | Automobil | Branchenforderungen,<br>Rückrufeingrenzung,<br>Prozessanalyse |

**Diskussion:**

Töyrylä beschreibt in seiner Dissertation ausführlich *Traceabilityanwendungen* in den untersuchten Unternehmen, geht jedoch nicht detailliert auf die nötigen Daten und die Detailierungsstufe für die Anwendungen ein. Aus dem Bereich des Maschinenbaus untersucht er zwei Hersteller von Automobilkomponenten. Da es sich hierbei um Serienfertigungen mit hohen Stückzahlen handelt und auch vom Automobilhersteller *Traceability* gefordert wird, lassen sich diese Ergebnisse nicht eins zu eins auf den restlichen Maschinenbau umlegen.

## 3.6 Sohal: Computerised parts traceability

Sohal, Amrik (1997): Computerised parts traceability. An implementation case study

**Inhalt:**

Sohal beschreibt die Implementierung eines *Traceabilitysystems* bei einem Automobilzulieferer. Die Einführung wurde bereits in den 90er Jahren durchgeführt. Trotzdem zeigt das Paper aber auf, dass dabei *Traceability* als Chargenverwendungsnachweis genutzt wird. D.h. es wir dokumentiert, wann welche Chargenbewegungen von Bauteilen stattgefunden haben. Die Art der Anwendung deckt sich mit der Verknüpfung von physischem und virtuellem Warenfluss. Im Paper wird beschrieben, wie die verwendeten Bauteilchargen über die Kanban-Karten vor dem Verbauen angemeldet werden und somit der Verbauzeitraum von Bauteilchargen dokumentiert wird. Diese Daten lassen sich zur Rückrufeingrenzung nutzen. Die Produktmarkierung erfolgt im beschrieben Beispiel über die Umverpackung von mehreren Bauteilen.

**Diskussion:**

Auch in diesem Paper wird auf die Automobilindustrie eingegangen, in der, wie bereits erwähnt, hohe Stückzahlen von gleichen Produkten gefertigt werden und sich somit *Traceability* einfacher umsetzen lässt. In der beschrieben Anwendung bezieht sich *Traceability* jedoch nur auf die Verfolgung von Bauteilchargen und die Verfolgung von Produktchargen. Die Rückverfolgbarkeit von Prozess- oder Prüfdaten wird im Paper nicht erwähnt und somit vermutlich auch nicht umgesetzt.

# *4 Traceabilityanwendungen*

Im folgenden Kapitel werden *Traceabilityanwendungen* erklärt, die sowohl in der Literatur zum Thema *Traceability* beschrieben sind und in den untersuchten Unternehmen angewendet werden. Im Zuge der Untersuchung wurden 16 Anwendungsfälle aufgedeckt, die sich durch *Traceabilitydaten* umsetzen lassen. Nach dem Vorstellen des *Traceabilitymodells* in Kapitel 6 „Das Traceabilitymodell“ werden in Kapitel 7 „Darstellung der Traceabilityanwendungen im Traceabilitymodell“ Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Anwendungsfälle anhand von *Traceabilitydaten* umgesetzt werden können.

## 4.1 Einteilung von Traceabilityanwendungen

Für diese Anwendungen wurden zwei mögliche Kategorisierungsvorschläge ausgearbeitet. Die erste mögliche Kategorisierung folgt nach typischen Organisationseinheiten:

- Qualitätsmanagement: *Traceabilityanwendungen*, die beim Erreichen der Qualitätsziele im Unternehmen unterstützen.
- Produktion: *Traceabilityanwendungen,* die bei der Optimierung und Absicherung der Produktion unterstützen.
- After-Sales: *Traceabilityanwendungen,* die im After-Sales unterstützen.
- Logistik: *Traceabilityanwendungen*, die zur Optimierung der Logistikprozesse beitragen.

Als weitere Möglichkeit der Gliederung wurde folgende Einteilung ermittelt:

- Strategische *Traceabilityanwendungen* werden von der Unternehmensführung vorgegeben und können somit bei einer breiten Palette der Produkte des Herstellers zum Einsatz kommen. Aus definierten Gründen (z.B. Produktwert zu gering) können einzelne Produkte aus den Anwendungsfällen ausgeschlossen werden.
- Produktspezifische *Traceabilityanwendungen* beziehen sich auf einzelne Produkte des Herstellers, um zum Beispiel bei kritischen Produkten den Rückrufumfang zu reduzieren oder bei ausgewählten Produkten die

Anforderungen von QMS (Anforderung lt. Norm) oder Anforderungen zur Produktqualitätsabsicherung (Anforderungen lt. unternehmenseigenen Qualitätsrichtlinien) zu erfüllen.

Ausgehend von der aufgezeigten Gliederung von *Traceabilityanwendungen* nach typischen Organisationseinheiten werden auch die in dieser Arbeit untersuchten *Traceabilityanwendungen* gegliedert.

Die erforderlichen Daten zu den unterschiedlichen Anwendungen werden in Kapitel 7 „Darstellung der Traceabilityanwendungen im *Traceabilitymodell*“ beschrieben.

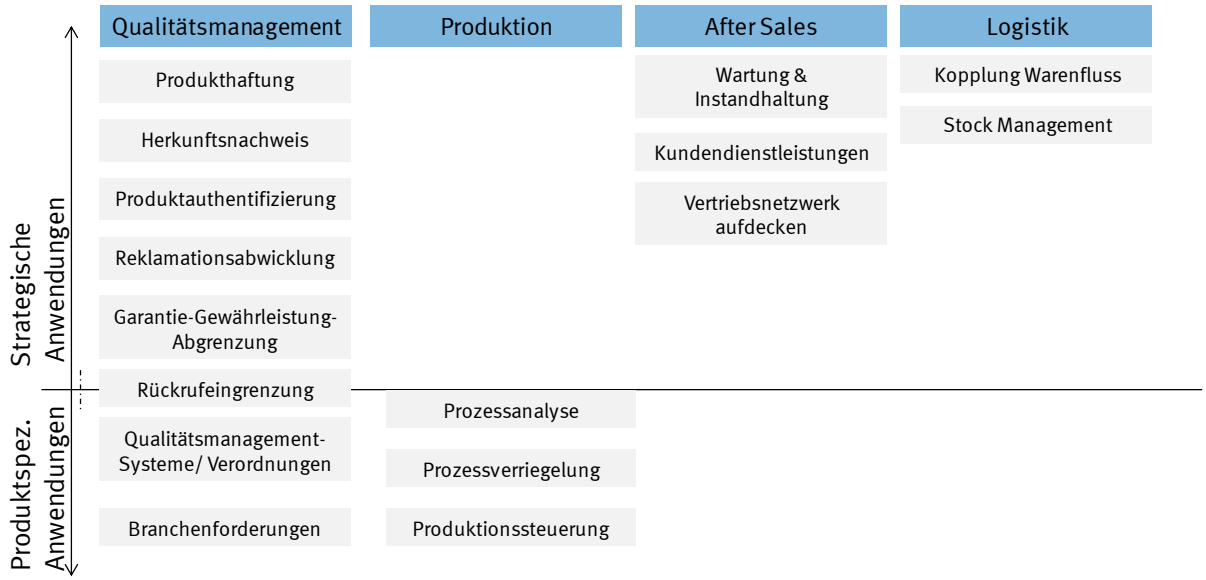



Abbildung 3: Einteilung von *Traceabilityanwendungen*

Die Abbildung 3 verdeutlicht die Einteilung der *Traceabilityanwendungen,* wie vorab beschrieben.

## 4.2 *Traceabilityanwendungen* im Qualitätsmanagement

Acht der insgesamt sechzehn *Traceabilityanwendungsfälle* haben ihren Hauptnutzen im Qualitätsmanagement. Diese sind breit gestreut und erstrecken sich von der Verteidigung im Produkthaftungsfall, der Produktauthentifizierung, um Fälschungen aufzudecken, bis hin zur Rückrufeingrenzung.

### 4.2.1 Produkthaftung

Die Produkthaftung ist die Haftung des Herstellers für Schäden, die durch die Fehlerhaftigkeit seiner Produkte (sowohl bewegliche als auch unbewegliche Produkte) verursacht wurden (vgl. RL 85/374/EWG). Im Falle der Produkthaftung sind alle am Produktionsprozess beteiligten Unternehmen gegenüber dem Geschädigten haftbar, unabhängig davon, welcher Beteiligte den Schaden verursacht hat. Hierbei unterstützt ein gut durchdachtes *Traceabilitysystem* mit gleichzeitig gut funktionierenden Qualitätssystemen den Produzenten bei der Verteidigung im Falle einer Produkthaftungsklage (vgl. Fisk und Chandran 1975). Im Falle der Produkthaftung (85/374/EWG) kann der Hersteller des Produktes gegebenenfalls seine Unschuld durch *Traceability* beweisen, da die Richtlinie 85/374/EWG Haftungsausschüsse definiert. Abhängig von den gesammelten *Traceabilitydaten* lässt sich zum Beispiel die korrekte Funktion oder die Konformität des Produktes bei Auslieferung beweisen (vgl. RL 85/374/EWG).

### 4.2.2 Herkunftsnachweis

Ein Herkunftsnachweis ist der Nachweis der Verantwortlichkeit über die Produktion und Beschaffung eines Produkts, insbesondere über die darin verwendeten Komponenten (vgl. Schönsleben 2011). Ursprünglich wurde der Herkunftsnachweis durch die Marke, die den Hersteller der Ware kenntlich macht, erfüllt. Doch mittlerweile besteht die Funktion des Herkunftsnachweises häufig nur noch in der Differenzierung von Mitbewerbern und für Produktqualität (vgl. Hsiu-Li 2002). Gefordert ist der Herkunftsnachweis u.a. bei Lebensmitteln, bei lebensmittelberührenden Bauteilen einer Anlage, bei Druckgeräten und einigen anderen Produkten. Der Herkunftsnachweis bezieht sich hierbei auf den Hersteller, der die Verantwortung für das Produkt trägt. Der Herkunftsnachweis ist eine häufige *Traceabilityanwendung* (vgl. Cheng und Simmons 1994).

### 4.2.3 Produktauthentifizierung

Die Produktauthentifizierung ist eine *Traceabilityanwendung*, mittels derer Originalprodukte authentifiziert werden können, um zu prüfen, ob es sich um ein Originalprodukt oder um eine Produktfälschung handelt. Eine Produktfälschung ist

eine durch die Verletzung von Urheberrechten entstandene Ware, bei der die Marke des Originalherstellers genutzt wird (vgl. Abele et al. 2011, Lindemann 2012). Da jedoch die Qualität von Fälschungen, im Vergleich zu Originalprodukten minderwertiger sein könnte, können Fälschungen, welche in Maschinen und Anlagen verbaut sind, ein Problem für die Sicherheit der Anlage darstellen.

Das Aufdecken von Fälschungen kann über autarke Methoden oder über den Zugriff auf *Traceability*daten in einer Datenbank erfolgen (vgl. Neemann und Schuh 2011). Die in der *Traceabilitydatenbank* hinterlegten Daten, wie z.B. eineindeutige Seriennummern, Prüfziffern der Seriennummern (vgl. (Sun 2014) oder andere, hinterlegte Produktmerkmale, unterstützen beim Authentifizieren von Produkten. Nützlich ist dies im Falle von Produkthaftungsfragen oder auch wenn der Kundendienst zum Beheben eines Qualitätsproblems bei einer Fälschung oder bei einem durch eine Fälschung entstandenen Qualitätsproblem zu Unrecht alarmiert wurde (vgl. Abele et al. 2011). Das Ausmaß dieser Problematik zeigt eine Studie zur Produktpiraterie des VDMA, welche ergab, dass 71% der befragten Unternehmen von Produktpiraterie betroffen sind. 25% dieser Unternehmen gaben an, sogar von ungerechtfertigten Reklamationen aufgrund von Plagiaten (auch Fälschungen) betroffen zu sein (vgl. VDMA 2014). Diese Zahlen zeigen, dass Anwendungen zur Produktauthentifizierung einen hohen Nutzen aufweisen können, wenn sich dadurch die Anzahl der ungerechtfertigten Reklamationen reduzieren lässt.

Bild 4 zeigt einen gefälschten Ventilator der Marke ebm-papst, der sich in seiner Charakteristik vom Originallüfter geringfügig unterscheidet und somit nicht den Spezifikationen entspricht. Dem Monteur, der diesen Ventilator verbauen soll, ist es nahezu unmöglich dieses Bauteil als gefälscht zu identifizieren. Auf Basis von Traceabilitydaten können für den Monteur benutzerfreundliche Methoden zur Produkt-Authentifizierung geschaffen werden. Somit kann vor dem Einbau des Ventilators überprüft werden, ob es sich bei dem Produkt um ein Originalprodukt handelt. Im Falle von Reklamationen, die durch den Lüfter entstehen, sollten dem Monteur ebenfalls Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die Originalität des Produktes zu prüfen.

Bild 4: Gefälschter Ventilator
(Eccarius 2014)

### 4.2.4 Reklamationsabwicklung

Die Unterstützung der Reklamationsabwicklung durch *Traceability* ist eine wenig beachtete Möglichkeit, die jedoch dabei helfen kann, den Reklamationsprozess zu optimieren. Die schnelle Abwicklung einer Reklamation kann aus einem unzufriedenen Kunden einen zufriedenen Kunden machen, weswegen diese Anwendung einen deutlichen Nutzen hat. Reklamationen treten dann auf, wenn die vom Kunden geforderten Eigenschaften durch das Produkt nicht erfüllt werden. Bei Qualitätsproblemen sind Kundenreklamationen wertvolle Informationsquellen und das Sammeln, Verknüpfen und Bewerten von Daten sind notwendige Maßnahmen im Reklamationsmanagement (vgl. Razali und Jaafar 2012). Die durch ein *Traceabilitysystem* gesammelten Produktdaten können die Ursachenanalyse von Qualitätsproblemen unterstützen. Das vermehrte Auftreten von Reklamationen bei bestimmten Produkteigenschaften oder innerhalb einzelner Chargen kann zum Erkennen und Eingrenzen von häufig auftretenden Qualitätsproblemen in der Produktion beitragen (vgl. Helva 2008, Messner 2008). Zusätzlich kann ein *Traceabilitysystem* durch das Sammeln von Felddaten im Zuge von Reklamationen helfen, zukünftige Entwicklungen zu optimieren und bessere Produkte zu entwickeln (vgl. Fisk und Chandran 1975).

### 4.2.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung

Gewährleistung ist die bei entgeltlichen Verträgen gesetzlich angeordnete verschuldensunabhängige Haftung des Schuldners für Sach- und Rechtsmängel (Zöchling-Jud). Die Dauer der Gewährleistung beginnt mit der Übergabe und beträgt bei beweglichen Waren 2 Jahre, bei unbeweglichen Waren 3 (vgl. ABGB §922).

Die „Garantie ist eine vom Verkäufer oder Hersteller gegenüber dem Verbraucher ohne Aufpreis eingegangene Verpflichtung, den Kaufpreis zu erstatten, das Verbrauchsgut zu ersetzen oder nachzubessern […], wenn das Verbrauchsgut nicht den in der Garantieerklärung oder den in einschlägigen Werbungen genannten Eigenschaften entspricht“ (RL 1999/44/EG). Da Garantien jedoch zeitlich befristet sein können, ist auch hierbei die Abgrenzung des Garantiezeitraumes nötig.

Aufgrund des unterhalb beschriebenen Ablaufes ist es in vielen Fällen nicht möglich, eindeutig nachzuvollziehen, wann die Übergabe der Ware stattgefunden hat und bis wann somit der Gewährleistungs- und Garantiezeitraum gilt. Bei der Übergabe wird zwar ein Lieferschein oder eine Rechnung ausgestellt, auf der das Übergabedatum vermerkt ist, jedoch ist zwischen dem Lieferschein bzw. der Rechnung und dem übergebenen Produkt selten eine eindeutige Verknüpfung gegeben, um zu beweisen, wann das Produkt ausgeliefert wurde (vgl. Töyrylä 1999).

Im Falle der Klärung der Gewährleistung geben sich nun Händler und Hersteller meist mit den Auslieferungsdokumenten (Lieferschein/Rechnung) zufrieden. Diese Unterlagen müssen sich allerdings nicht auf das spezifische defekte Produkt beziehen, wodurch es Kunden möglich ist, sich eine Gewährleistung zu erschleichen. Dieselbe Problematik tritt bei der Garantiefrist auf, wobei die Garantie eine freiwillige Leistung des Herstellers oder Händlers ist.

Beispielhaft für die gerade erklärte Problematik, gilt folgender fiktiver Geschäftsfall: Ein Kunde kauft im Einzelhandel am 15.6.2011 die Lampe A, am 24.3.2013 die Lampe B. Zu beiden Lampen wird eine Rechnung gedruckt. Am 23.9.2013 meldet sich der Kunde beim Händler mit der Lampe A und der Rechnung der Lampe B. Dem Händler ist es nun nahezu unmöglich zu beweisen, dass für die Lampe A keine Gewährleistung mehr besteht. Dargestellt wird dieser Geschäftsfall in Abbildung 4.

Abbildung 4: Geschäftsfall- Garantie & Gewährleistungsabgrenzung

### 4.2.6 Rückrufeingrenzung

Die Rückrufeingrenzung ist die prominenteste *Traceabilityanwendung* (vgl. Töyrylä 1999). Auch in den untersuchten Unternehmen nutzen 50% den Rückrufanwendungsfall. Ein Produktrückruf ist die Methode, um defekte Produkte vom Kunden zurück zu holen (vgl. Craig et al. 1996). Trotz aktueller Produktionsphilosophien, Werkzeuge und Techniken ist es schwer, ein perfektes Produkt zu erzeugen und somit einen Produktrückruf auszuschließen (vgl. Ahsan 2010). Im Falle von gefährlichen Produkten haben Behörden die Befugnis, das Inverkehrbringen von diesen Produkten zu verbieten oder bei bereits in Verkehr gebrachten gefährlichen Produkten die Rücknahme[9] und den Rückruf anzuordnen oder zu organisieren (vgl. RL 2001/95/EG).

Da bei Rückrufen eine hohe Anzahl an produzierten Produkten über einen langen Zeitraum betroffen sein können (vgl. Chao et al. 2009), ist die Eingrenzung mittels *Traceabilitydaten* hilfreich, denn *Traceability* spart Geld, indem gezielt betroffene Produkte angesprochen werden können, was den Umfang von zurückzurufenden

[9] Als Rücknahme bezeichnet man das Entfernen eines gefährlichen Produkts aus dem Vertriebsnetz. Hofmann: Die strafrechtliche Produkthaftung im Anwendungsbereich des Verbandsverantwortlichkeitsgesetzes 2009, S. 46

Produkten senken kann. (vgl. Altran 2010). Rückrufe lassen sich auf unterschiedliche Arten eingrenzen:

- Zeitliche Abgrenzung
- Abgrenzung aufgrund von Produkteigenschaften
- Kombination aus den beiden genannten Punkten.

Unterschiedliche Quellen sprechen von einem Einsparungspotenzial durch die Eingrenzung des Rückrufumfangs durch *Traceability* zwischen 30% und 90% im Rückruffall z.B. Böse und andere Interviewpartner. Tatsächlich nachweisen lassen sich diese Kennzahlen von Böse jedoch nicht (vgl. Böse und Uckelmann 2010). Da das tatsächliche Einsparungspotenzial von der Ausprägung des *Traceabilitysystems* und vom Rückrufgrund abhängig ist, wie sich in Kapitel „7.1.7 Rückrufanalyse im Maschinen- und Anlagenbau“ zeigen wird.

Im Folgenden werden die Gründe von steigenden Rückrufzahlen und Rückrufumfängen beschrieben, die gleichzeitig auch eine Motivation für die *Traceabilityanwendung* „Rückrufeingrenzung“ sein sollen.

- Bauteilmehrfachverwendung

  Aufgrund von Bauteilmehrfachverwendung lassen sich in der Produktion Kosten aufgrund von Skaleneffekten reduzieren. In diesem Fall sind durch defekte Bauteile somit mehrere Produkttypen und Produktionschargen betroffen.

- Komplexe Lieferketten

  Aufgrund komplexer Lieferketten kann es zu Chargen-Vermischungen innerhalb der Produktionschargen kommen, wodurch sich defekte Produkte nicht mehr von nicht defekten Produkten abgrenzen lassen.

- Kostendruck auf Lieferanten

  Kostendruck auf Lieferanten führt immer wieder zu nicht ausreichenden Qualitätskontrollen, was wiederum zu minderer Qualität bzw. nicht aufgedeckten

Qualitätsproblemen einzelner Produktionschargen führen kann.

- Steigende Komplexität von Produkten

  Die steigende Komplexität von Produkten führt nicht selten zu unerwarteten Problem bei der Anwendung im Feld. Diese Probleme in der Anwendung können einen Rückruf hervorrufen.

- Kürzere Entwicklungszeiten

  Aufgrund kürzerer Entwicklungszeiten und reduzierten Produktprüfungen können, wie auch schon bei der Komplexität beschrieben, Probleme erst bei der Anwendung im Feld auftreten und somit einen Rückruf, bzw. eine Produktnachbearbeitung notwendig machen.

- Hohe Varianz an Produkten

  Mit steigender Varianz von Produkten sinkt die Losgröße einer Produktionscharge, somit fehlt der Produktion die Erfahrung für die Produktion einzelner Produktausprägungen. Zusätzlich kann es aufgrund der geringen Menge einzelner Konfigurationen an Erfahrung über die Kompatibilität von Bauteilen eines Produktes[10] fehlen und Kompatibilitäts-Probleme erst bei der Anwendung im Feld auftreten.

- Komplexe Produktionsnetzwerke

  Komplexere Produktionsnetzwerke mit vielen unterschiedlichen Anlagen an unterschiedlichsten Orten in einem weltumspannenden Produktionsnetzwerk führen immer wieder zu Rückrufen, da nicht entdeckte Qualitäts-

[10] Wenn ein Kunde z.B. eine besondere Dichtung fordert, kann die Erfahrung der Kompatibilität zwischen dem Dichtungsmaterial mit dem Bauteilmaterial fehlen.

Probleme über die gesamte Supply-Chain mitgeschleppt werden.

- Gefälschte Bauteile in der Zulieferkette

  Vermehrt kommt es heutzutage auch zu gefälschten Bauteilen, die die Supply-Chain infiltrieren. Wenn solche gefälschten Bauteile in einem Verkaufsprodukt entdeckt werden, ist ein Rückruf unumgänglich, da die Produktqualität nicht erreicht wird.

- Komplexe Materialien

  Bei der Herstellung von Grundmaterialien, z.B. für den Druckguss, kann es zu verunreinigten Verbundstoffen kommen. Wenn aufgrund dieser Verunreinigung die Materialqualität nicht erfüllt ist oder Gesundheitsschäden hervorgerufen werden, ist ein Produktrückruf unumgänglich.

(vgl. GMA 2011, Berman 1999, Ganesh 2011, Jolly und Mowen 1985, Mowen et al. 1981, Brüggemann und Bremer 2012)

### 4.2.7 Anforderungen aufgrund von QMS[11] und Verordnungen

Die Produktion von ausgewählten Produkten kann das Betreiben eines zugelassenen Qualitätsmanagementsystems (QMS) erfordern. Neben der DIN 9001, die als Basis für weitere QMS gilt, existieren QMS für die Automobilindustrie, für Geräte welche in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen, für Medizinprodukte und für Produkte der Luft- und Raumfahrt. Aufgrund der universellen Einsetzbarkeit der DIN 9001 definiert diese keine besonderen Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit. Die ISO/TS 16949 fordert eine *Prüfstatustraceability*, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Produktionsprozesse und Prüfungen durchgeführt wurden. Das QMS nach DIN 80079-34 stellt deutliche Anforderung an die Rückverfolgbarkeit, insbesondere an die Bauteilrückverfolgbarkeit von kritischen Bauteilen, an die *Prüfdatentraceability* für kritische Prüfergebnisse und an die *Vertriebstraceability*. Das QMS nach ISO 13485 für Medizinprodukte stellt es dem Hersteller größtenteils frei, welcher Umfang an *Traceability* für die Medizinprodukte nötig ist. Die *Produktstatustraceability* ist jedoch auch für alle Medizinprodukte gefordert. Besondere Anforderungen gelten für implantierbare Medizinprodukte. Das QMS nach DIN 9100 für die Luftfahrt, Raumfahrt und Verteidigung, fordert eine *Statustraceability*, um Unterschiede zwischen der Ist-Konfiguration und der Soll-Konfiguration festzustellen. Weitere Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit werden ebenso beschrieben, diese sind jedoch nur umzusetzen, wenn diese explizit gefordert sind. Wer diese Forderung festlegt, ist in der Norm nicht definiert. Üblicherweise werden die Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit jedoch in den Vertragsabschlüssen definiert. Für die Produktion von lebensmittelberührenden Gegenständen sind die Anforderungen an die *Traceability* in der Verordnung 1935/2004 festlegt.

Für einen besseren Überblick dient Tabelle 1. Sie beinhaltet jene Normen, welche *Traceability* betreffen und nimmt genauer Bezug auf ihre Anwendungsbereiche.

[11] Qualitätsmanagementsystemen

| **Qualitätsmanagement-System** | **Anwendungsbereich** | **Anforderungen an Traceability enthalten** |
|---|---|---|
| DIN 9001 | universell | Sieht mögliche Anforderungen vor |
| ISO/TS 16949 | Automobilindustrie | Sieht mögliche Anforderungen vor |
| DIN 80079-34 | Geräte für explosionsgefährdete Bereiche Kat 1&2 | Rückverfolgbarkeit von Bauteil-, Prüf- und Vertriebsdaten. |
| ISO 13485 | Medizinprodukte | Detailliertere Beschreibung |
| DIN EN 9100 | Luftfahrt, Raumfahrt und Verteidigung | Sieht mögliche Anforderungen vor |
| Verordnung (EG) 1935/2004 | Lebensmittelberührende Gegenstände. | Beschreibt Anforderungen an Traceability |

Tabelle 1: Übersicht Qualitätsmanagementsysteme

### 4.2.8 Branchenforderungen an Traceability

Aus einigen durchgeführten Interviews lässt sich erheben, dass der sogenannte „Branchenstandard“ immer dem neuesten „Stand der Technik“ entspricht. Dieser neuste Stand der Technik verlangt bereits nach detaillierterer *Traceability*, als sie in gültigen Verordnungen gefordert sind. Besonders häufig tritt dies z.B. bei lebensmittelberührenden Gegenständen auf, bei denen einige Hersteller mittlerweile eine detailliertere Bauteilrückverfolgbarkeit durchführen, als rechtlich gefordert wäre [vgl. div. Interviews.].

Ebenso lässt die DIN 9100 für die Branchen Luft- und Raumfahrt und Verteidigung offen, welche *Traceabilityanforderungen* neben der *Statustraceability* noch umzusetzen sind. Hierbei haben sich jedoch Branchenstandards etabliert, die nun von den Herstellern umgesetzt werden (vgl. Federal Aviation Administration 2013,

Dickstein 2013a). Diese Branchenstandards entstehen hauptsächlich aufgrund des Zieles der Risikominimierung, um im Produktrückruffall die betroffenen Produkte möglichst exakt eingrenzen zu können.

## 4.3 Traceabilityanwendungen in der Produktion

### 4.3.1 Prozessanalysen zur Qualitäts- und Prozessverbesserung

Durch den ständig steigenden Druck zur Reduzierung von Herstellungskosten und dem gleichzeitigen Verlangen nach besserer Produktqualität, ist die Qualitäts- und Prozessoptimierung ein tagtägliches Beschäftigungsfeld in Produktionsbetrieben.

Sowohl kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP), wie zum Beispiel Six-Sigma-Methoden und ähnliches, führen entweder zu verbesserter Produktqualität, zu kostengünstigeren Herstellprozessen oder, im besten Fall, zu beidem (vgl. Koch 2011). Jene Methoden bauen jedoch auf dem Prinzip der Erfassung des Ist-Prozesses auf. Dieser Punkt wird von *Traceability* unterstützt, da *Traceability* relevante Daten der Produktion aufzeichnen kann, um die Tätigkeit „Plan“ des PDCA[12]-Zyklus des KVPs oder die Tätigkeit „Measure“ des DMAIC[13]-Zyklus der Six-Sigma-Methode durchzuführen (vgl. Keller 2011). Im Folgenden werden beispielhaft Kennzahlen aufgezeigt, die sich aus *Traceabilitydaten* ableiten lassen. Praktische Beispiele werden in Kapitel 7.2.1 „Prozessanalyse zur Qualitäts- und Prozessverbesserung“ aufgezeigt.

Kropik gibt die Auslastung als relevanten Kennwert für die Produktion an. Dazu errechnet er die Auslastung als Quotient aus Durchsatz pro Zeiteinheit und Kapazität (vgl. Kropik 2009, VDI 3423)

$$Auslastung\ AL = \frac{DPZ}{KAPA}$$

[12] plan, do, check, act

[13] define, measure, analyze, improve, continue

Eine weitere relevante Kennzahl in der Produktion ist die FPY[14], die angibt, wie hoch der Anteil der Produkte ist, die die Produktprüfung bei der ersten Prüfung erfolgreich absolvieren.

$$FPY = \frac{Erfolgreiche\ Prüfungen}{Erfolgte\ Prüfungen} * 100$$

Koch gibt weitere Kennzahlen an, mit denen sich der Erfolg von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen in der Produktion bewerten lässt, wenn die Kennzahlen vor und nach der Verbesserungsmaßnahme erhobenen werden. (vgl. Koch 2011):

$$Reklamationsquote_{Produktion} = \frac{Anzahl\ Auslieferungen}{Anzahl\ der\ Reklamationen, verursacht\ durch\ Produktion}$$

$$Qualitätskostenanteil \quad = \frac{Qualitätskosten}{Umsatz}$$

Die Qualitätskosten setzen sich aus Fehlerverhütungskosten, Prüfkosten, und kalkulatorischen Qualitätskosten zusammen (vgl. ink. Formeln Koch 2011).

Durch zu hohe Fehlerverhütungs- und Prüfkosten steigen jedoch wiederum die Herstellkosten eines Produktes, wie in Bild 5 abgebildet wird.

[14] first pass yield rate

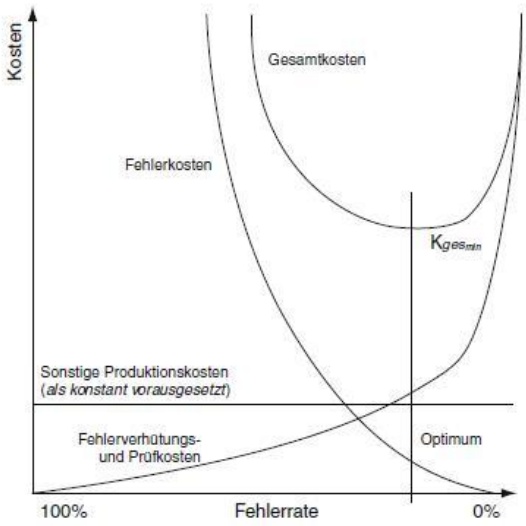



Bild 5: Qualitätskosten

(Koch 2011)

Die Kosten von nicht optimalen Prozessen lassen sich entsprechend der Kaizen-Philosophie (Reduzierung von Verschwendung) aufzeigen. Im Toyota Produktionssystem sind sieben Verschwendungsarten aufgeführt, die es zu reduzieren gilt, um kostengünstigere Produktionsprozesse zu erreichen.

Arten der Verschwendung nach dem Toyota Produktionssystem:

- Überproduktion
- Unnötige Bewegungsabläufe
- Wartezeiten/Verzögerungen
- Arbeitsprozesse/Bearbeitungen
- Produktionsfehler/Nacharbeit/Ausschuss
- Überflüssige Transporte
- Hohe Materialbestände

Neubauer schlägt in seiner Ausarbeitung vor, vorhandene *Traceabilitydaten* zur Berechnung der OEE-Rate[15] von Produktionsanlagen zu nutzen, um Verschwendungen zu reduzieren, welche durch Stillstände verursacht werden. Insbesondere durch *Prozessdaten* mit Zeitstempeln lassen sich einige wesentliche Faktoren der Anlage berechnen.

Kalkulation der Anlagenverfügbarkeit über Prozessdaten (vgl. Neubauer et al. 2010):

[15] Overall Equipment Effectiveness = Gesamtanlageneffektivität

$$A^{(i)} = \left(1 - \frac{T_{loss}{}^{(i)}}{T_B}\right) \cdot 100\% \quad with \quad T_{loss}{}^{(i)} = (T_{loss,org}{}^{(i)} + T_{loss,techn}{}^{(i)})$$

In der Kalkulation ist die Zeit $T_B$ die Sollproduktionszeit und $T_{loss}$ die Stillstandszeit der Anlage. $T_{loss}$ wiederum setzt sich aus einer organisatorischen und einer technisch bedingten Stillstandszeit zusammen.

Über diese Kennzahlen aller Anlagen in einer Produktion lassen sich jene Produktionsanlagen identifizieren, an denen Verbesserungsmaßnahmen notwendig sind.

Sohal schlägt als weitere Anwendung vor, *Traceabilitydaten* zur Identifikation von direkten und indirekten Produktionskosten zu nutzen (vgl. Sohal 1997). Dies soll hier jedoch nicht weiter betrachtet werden, da keine Unternehmen aufgefunden wurden, die dies umsetzten. In Kapitel „7.2.1 Prozessanalyse zur Qualitäts- und Prozessverbesserung“ werden Beispiele von bereits umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen durch die Verwendung von *Traceabilitydaten* aufgezeigt.

### 4.3.2 Prozessverriegelung

Die Prozessverriegelung ist eine Methode, die die Anforderungen der *Statustraceability* die in der DIN 9001, in der TS 16949 und in der DIN 9100 beschrieben wird, erfüllt. Durch Prozessverriegelung werden Arbeitsergebnisse und Produktionsreihenfolgen sichergestellt, womit Prozesskosten reduziert (vgl. Gerberich 2011, Keller 2011) oder Fehler im Produktionsablauf aufgedeckt werden, um die Qualitätskosten zu reduzieren (vgl. Keller 2011). Die Prozessverriegelung stellt sicher, dass ein Folgeschritt nur eingeleitet werden kann, wenn der vorrangegangene Schritt erfolgreich abgeschlossen wurde (vgl. Gerberich 2011). Die Prozessverriegelung wird als aktive *Traceabilityanwendung* bezeichnet, da die Anwendung nicht das Sammeln von Daten als primäres Ziel hat, sondern bereits in der Produktion Warnmeldungen anzeigt, wenn Fehler in der Produktionsreihenfolge auftreten. Eine weitere Ausprägung der Prozessverriegelung ist das Vergleichen der Ist-Konfiguration mit der Soll-Konfiguration eines Produktes, um zu verhindern, dass falsch konfigurierte Produkte ausgeliefert werden.

### 4.3.3 Produktionsunterstützung

Ein *Traceabilitysystem* kann Aufgaben zur Produktionsunterstützung übernehmen. Dies sind einfache Aufgaben der Produktionssteuerung, wie etwa die Rückmeldung von Fertigungsaufträgen auf Basis des Prüfstatus einzelner Produkte. In Kapitel „7.2.4 Produktionsunterstützung“ wird ein Beispiel beschrieben, wie der Produktionsablauf, von der Kommissionierung, über den Montageprozess bis hin zum Versand durch das *Traceabilitysystem* unterstützt wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das *Traceabilitysystem* als „Datendrehscheibe“ zwischen unterschiedlichen MES-Systemen[16], die im Produktionsprozess beteiligt sind, einzusetzen. Somit sind nur Schnittstellen zwischen den MES-Systemen und dem *Traceabilitysystem* notwendig und keine Schnittstellen zwischen den MES-Systemen selbst.

## 4.4 Traceabilityanwendungen im After-Sales

Im Bereich des After-Sales können Services, die den Kunden während der Verwendung des Produktes unterstützen, auf *Traceabilitydaten* aufbauen (vgl. Fisk und Chandran 1975). Besonders im Maschinen- und Anlagenbau, bei dem komplexe Produkte beim Anwender im Einsatz sind, ist die regelmäßige Hilfestellung für die Bedienung dieser Geräte erforderlich. Mit dem Zugriff auf *Traceabilitydaten* lassen sich diese Hilfestellungen vereinfachen.

### 4.4.1 Wartung und Instandhaltung

Die wichtigste Aufgabe der Instandhaltung besteht in der Sicherung der für das Produktionsziel notwendigen Verfügbarkeit von Anlagen. Abhängig von der gewählten Instandhaltungsstrategie (Ausfallstrategie, Präventivstrategie, Inspektionsstrategie, Modernisierungsstrategie) ist der rasche Zugang zu Informationen über Anlagen und Ersatzteile der Anlagen für den Wartungs- und Instandhaltungstechniker notwendig (vgl. Strunz 2012). Besonders bei der Ausfallstrategie, bei der eine Instandhaltung erst vorgenommen wird, wenn der

[16] Manufacturing Execution Systeme

Ausfall der Anlage bereites eingetreten ist, sind rasche Hilfestellungen nötig. Da bei der Präventivstrategie die Wartungsmaßnahmen vorbereitet werden, ist der Zugang zu Informationen hier nicht zeitkritisch, erleichtert jedoch die Vorbereitungen von Wartungsmaßnahmen, wenn etwa die passenden Wartungsinformationen inklusive der Informationen über Verbrauchsmittel oder Informationen über Ersatzteile anwenderfreundlich vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden.

*Traceabilitydaten* bieten sich hierbei als Grundlagen dieser Services an, da der Instandhaltungstechniker rasch an die nötigen Informationen kommt.

Die hier vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Bereitstellung von Informationen zur Anlage und zu Ersatzteilen. Das erarbeitete *Traceabilitymodell* lässt jedoch auch das Abbilden von Wartungsmaßnahmen zu, wenn diese wie Produktionsprozesse behandelt werden.

### 4.4.2 Kundendienstleistungen

Ein großes Potenzial für den Nutzen von *Traceabilityanwendungen* zeigt sich bei Kundendienstleistungen, da hierbei noch kaum Anwendungen im Feld verfügbar sind. Ein *Traceabilitysystem* ermöglicht es, im Kontakt mit dem Kunden zu bleiben (vgl. Fisk und Chandran 1975). Insbesondere durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien ergeben sich neue Geschäftsmodelle, um neue Kundendienstleistungen anzubieten. Über diese Technologien lassen sich Kunden enger an den Produkthersteller binden. Dies bietet dem Hersteller die Möglichkeit, in direkten Kontakt mit dem Kunden/Anwender des Produktes zu treten und zu bleiben. So können Rückmeldungen aus dem Anwenderfeld in die Entwicklung neuer Produkte einfließen. Da zu Kundendienstleistungen noch kaum Vorschläge existieren, werden in Kapitel 7.3.3 „Kundendienstleistungen“ Ideen für Kundendienstleistungen aufgezeigt.

### 4.4.3 Vertriebsnetzwerk aufdecken

Das Aufdecken des Vertriebsnetzwerkes ist eine kaum genutzte *Traceabilityanwendung*, die jedoch dem Hersteller hilft, sein Vertriebsnetzwerk zu verstehen (vgl. Fisk und Chandran 1975). Mit Hilfe der *Vertriebstraceability* lassen sich Parallelvermarktungen in grauen Märkten aufdecken und reduzieren oder

Verkaufsregionen aufdecken, in denen gezielte Werbemaßnahmen nötig sind. Parallelvermarktung, auch als Grauer-Handel bekannt, ist das Vertreiben von Originalprodukten durch einen Händler, der dafür nicht die Zustimmung des Herstellers hat (vgl. Matsui 2014). Diese Parallelvermarktung stieg insbesondere mit der Globalisierung des Handels und schädigt Vertriebskanäle die meist unter hohen finanziellen Aufwänden aufgebaut wurden (vgl. Hsiu-Li 2002). Im Gegensatz zum Schwarzmarkt ist der Graumarkt jedoch nicht illegal. Meist kommt es zum Grauen-Handel, wenn Hersteller die Produktpreise von der Verkaufsregion abhängig machen. Parallelimporteure kaufen sodann Produkte in anderen Märkten zu günstigen Preisen und vertreiben diese in Märkten, in denen das Produkt sonst nur mit höheren Preisen verfügbar ist (vgl. Hsiu-Li 2002).

Abbildung 5 beschreibt, wie Händler 2, der in der Abstimmung mit dem Hersteller nur eine Vermarktungserlaubnis für den Markt 2 hat, Produkte für den Mark 1 abzweigt. Dem Händler 1 entgeht somit Umsatz, der von Händler 2 übernommen wird. Zusätzlich partizipiert Händler 2 von Marketingmaßnahmen die Händler 1 im Markt 1 durchführt. Mit den richtigen *Traceabilitydaten* ließe sich nachvollziehen, über welchen Händler Produkte in den nicht autorisierten Markt geliefert wurden.

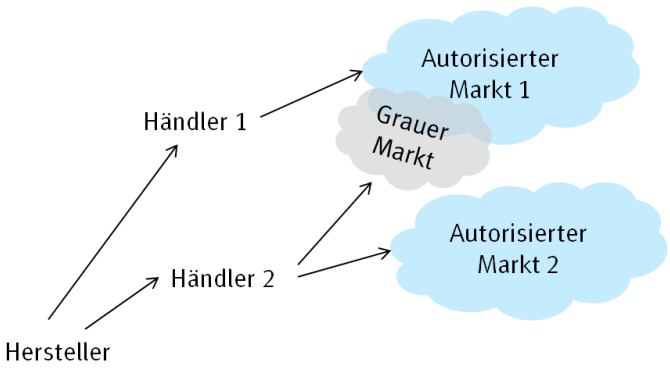



Abbildung 5: Grauer Markt

## 4.5 Traceabilityanwendungen für die interne/externe Logistik

Bei den bisher beschriebenen Anwendungen werden einzelne Produkte beachtet. Bei Anwendungsfällen in der Logistik können sowohl Produkte als auch Warenträger (Kanban-Kisten, Versandverpackungen u.ä.) betrachtet werden.

### 4.5.1 Kopplung von physischem und virtuellem Materialfluss

*Traceability* hat ihren Ursprung in der Verfolgung von Versandstücken, weswegen es bereits einige Anwendungen zum Koppeln von virtuellem und physischem Materialfluss gibt, um auch im IT-System ein möglichst detailliertes Abbild der Wirklichkeit als Planungsgrundlage zu haben.

Als Nutzen der Kopplung führt Töyrylä die Möglichkeit von Alarmen an:

- Verspätungsalarm
- Unklarer Alarm

(vgl. Töyrylä 1999)

Hierbei werden an relevanten Punkten die Bewegungsdaten erfasst, um prognostizierte Bewegungen mit den Ist-Bewegungen abzugleichen, damit bei Bedarf auf Abweichungen rechtzeitig reagiert werden kann. Diese Anwendungen kommen hauptsächlich in der überbetrieblichen Logistik zum Einsatz, jedoch finden sie sich auch immer häufiger in innerbetrieblichen Logistikabläufen.

Anwendungen in der innerbetrieblichen Logistik beruhen alle auf demselben Prinzip, nämlich auf dem Erfassen von Bewegungsdaten an relevanten Punkten. Diese relevanten Punkte liegen jedoch eng aneinander, um ein möglichst detailliertes Abbild der Bewegungsdaten in der Produktionsumgebung zu bekommen. Als Nutzen dieser Daten sieht der VDI[17] folgende Punkte vor:

- Reduzierung von Kapitalbindung durch Verringerung der Umlaufbestände
- zeitnahe Bewertung des Umlaufbestandes zur Unterstützung permanenter Inventuren
- Verbesserung der Realisierbarkeit von Plänen durch zeitnahe Information über die Verfügbarkeit

[17] Verein Deutscher Ingenieure e.V.

- Bereitstellung von Materialinformationen zur zeitnahen Initiierung von internen und externen Materialbewegungen, um einen effektiven Produktionsablauf zu gewährleisten
- Berücksichtigung des Materialflusses als unmittelbare Einflussgröße der Fertigungssteuerung

(VDI 5600)

Diese Anwendungen können von MES-Systemen erfüllt werden. Die VDI Richtlinie 5600 zu MES-Systemen sieht das Verwalten von Supply-Chain Informationen (Menge, Qualität und Zeit) und Daten zum Materialstatus (Menge und Qualität) als wesentliche Aufgabe des MES-Systems.

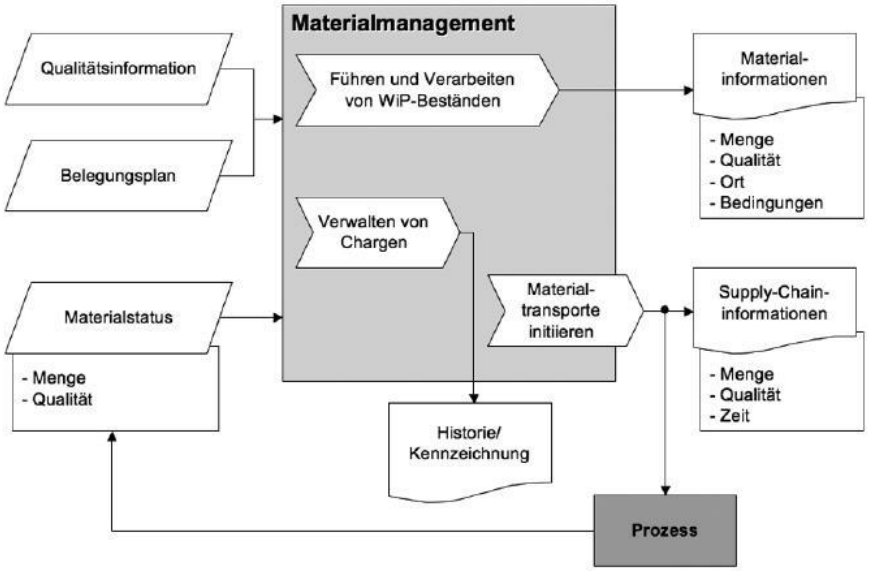
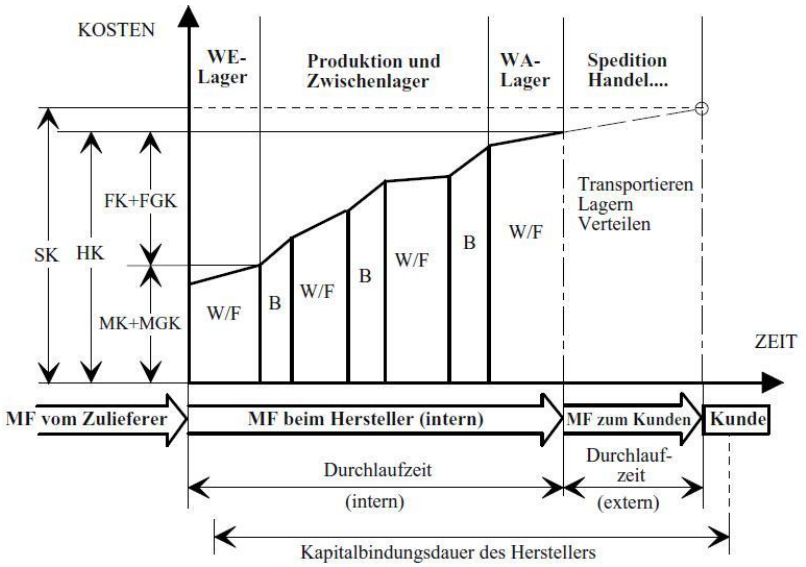



Bild 6: Materialmanagement im MES

(VDI 5600)

Durch das Erfassen der Logistikdaten lassen sich, ähnlich wie bei der Optimierung von Fertigungsprozessen, die Logistikprozesse optimieren. In Bild 7 stellt Arnold die Kostenentwicklung von Bauteilen dar. Deutlich sichtbar ist, dass wesentliche Kosten nicht nur während der Bearbeitung entstehen, sondern auch während des Förderns und Wartens.

Mittels der dokumentierten Logistikdaten, lassen sich unnötige Wartezeiten während der gesamten Durchlaufzeit auffinden und Maßnahmen gegen diese Wartezeiten ergreifen.



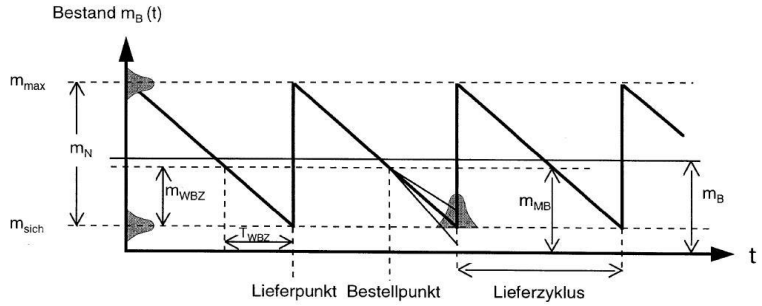

**Abkürzungen:**
B = Bearbeiten
F = Fördern
FGK = Fertigungsgemeinkosten
FK= Fertigungskosten
HK = Herstellkosten
MF = Materialfluss
MGK = Materialgemeinkosten
MK = Materialkosten
SK = Selbstkosten
W = Warten
WA = Warenausgang
WE = Wareneingang

Bild 7: Kostenentstehung in der Produktion
(Arnold und Furmans 2009)

## 4.5.2 Stock Management

Die gewonnenen Daten der Kopplung von virtuellem und physischem Warenfluss lassen sich zusätzlich dazu nutzen, die zeitnahe Zubuchung zu den Lagerbeständen zu ermöglichen. Daraus ergeben sich aktuellere Daten von Beständen, was somit bei Lagerbeständen wiederum zur Reduzierung von Sicherheitsbeständen führen kann. Alfaro zeigt in seiner Untersuchung auf, dass durch die *Traceabilityanwendung* des *Stock Managements*. die Sicherheitsbestände um 20-30% reduziert werden konnten (vgl. Alfaro und Rábade 2009). Ebenso berichtet Müller von einer Reduzierung der Gesamtlagerbestände um bis zu 30% aufgrund der Kopplung von Warenflüssen (vgl. Müller 2013).

Ein weiterer Nutzen, von dem Alfaro schreibt, ist die Erhöhung der Lagerkapazitäten um 10-15%, ohne tatsächliche Lagererweiterung aufgrund der Reduzierung von Reserveflächen (vgl. Alfaro und Rábade 2009).




| | |
|---|---|
| $m_B(t)$ | aktueller Bestand |
| $m_{sich}$ | Sicherheitsbestand = Mindestbestand (*safety stock*) |
| $m_{max}$ | durchschnittlicher Maximalbestand |
| $m_N$ | Nachschubmenge |
| $m_B = m_{sich} + m_N/2$ | mittlerer Bestand (*cycle stock*) |
| $m_{WBZ}$ | Verbrauch in der Wiederbeschaffungszeit |
| $m_{MB} = m_{sich} + m_{WBZ}$ | Meldebestand |

Bild 8: Bestandsverläufe bei gleichmäßigem Verbrauch und geschlossener Anlieferung

(Gudehus 2012)

Durch die Kopplung der virtuellen und physischen Warenflüsse werden unnötige Standzeiten aufgezeigt. Es ist z.B. häufig der Fall, dass Ware mehrere Stunden im Wareneingang steht, bevor sie vereinnahmt und dem verfügbaren Bestand hinzugerechnet wird. Durch die Kopplung der Warenflüsse wird der Wareneingang zu einem virtuellen Lager und beim Prozess im Wareneingang werden die Waren dem Lager „Wareneingang“ automatisiert zugebucht. Somit ist bekannt, dass Bauteile bereits im Wareneingang stehen und demnächst im Lager ankommen werden. Somit können z.B. Sicherheitsbestände im Lager reduziert werden, da Ware ja ein paar Meter weiter im Wareneingang steht.

Eine genauere Auseinandersetzung mit diesem Thema und einer dazugehörigen Lösung ist in Kapitel „7.4.2 Stock Management“ zu finden.

# 5 Voruntersuchung

Neben der Untersuchung der Literatur zum Thema *Traceability*, war es unerlässlich, auch Anforderungen aus dem praktischen Umfeld aufzunehmen. Diese praktischen Anforderungen und Erfahrungen werden in der Literatur nur unzureichend dokumentiert. Durch die Erkenntnisse der Voruntersuchung konnte das *Traceabilitymodell* erstellt werden, anhand dessen die *Traceabilityanwendungsfälle* nun beschrieben werden können.

## 5.1 Vorgehensweise im ersten Untersuchungsschritt

Im Lenkungskreis des Projektes *Traceability* wurden die in der Voruntersuchung zu untersuchenden Fachbereiche definiert. Ziel war es, die Forderungen an *Traceability* aus unterschiedlichsten Fachbereichen aufzuzeigen, um damit ein gemeinsames Verständnis aufzubauen. Zum Zeitpunkt der Definition war unbekannt, welche Anforderungen an *Traceability* in den Fachbereichen existieren.

Die zu untersuchenden Fachbereiche der Voruntersuchung wurden in drei Kategorien gegliedert:

- Normen und Gesetze
- industrielle Forderungen
- sonstige Forderungen

Teilweise wurden bei der Untersuchung der Kategorien Anforderungen an die *Traceability* aufgedeckt. Wenn dies der Fall war, werden diese in Kapitel 7 „Darstellung der Traceabilityanwendungen im Traceabilitymodell“ beschrieben. In einigen untersuchten Fällen (z.B. bei Sicherheitsprodukten gemäß Maschinenrichtlinie) wurden jedoch entgegen den Erwartungen keine Anforderungen an die *Traceability* aufgefunden. In diesen Fällen werden die Anforderungen, die sich ebenfalls im *Traceabilitymodell* abbilden lassen, (hauptsächlich zur Kennzeichnung) im folgenden Kapitel beschrieben.

## 5.2 Normen und Gesetze

In den folgenden Normen und Gesetzen traten Anforderungen an die *Traceability* auf, weswegen diese in Kapitel 7 „Darstellung der Traceabilityanwendungen im Traceabilitymodell“ beschrieben werden:

- Qualitätsmanagementsystem nach DIN 9001
- Qualitätsmanagementsystem nach DIN 80079-34
- Druckgeräterichtlinie EG 2014/68/EU
- Produkthaftungsrichtlinie 85/374/EWG

Für Sicherheitsbauteile gemäß der Maschinenrichtlinie gelten keine Anforderungen an die *Traceability*. Es bestehen nur Anforderungen an die Kennzeichnung, die sich jedoch im *Traceabilitymodell* darstellen lassen.

**Sicherheitsprodukte – Maschinenrichtlinie 2006/42/EG**

Als Sicherheitsprodukte gelten Bauteile, die unter anderem zur Gewährleistung einer Sicherheitsfunktion dienen oder deren Ausfall die Sicherheit von Personen gefährden kann (vgl. RL 2006/42/EG).

**Anforderungen an die Kennzeichnung:**

Der geforderte Grad der Kennzeichnung von der Entwicklung bis zur Produktion ist in der Maschinenrichtlinie festgeschrieben:

a) Firmenname und vollständige Anschrift des Herstellers[…]
b) Bezeichnung der Maschine
c) CE-Kennzeichnung
d) Baureihen- oder Typbezeichnung
e) gegebenenfalls Seriennummer [sic] [18]
f) Baujahr
(RL 2006/42/EG)*

*Die Punkte a) b) d) e) und f) werden im Traceabilitymodell berücksichtigt.

[18] Hier als eineindeutigen Seriennummer zu verstehen.

**Anforderungen an die Produktion:**

Bei Sicherheitsbauteilen und ähnlichen Bauteilen, die im Anhang V der Maschinenrichtlinie gelistet sind, wird ein Qualitätssicherungssystem gefordert. Dieses Qualitätssicherungssystem für ein Sicherheitsprodukt muss von einer benannten Stelle bewertet und überwacht werden. Der Hersteller beantragt die Bewertung seines Qualitätssicherungssystems indem er beschreibt, mit welchen Mitteln das Erreichen der geforderten Entwurfs- und Fertigungsqualität der Maschine bzw. des Bauteiles überwacht wird (vgl. RL 2006/42/EG). Bis auf die Anforderungen der Kennzeichnung sind somit keine allgemeinen Forderungen an die *Traceability* in der Maschinenrichtline definiert. Jedem Hersteller steht es frei, ausreichende Maßnahmen für das Erreichen der Entwurfs- und Fertigungsqualität zu treffen. Ob hierfür *Traceability* eine Maßnahme ist, wird vom Hersteller selbst festgelegt.

## 5.3 Industrielle Forderungen

Industrielle Forderungen an *Traceability* sind jene, welche sich in einzelnen Anwendungsbranchen etabliert haben, obwohl diese nicht in Normen, Gesetzen oder QMS festgeschrieben sind. Diese Anforderungen sind mittels Interviews des Vertriebspersonals in produzierenden Unternehmen aufgedeckt worden, da diese den Vertragsabschluss zwischen Käufer und Verkäufer, in dem die *Traceabilityanforderungen* festgeschrieben werden, begleiten und somit die Anforderungen kennen. Zusätzlich fand eine umfangreiche Literaturrecherche statt, um mögliche Anforderungen zu identifizieren.

### 5.3.1 Nahrungsmittelindustrie

Anlagen- und Maschinenbauer liefern unterschiedlichste Anlagen und Maschinen zur Produktion von Nahrungsmitteln. Da diese Anlagen und Maschinen, abhängig von ihrer Funktion, mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen können, gilt für jene Bauteile der Anlage, die mit dem Nahrungsmittel in Berührung kommen, die VO 1935/2004. Zusätzlich gelten für nahrungsmittelberührende Teile, welche zum Beispiel aus Kunststoff sind, Verordnungen ähnlich der VO 10/2011, welche jedoch alle im Bezug zur Rückverfolgbarkeit auf der VO 1935/2004 basieren. Letztere

definiert die Anforderungen an Bauteile, die dafür bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen.

**Anforderungen an die Kennzeichnung:**

Die VO 1935/2004 gibt auch Auskunft darüber, wie nahrungsmittelberührende Bauteile gekennzeichnet werden sollen.

> […] Namen und Anschrift der Firma oder des Inverkehrbringers und gemäß Artikel 17 mit einer angemessenen Kennzeichnung oder Identifikation, die eine Rückverfolgbarkeit des Materials oder Gegenstands gestattet.
>
> (Vgl. VO 1935/2004)

Die im Anschluss angeführte Forderung des Artikels 17 der VO 1935/2004 sieht […] keine Verpflichtung zu einer internen Rückverfolgbarkeit vor. Unternehmen müssen nur ihren unmittelbaren Vorlieferanten und die gewerblichen Abnehmer benennen können (vgl. Krell et al. 2006).

> Die Rückverfolgbarkeit von Materialien und Gegenständen, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, sollte auf allen Stufen gewährleistet sein, um Kontrollen, den Rückruf fehlerhafter Produkte, die Unterrichtung der Verbraucher und die Feststellung der Haftung zu erleichtern. Die Unternehmer sollten zumindest jene Firmen ermitteln können, von denen sie die Materialien und Gegenstände bezogen oder an die sie solche abgegeben haben.
>
> (VO 1935/2004)

Aufgrund des Risikos einer Kontamination von Nahrungsmitteln durch lebensmittelberührende Bauteile, tendieren jedoch mehr und mehr lebensmittelproduzierende Unternehmen dazu, für ihre Anlagen schärfere Forderungen an die Rückverfolgbarkeit von lebensmittelberührenden Bauteilen zu stellen, als eigentlich in den Verordnungen gefordert wird. Dies kann einerseits zu einer detaillierteren Kennzeichnung am Produkt bis hin zur *Bauteiltraceability* aller Bauteile und deren Werkszeugnissen oder Abnahmeprüfzeugnissen nach EN 10204 führen (vgl. Interview 2013).

| Art | Bezeichnung der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 | Inhalt der Bescheinigung | Bestätigung der Bescheinigung durch |
|---|---|---|---|
| 2.1 | Werksbescheinigung | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung | den Hersteller |
| 2.2 | Werkszeugnis | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung | den Hersteller |
| 3.1 | Abnahmeprüfzeugnis 3.1 | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung | den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers |
| 3.2 | Abnahmeprüfzeugnis 3.2 | Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung | den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller beauftragten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten |

Tabelle 2: Arten von Prüfbescheinigungen

(DIN EN 10204)

### 5.3.2 Biotech-/Pharma- und Chemieindustrie

Da der Maschinenbau auch die verfahrenstechnischen Anlagen für die Biotech-/Pharma- und Chemieindustrie liefert, ist er auch mit den Anforderungen an *Traceability* aus diesen Branchen betroffen. Entgegen der Erwartungen gibt es in der Biotech-/ Pharma- und Chemiebranche jedoch keine allgemein gültigen Anforderungen. Diese ergeben sich daher ausschließlich durch industrielle Anforderungen. Wie im Bereich der nahrungsmittelberührenden Anlagen können auch bei Biotech-/Pharma- und Chemieanlagen die Anforderungen an die *Traceability* von Anlagen im Zuge des Vertragsabschlusses festgelegt werden. In der ISO/TS 29001 etwa, die auf der DIN 9001 aufbaut und die Anforderungen für die Produktion von Produkten für die Erdölindustrie, petrochemische Industrie und Erdgasindustrie festlegt, ist diese Art der Festlegung im Zuge des Vertragsabschlusses beschrieben.

### 5.3.3 Medizintechnik

Für Medizinprodukte bestehen konkrete Anforderungen an *Traceability*. Diese sind in Kapitel „7.1.9.4 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 13485“ beschrieben.

### 5.3.4 Automobilindustrie

Die Automobilindustrie ist durch regelmäßige Rückrufe besonders mit dem Thema *Traceability* verbunden. Der Umfang dieser Rückrufe zeigt aber ebenso, dass auch diese Branche noch kein Rezept für die optimale *Traceability* gefunden hat. Zwar fordern OEMs[19] von ihren Zulieferern *Traceability*, definieren jedoch kaum, welche Daten rückverfolgbar sein müssen. Vor allem an der Schnittstelle zwischen OEMs und Lieferant gehen Informationen häufig aufgrund der fehlenden Identifizierung und Zuweisung von Bauteilen zum übergeordneten Bauteil verloren.

Produkte für den Automobilbau lassen sich in sicherheits- und nicht sicherheitsrelevante Bauteile gliedern. Als sicherheitsrelevant gelten z.B. Bauteile, die das Auslösen des Airbags verhindern können. Der OEM BMW hat hierfür ca. 35 sicherheitsrelevante Bauteile definiert, die dem Fahrzeug zugeordnet werden (vgl. Störmer 2013). Anders als etwa bei ATEX oder Medizinprodukten gibt es keine einheitlichen, also OEM-übergreifende oder gesetzlich vorgeschriebene, Anforderungen an *Traceability* für Produkte der Automobilindustrie. Als QMS für die Produktion von Serien- und Ersatzteilen für die Automobilindustrie gibt es ergänzend zur ISO 9001:2008, die DIN ISO/TS 16949. Die DIN ISO/TS 16949 fordert bezogen auf die Rückverfolgbarkeit:

> Die Organisation muss die Anforderungen bezüglich der Eingaben für Produktentwicklung ermitteln, dokumentieren und bewerten, einschließlich:
>
> - Kundenanforderungen (Vertragsprüfung), wie z.B. besondere Merkmale (siehe 7.3.2.3)
> - Kennzeichnung
> - Rückverfolgbarkeit […]
>
> (DIN SPEC 1115)

[19] Original Equipment Manufacturer

Dies bedeutet, dass Anforderungen bezüglich *Traceability* immer explizit zwischen den Vertragspartnern abzuklären sind. Um Forderungen aufzudecken, wurden drei Kundenanforderungen von Automobilprodukten analysiert (2x Tier[20] 2, 1x Tier 1) und zusätzlich Rücksprache mit zwei OEMs und einem Tier 1 Unternehmen (Zulieferer mehrerer OEMs) gehalten. Da diese Anforderungen in geheimen Verträgen beschrieben sind, ist eine Veröffentlichung im Zuge dieser Ausarbeitung nicht möglich. Die Anforderungen wurden jedoch anonymisiert im *Traceabilitymodell* berücksichtigt (siehe hierzu Kapitel „7.1.9.2 Umsetzungen der Anforderungen der ISO/TS 16949“).

### 5.3.5 Luftfahrt

Entgegen den Erwartungen existieren in der Luftfahrtindustrie keine generellen Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit (vgl. Zenith Aviation Inc. 2013). *Traceabilitydaten* werden von den Luftfahrtsbetrieben festgelegt. In Kapitel „7.1.9.5 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 9100“ wird aufgezeigt, welche Anforderungen die Rückverfolgbarkeit einschließen kann.

## 5.4 Betriebsinterne Forderungen

Für die Erfassung von betriebsinternen Forderungen an *Traceability* wurden MitarbeiterInnen aus unterschiedlichen Fach- und Produktabteilungen interviewt. Aufgrund der induktiven Forschungsmethode, bei der das Modell erst aufbauend auf den Ergebnissen der Einflussanalyse entsteht, war zum Zeitpunkt der Interviews das Modell noch unbekannt. Daher decken sich die Reihenfolge der Fragen und die Fragenstellung nicht direkt mit dem Modell.

### 5.4.1 Beschreibung der Interviews

Die betriebsinternen Forderungen wurden anhand von Interviews aufgedeckt. Dazu wurden ExpertInnen aus unterschiedlichen Fachbereichen herangezogen und

[20] Tier (Engl. Rang, ist die Bezeichnung der Rangfolge von Zulieferern zu OEMs)

einzeln oder in Kleingruppen befragt. ExpertInnen sind Angehörige der "Funktionselite", wobei der Status vom Forscher verliehen wird (vgl. Meuser und Nagel 1991). Im vorliegenden Fall wurden die ExpertInnen vom Lenkungskreis empfohlen. Der erste Teil des Interviews basierte auf einem standardisierten Interview, bei dem die Fragen und die zugehörigen Antwortmöglichkeiten vorgegeben waren (vgl. Prüfer und Stiegler). Durch diese Form des Interviews sollen gleiche Bedingungen für alle Befragten hergestellt werden (Prüfer und Stiegler). Der zweite Teil des Interviews erfolgte nach der Methode des Leitfadeninterviews. Diese dienen zur mittleren Strukturierung der Interviews, womit sichergestellt wird, dass bestimmte Themenbereiche offen formuliert durch den Interviewer angesprochen werden (vgl. Marotzki 2012, Gläser und Laudel 2010, Ludwig-Mayerhofer).

### 5.4.2 Sampling

Um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, muss die Stichprobe groß genug sein (vgl. Dematttio 2007). Zur Bestimmung der Stichprobe gibt es folgende zwei Vorgehensweisen:

1. Nach vorbestimmten Merkmalen
2. Bestimmung des Umfangs aufgrund des jeweiligen Erkenntnisstandes (vgl. Dematttio 2007)

Im hier vorliegenden Fall wurde aufgrund der Ungewissheit über den Kenntnisstand der InterviewpartnerInnen die Methode 2 gewählt. Dies lässt zusätzlich noch die Möglichkeit der „Schneeballmethode“ zu, bei der InterviewpartnerInnen auf weitere InterviewpartnerInnen verweisen können.

Bis zum Abschluss des Interviewzeitraumes wurden somit 42 Personen aus den Abteilungen Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Qualitätsmanagement befragt. Die Ergebnisse wurden je nach Fachabteilung gewichtet. Somit hat jede Fachabteilung, unabhängig von der Anzahl an TeilnehmerInnen, bei der Befragung dieselbe Gewichtung. Aus der Abteilung Produktion wurden die fünf Experten als ausreichend befunden, da trotz der getrennten Befragung gleiche Aussagen getätigt wurden.

| | | Mechanische Produkte | Elektronische Produkte | Mechatronische Produkte | Summe |
|---|---|---|---|---|---|
| Fachabteilung | Entwicklung | 3 | 5 | 3 | 11 |
| | Produktion | 2 | 2 | 1 | 5 |
| | Vertrieb | 4 | 3 | 2 | 9 |
| | Qualitätsmanagement | 5 | 7 | 5 | 17 |
| | Summe | 14 | 17 | 11 | **42** |

Tabelle 3: Fachbereiche der Interviewpartner

Als Produktkategorien wurden folgende Kategorien ausgewählt:

- Mechanische Produkte:
  z.B. Wälzlager, Gehäuse, Bremsen
- Elektronische Produkte im Anlagenbau:
  z.B. Einfache Sensoren, Controller
- Mechatronische Produkte
  komplexe Produkte, die aus elektronischen und mechanischen Komponenten bestehen

### 5.4.3 Vorgehensweise im Interview

Die Vorgehensweise während der Interviews orientiert sich an den Hinweisen von Gläser (vgl. Gläser und Laudel 2010). Daraus ergab sich folgender Interviewablauf:

- Eröffnung
- Erklärung der Ziele des Interviews und die Rolle des Interviewpartners
- Aufklärung über den Datenschutz der Ergebnisse
- Durchführung des standardisierten Interviewteiles
- Durchführung des leitfadengestützten Interviewteiles
- Frage nach weiteren potentiellen Interviewpartnern

#### 5.4.3.1 Eröffnung

Im Zuge der Interviewеröffnung wurde der Wissensstand der interviewten Personen abgefragt und Anknüpfungspunkte mit dem Thema *Traceability* besprochen. Hier hat sich bereits gezeigt, dass die InterviewpartnerInnen unterschiedliche Vorstellungen von dem Begriff *Traceability* hatten, weswegen dieser in der Eröffnung detaillierter erklärt wurde.

#### 5.4.3.2 Erklärung der Ziele des Interviews und die Rolle des Interviewpartners:

Die Ziele des Interviews waren, die Anforderung an *Traceability* gegliedert nach Produktart (mechanisch, elektrisch und mechatronisch) und Fachbereich der InterviewpartnerInnen aufzuzeigen. Die InterviewpartnerInnen wurden darauf hingewiesen, dass die Forderungen aus Normen (ATEX, Druckgeräte u.ä.) in diesen Interviews außer Acht bleiben sollen, um die allgemeine Gültigkeit der Aussagen zu bewahren.

#### 5.4.3.3 Durchführung des standardisierten Interviewteils

Die Fragen und Antwortmöglichkeiten für das standardisierte Interview entstanden auf Basis der untersuchten Literatur. Dabei wurden Anforderungen, wie zum Beispiel die Produktkennung, der Detailierungsgrad für die Nachverfolgung bis zum Kunden, der Detailierungsgrad der Rückverfolgbarkeit der Prüfergebnisse, die Detaillierung der bauzustandsbeschreibenden Daten (Software, Stückliste usw.) und herstellungsprozessbeschreibenden Daten erhoben.

#### 5.4.3.4 Durchführung des leitfadengestützten Interviewteils

Innerhalb des leitfadengestützten Interviews wurde das Thema *Traceability* offener und nicht in dem Korsett der vorgegeben Fragen diskutiert. Die Antworten wurden dokumentiert, um im Anschluss analysiert und bewertet werden zu können. Jene, welche in der Analyse als berechtigt eingestuft wurden, sind in die Erstellung des *Traceabilitymodells* eingeflossen.

#### 5.4.3.5 Frage nach weiteren InterviewpartnerInnen

Die ersten InterviewpartnerInnen wurden vorab festgelegt. Um jedoch möglichst viele Aspekte der *Traceability* zu betrachten, wurden die InterviewpartnerInnen um weitere Vorschläge für zu befragende Personen gebeten (->Schneeballmethode).

### 5.4.4 Auswertung der Interviews

Auswertung des standardisierten Interviewteils:

Die Antworten wurden statistisch anhand der Häufigkeit der gewünschten Daten im gewünschten Detailierungsgrad nach den Kategorien "Fachabteilung" und "Produktkategorie" ausgewertet.

Ergebnisse des standardisierten Interviewteils:

Als Ergebnis ging hervor, welcher Fachbereich Daten in welchem Detailierungsgrad verwendet oder verwenden will, womit das Ziel der Interviews erreicht wurde. So zeigte sich, dass z.B. der Fachbereich „Entwicklung“ an Prüfdaten ohne Produktzuordnung interessiert ist, im Fachbereich „Produktion“ eine zeitliche Zuordnung ausreicht und die Fachbereiche „Vertrieb“ und „Qualitätsmanagement“ an einer direkten Zuordnung von Prüfergebnissen interessiert sind. Zusätzlich konnte aufgezeigt werden, dass bei elektronischen und mechatronischen Produkten detailliertere *Traceabilitydaten* als bei mechanischen Produkten erwünscht sind.

Die Daten der Befragung dienten vor allem zum Aufbau des Praxisbezuges zum Thema *Traceability*, flossen aber nur indirekt in die Erstellung des *Traceabilitymodells* ein, weswegen die Daten hier nicht veröffentlicht werden.

Beispielhaft für die gewonnenen Daten werden die Anforderungen der Produktkennzeichnung aus Sicht des Fachbereiches Qualität für mechanische Bauteile (MB) aufgezeigt. Es zeigt sich, dass die Kennzeichnung mit einer Chargen-Kennung für alle Befragten im Fachbereich Qualität, die sich mit mechanischen Bauteilen befassen, ein „Muss“ ist, wohingegen eine eineindeutige Seriennummer für 83% der Befragten eine mögliche detailliertere Kennzeichnung ist. Daraus folgt, dass 17% eine eineindeutige Seriennummer für mechanische Bauteile als unnötig empfinden.

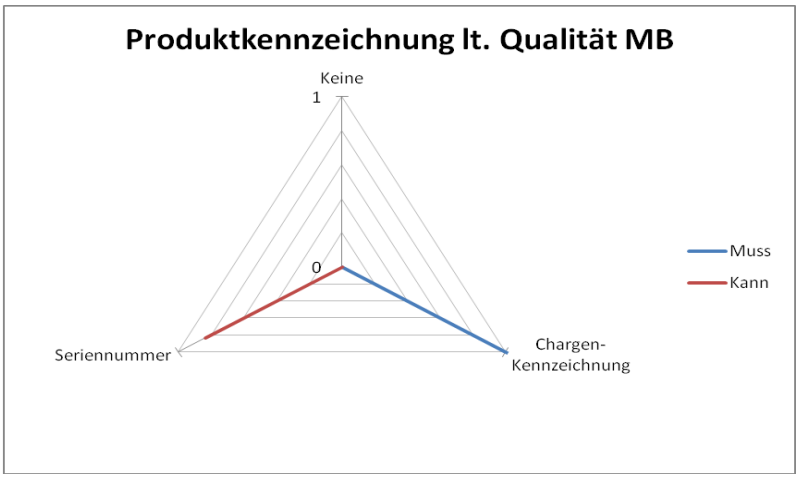



Abbildung 6: Umfrageauswertung Bsp. Kennzeichnung

Auswertung des leitfadengestützten Interviewteils:

Diese erfolgte nach folgendem Schema:

1. Festlegung der Zielsetzung der Auswertung: Klärung des Bedarfs von *Traceabilitydaten* in den analysierten Fachbereichen
   a) Welche Daten wären in der Vergangenheit nützlich gewesen?
   b) Mit welchen Daten und welchem Detailierungsgrad könnte ein zusätzlicher Nutzen generiert werden?
   c) Informationen mit Bezug zu vorhergegangen Rückrufen
2. Reduzierung des Datenmaterials: Die Aussagen wurden miteinander verglichen. Bei einer Übereinstimmung oder Ähnlichkeit wurden die Aussagen zusammengefasst.
3. Kategoriensystem prüfen und ggf. anpassen: Für die Auswertung wurden die Aussagen in folgende Kategorien eingeteilt:
   a) Anwendungen die auf der Nutzung von Traceabilitydaten beruhen
   b) Aufgezeigter Bedarf an Daten ohne konkreten Anwendungsfall
   c) Beschreibung eines Produktrückrufes und somit Aufzeigen von Daten, die bereits nützlich gewesen wären oder weil sie bereits verfügbar waren, genutzt wurden.
   d) Forderungen aus Normen und Gesetzen
   e) Keine Zuordnung

4. Daten den Kategorien zuordnen: Das transkribierte Datenmaterial wurde somit analysiert und die Aussagen den Kategorien zugeordnet.

(vgl. Gudela 2000, Gläser und Laudel 2010)

Ergebnisse des leitfadengestützten Interviewteils:

Die Ergebnisse der Interviews flossen sowohl in die Erstellung des *Traceabilitymodells* und in die Beschreibung der Anwendungsfälle ein, weswegen diese hier nicht veröffentlicht werden. Die Informationen zu Produktrückrufen flossen in die Rückrufanalyse in Kapitel „7.1.7 Rückrufanalyse im Maschinen- und Anlagenbau“ ein.

### 5.4.5 Bewertung der Interviews

Bereits während der ersten Interviews wurde klar, dass die InterviewpartnerInnen unterschiedliche Anwendungen unter *Traceability* verstehen, weswegen die Eröffnung und Zieldefinition der Interviews mehr Zeit in Anspruch nahm, als erwartet. Zusätzlich fiel auf, dass sich nur wenige InterviewpartnerInnen vorab intensiv mit dem Thema *Traceability* befasst haben und somit einzelne Antworten im Widerspruch zueinander standen. So wurde z.B. von neun TeilnehmerInnen eine Chargenkennung der Produkte als ausreichend empfunden und gleichzeitig eine Zuordnung der Prüfergebnisse zum Einzelprodukt gefordert. Diese direkte Zuordnung von Prüfergebnissen zum Einzelprodukt ist jedoch nur bei einer eineindeutigen Kennzeichnung (Seriennummer) möglich.

Die Ergebnisse der Umfrage waren trotz dieser Widersprüche aussagekräftig und es konnten unterschiedliche Anforderungen aus den Fachbereichen Entwicklung, Produktion, Qualitätsmanagement und Vertrieb aufgezeigt werden. In einer zweiten Runde wurde das nun bestehende *Traceabilitymodell* mit einzelnen InterviewpartnerInnen besprochen. Es hat sich gezeigt, dass sie nun die nötigen Daten für die gewünschten Anwendungsfälle anhand des *Traceabilitymodells* klar definieren konnten.

## 5.5 Abgrenzung zu Traceability eines ERP-Systems

ERP-Systeme bieten unterschiedliche Funktionen die ein *Traceabilitysystem* benötigt. So lässt sich in den Stammdaten hinterlegen, ob Produkte eine Chargenkennung oder eine eineindeutige Seriennummer benötigen. Auch die *Bauteiltraceability* mit der direkten Verknüpfung von Bauteilchargen mit dem Fertigungsauftrag lässt sich mit ERP-Sub-Systemen umsetzen (z.B. SAP Global Batch *Traceability*). Die zeitliche Zuordnung von Bauteilen lässt sich z.B. teilweise über das EWM[21]-System von SAP umsetzen. Das Dokumentieren von Prozess- und Prüfdaten ist jedoch keine Kernaufgabe eines ERP-Systems. Die in Kapitel „8 Implementierung der Traceabilitymodule im Unternehmen“ beschriebene Implementierung ist teilweise im ERP-System umgesetzt, allerdings musste hierfür ein umfangreiches Coustomizing[22] des ERP-Systems durchgeführt werden.

## 5.6 Abgrenzung zu Traceability eines MES-Systems

Gängige MES-Systeme bieten Anwendungen an, um *Traceabilitydaten* zu erfassen. Eine Marktübersicht des Magazins „IT-Production“ im Jahre 2013 zeigt auf, dass von 114 untersuchten MES-Systemanbietern 100 die Funktion *Traceability* als Bestandteil ihrer Software angeben (vgl. IT Production). Da solche Systeme jedoch in hohem Maß an den Produktionsablauf angepasst sind, ermöglichen diese Systeme jegliche Daten, die im Produktionsablauf erfasst werden, in der Datenbank des MES-Systems zu hinterlegen. Die hier vorliegende Arbeit legt ihren Fokus jedoch auf produktübergreifende, unternehmensweite *Traceability*, womit sich die Abgrenzung zu den Funktionen eines MES-Systems ergibt.

[21] Extended Warehouse Management

[22] Anpassung an Kundenbedürfnisse

# 6 Das Traceabilitymodell

Das *Traceabilitymodell* entstand teilweise parallel zur Voruntersuchung und parallel zur Untersuchung der *Traceabilityanwendungen*. Zur Erstellung wurden Forderungen aus Normen und Gesetzen, Branchenforderungen und sonstige Forderungen betrachtet. Mit Hilfe des *Traceabilitymodells* ist es nun allen an einem *Traceabilityprojekt* beteiligten Personen möglich, die *Traceabilityanforderungen* darzulegen. Dies wurde in praktischen *Traceabilityprojekten* und in der Kommunikation mit Kunden und Lieferanten durch die Anwender bestätigt.

Im ersten Teil des Kapitels wird der Unterschied zwischen statischen und dynamischen *Traceabilitydaten* erklärt. Um jene Daten in *Traceabilitysystemen* abzubilden, ist die Kennzeichnung der Produkte erforderlich. In welchem Detaillierungsgrad die Kennzeichnung zu erfolgen hat, wird im darauffolgenden Kapitel erklärt. Anschließend folgt eine detaillierte Beschreibung der Daten, die im *Traceabilitymodell* dargestellt werden.

## 6.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung von Produkten lässt sich in unterschiedlichen Detaillierungsgraden darstellen. Die unpräziseste Kennzeichnung im Modell ist die Produktkennung mit einer Herstellerkennzeichnung und dem Produkttyp. Feiner wird die Kennzeichnung, wenn zusätzlich noch eine Chargenkennung angebracht wird. Da jedoch auch der Begriff Charge nicht definiert ist, wird im Modell zwischen zwei Chargenkennzeichnungsmöglichkeiten unterschieden. Bei der Kennung „Chargen“ werden die Chargen häufig durch Zeiträume (z.B. Monat, Jahr) definiert, die Kennzeichnung „Chargen (Auftragsbezogene)“ hingegen richtet sich nach Fertigungsaufträgen in ERP-Systemen. Innerhalb dieser Fertigungsaufträge sind die Module der statischen *Traceability* identisch. Die detaillierteste Kennzeichnung erreicht man mittels eineindeutiger Seriennummer, über die Produkte eineindeutig identifizierbar werden. Der Detaillierungsgrad der Kennzeichnung steigt in Abbildung 7 von

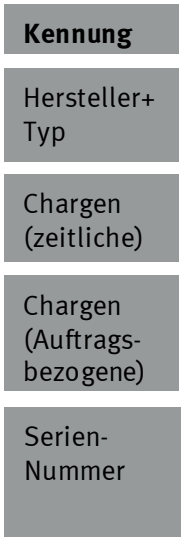



Abbildung 7: Kennzeichnung der Produkte

oben nach unten. Für die *Traceabilitymodule* gilt dies ebenso. Im Modell lässt sich somit in den Zeilen der Module ablesen, welche dazugehörige Produktkennzeichnung notwendig ist.

### 6.1.1 Kennzeichnung mit Hersteller und Produkttyp

Die gröbste Kennzeichnung[23] ist die Markierung des Bauteils mit der Herstellerkennzeichnung, wie etwa dem Namen oder dem Logo des Herstellers und eines Produkttyps. Diese Art der Kennzeichnung ist ausreichend, um Produkte, die von unterschiedlichen Herstellern stammen oder ähnliche Produkte desselben Herstellers, die sich nur durch den Typ unterscheiden, zu differenzieren.

> Definition Hersteller: Organisation oder Person die ein Produkt bereitstellt (vgl. DIN EN ISO 9000)
>
> Definition Typ: Gibt die Art des Produktes an (z.B. Serie, Baureihe, Modellnummer/Modellname).

### 6.1.2 Kennzeichnung mit Chargennummer

Feiner wird die Abgrenzung zwischen Produkten durch eine Chargenkennzeichnung[24], wobei die Festlegung, wie viele Produkte eine Charge beinhaltet, dem Hersteller freigestellt ist. In der Loskennzeichnungsverordnung wird beschrieben, dass gemäß der Verordnung eine „Chargen“ eine Gesamtheit von Verkaufseinheiten eines Lebensmittels ist, die unter praktisch gleichen Umständen erzeugt, hergestellt oder verpackt wurde (vgl. Loskennzeichnungsverordnung 2014). Auch Böse definiert die Charge als Menge eines Produktes, die unter einheitlichen Bedingungen entstanden ist (vgl. Böse und Uckelmann 2010). Mehr Interpretationsspielraum lässt der ZVEI zu, der eine Charge als eine zusammengehörige Einheit mit einer Nummerierung definiert (vgl. ZVEI 2009). Schönsleben sieht als Charge eine Anzahl bzw. Menge an produzierten oder beschafften Gütern, die zum Zweck und aus der Sicht eines Herkunftsnachweises

[23] Im Traceabilitymodell als Kennung bezeichnet.

[24] Auch „Loskennzeichnung“ oder „Batchkennzeichnung“ genannt.

nicht voneinander unterscheidbar sind (vgl. Schönsleben 2011). Er interpretiert somit die Chargenkennzeichnung überhaupt nur als Kennzeichnung mit dem Hersteller, womit jedoch Produkte vom selben Hersteller über Jahre hinweg dieselbe Kennzeichnung tragen würden und somit nicht unterscheidbar wären. Offen bleibt somit, was die oben von Böse und Schönsleben genannten „gleichen Umstände“ oder „einheitliche Bedingungen“ sind. Böse gibt zumindest den Hinweis, dass sich im Falle der diskontinuierlichen Produktion, Chargen durch einen zeitlich unterbrochenen Materialfluss auszeichnen (vgl. Böse und Uckelmann 2010).

Die Loskennzeichnungsverordnung lässt jedoch auch das Mindesthaltbarkeitsdatum als Chargenkennzeichnung zu, das sich jedoch nicht mit der Unterbrechung des Materialflusses decken muss. Auch bei Medizinprodukten fehlt die Definition des Begriffes, da selbst im Medizinproduktrecht keine spezielle Definition des Begriffs Charge aufzufinden ist (vgl. ZLG 2007).

Drews weißt auf weitere Einflussfaktoren hin, die einen Chargenkennungswechsel hervorrufen können:

- Werkzeugwechsel
- Chargenwechsel bei Zulieferteil oder Betriebsmittel
- Anfahren nach Bandstillstand
- Schichtwechsel
- Wechsel des Bedieners
- Änderung der Maschineneinstellungen/ Prozessparameter/ Umgebungsbedingungen

(vgl. Drews 2010)

Drews Einflussfaktoren treten im Fertigungsprozess jedoch häufig auf. So kann bei einem Fertigungsauftrag, in den 200 unterschiedliche Bauteiltypen einfließen, nahezu nach jeder Einzelproduktfertigung ein Chargenwechsel der Bauteile stattfinden, was somit zu einer neuen Charge nach jedem Einzelprodukt führen würde. Zur Vereinfachung der Chargenkennungslogik wird in dieser Arbeit empfohlen, in solchen Fällen eineindeutige Seriennummern zur Produktkennzeichnung zu verwenden.

Aufgrund der fehlenden eindeutigen Definition des Chargenbegriffes, werden im folgenden Kapitel Chargendefinitionen aufgeführt, die praktikabel umsetzbar sind und in den untersuchten Unternehmen zur Anwendung kommen. Abhängig vom Produkt ist die ausreichende Chargenmarkierung anhand einer Risikoanalyse des Produktes durchzuführen. Ferner sollte eine Charge generell so klein wie möglich gehalten werden, aber alle von einer Aktion betroffenen Produkte umfassen (vgl. Böse und Uckelmann 2010).

Da die Chargennummer vom Hersteller frei gewählt werden kann, ist eine zusätzliche Kennzeichnung mit Hersteller und Produkttyp erforderlich, um die markierten Produkte zu identifizieren (vgl. Böse und Uckelmann 2010).

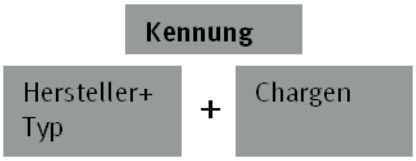



Abbildung 8: Chargenkennung

Unter die Kennzeichnungskategorie „Chargen“ fallen:

- Chargenkennzeichnungen, die zeitlich gesteuert werden:
  - Jahreskennung
  - Quartalskennung
  - Tageskennung
  - Schichtkennung
  - U.ä.
- Chargenkennzeichnungen, die mengenabhängig gesteuert werden
- Chargenkennzeichnungen, die von Änderungen der Stammdaten abhängig sind:
  - Stücklistenrevisionsänderung
  - Softwarerevisionsänderung
  - Neue Bauteilcharge
  - U.ä.
- Kombination aus den genannten Varianten

Definition des Begriffes Charge für die folgenden Kapitel:

Produkte einer Charge unterscheiden sich aufgrund vordefinierter Kriterien nicht.

#### 6.1.2.1 Zeitlich bedingte Chargenkennzeichnung

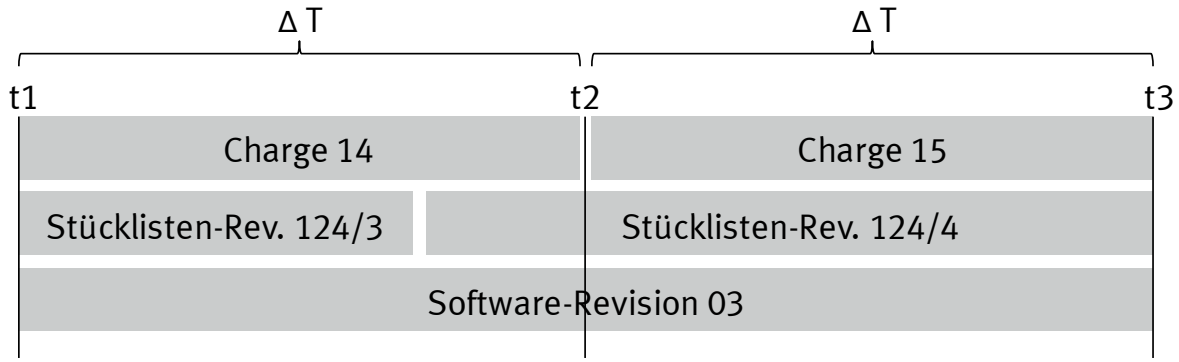



Abbildung 9: Zeitlich bedingte Chargenkennzeichnung

Beispiele für Δ T: 12 Monate, 3 Monate, 24h, 8h

Der Chargenkennungswechsel ist zeitlich gesteuert und erfolgt nach der Periode Δ T. Im Falle von Qualitätsproblemen innerhalb der Charge 14 ist nun nicht ersichtlich, ob die defekten Produkte mit dem Stücklistenstand 124/3 oder bereits mit dem Stücklistenstand 124/4 gefertigt wurden. Selbst wenn die Ursache für Qualitätsprobleme vom Stücklistenstand 124/4 abhängig ist, können die Produkte mit dem Stücklistenstand 124/3, die im Chargenzeitraum 14 gefertigt wurden, nicht von der Charge 14 mit Stücklistenstand 124/4 abgegrenzt werden.

Anwendung: Bei unkritischen Produkten, bei denen es kaum Änderungen der Stückliste, Software usw. gibt.

Anwendungsbeispiel der zeitlichen Chargenkennzeichnung:

- Gießuhr bei Gussteilen
- Lebensmittelindustrie (Haltbarkeitsdatum)

Bild 9: Gießuhr mit Produktionsmonat 1=Januar, 10= 2010

Alternativ dazu gibt es die Möglichkeit, die Chargenkennzeichnung in Abhängigkeit von Änderungen in der Stückliste, der Software, der Produktionsanlage oder ähnlichem zu setzen. In solchen Fällen ändert sich die Chargenkennung infolge einer Änderung von Modulen der *statischen Traceability*. Ob die Änderung der Chargenkennung von einem oder mehreren Kriterien, wie etwa Daten der *statischen Traceability* abhängt, ist mittels Risikoanalyse zu klären. Diese Möglichkeit wird in Kapitel „6.1.2.3 Von Steuerevents abhängige Chargen“ beschrieben.

### 6.1.2.2 Mengenabhängige Chargenkennzeichnung

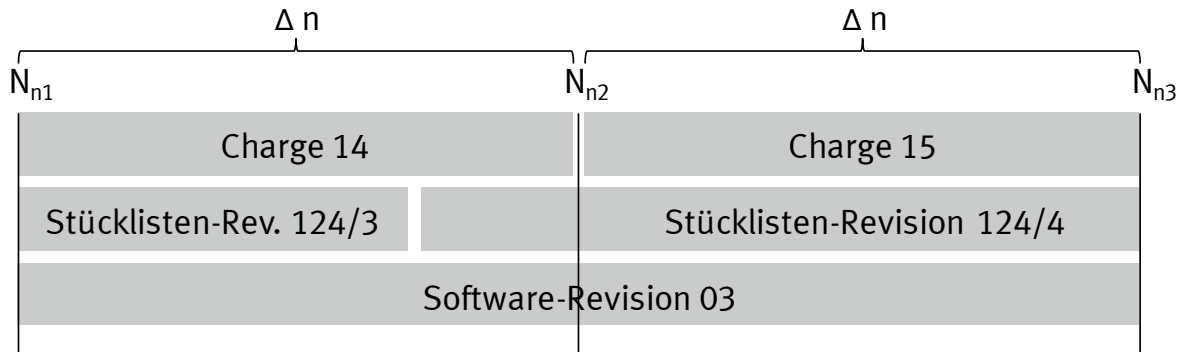



Abbildung 10: Mengenabhängige Chargenkennzeichnung

Der Chargenkennungswechsel erfolgt bei der mengenabhängigen Steuerung nach Erreichen der Produktionsmenge Δn. Zu beachten ist hierbei, dass z.B. Änderungen der Stückliste mit den Chargenkennungen in Bezug gebracht werden müssen. Daher muss dokumentiert werden, ab welcher Charge die Änderung der Stückliste durchgeführt wurde.

Anwendung: Bei unkritischen Produkten.

6.1.2.3 Von Steuerevents abhängige Chargenkennzeichnung

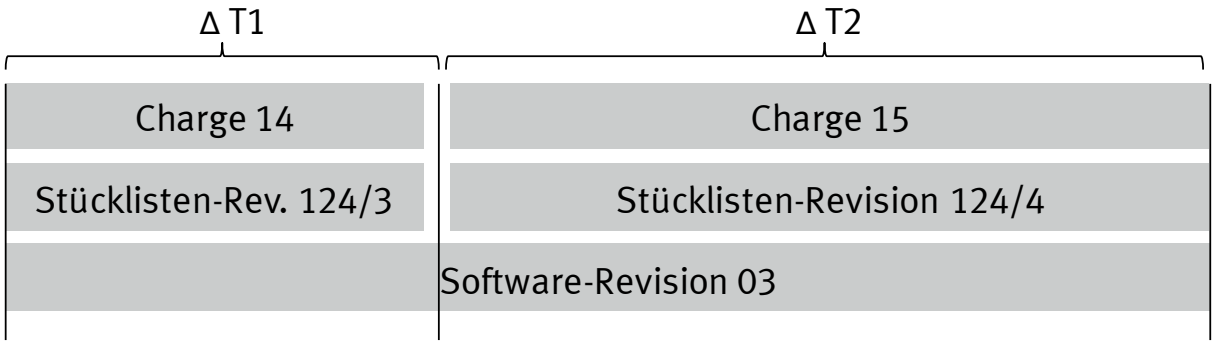



Abbildung 11: Auslösungsabhängige Chargenkennzeichnung

Als Auslöser für die Chargenänderung können Änderungen der Module der statischen *Traceability*, wie etwa eine Stücklistenänderung, Softwareänderung oder ähnliches gelten. Böse weißt insbesondere darauf hin, dass diese Revisionsverfolgung eine wesentliche Herausforderung der Chargenverfolgung ist (vgl. Böse und Uckelmann 2010). Zusätzlich kann auch noch das Event, dass eine neue Bauteilcharge in die Produktion einfließt, zu einer Änderung der Chargenkennung führen.

In Abbildung 11 ändert sich die Stückliste vom Revisionsstand 124/3 auf 124/4, weswegen eine Logik ausgelöst wird, die die Chargenkennung von 14 auf 15 erhöht. Ob im dargestellten Anwendungsfall auch die Änderung der Softwarerevision eine Erhöhung des Chargenzählers auslöst, ist in diesem Fall nicht festgelegt.

Anwendung: Bei kritischeren Produkten, die vermehrten Änderungen der Stücklisten, Softwarerevision u.ä. unterliegen und wenn eine direkte Verknüpfung zwischen Bauteilchargen und produziertem Produkt notwendig ist.

6.1.2.4 Kombinierter Chargenkennzeichnungswechsel

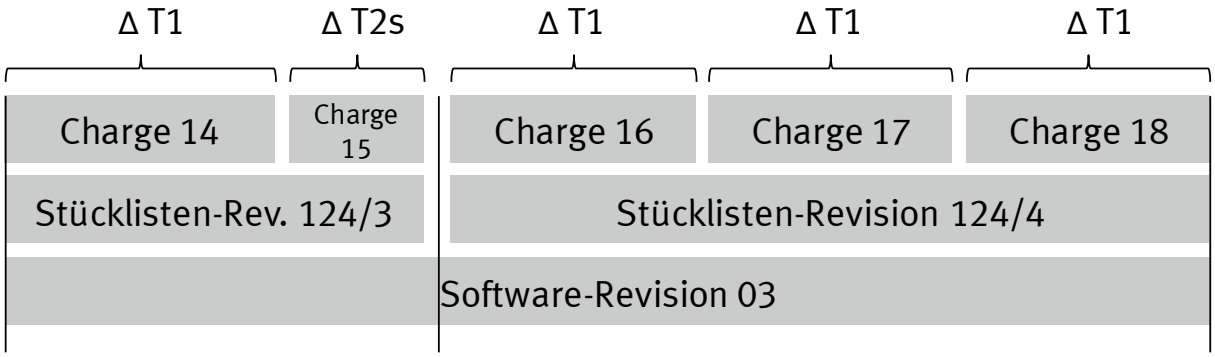



Abbildung 12: Kombinierter Chargenkennzeichnungswechsel

Die Chargenkennzeichnung ändert sich im beschriebenen Fall nach der Periode ΔT1. Im Falle einer Änderung der Stückliste wird die Chargenkennung, obwohl die Periode ΔT1 noch nicht aufgebraucht ist, erhöht, woraus sich die Charge 15 über den Zeitraum ΔT2s ergibt. Die Kombination der beiden Chargenkennzeichnungsvarianten ist sinnvoll, um bei unabsehbaren Ursachen innerhalb einer sonst regulären Chargenkennungszeit Abgrenzungen zu ermöglichen.

Anwendung: Bei kritischeren Produkten, deren Chargenkennzeichnung von Steuerevents abhängt, eine genauere Eingrenzung jedoch sinnvoll ist.

6.1.2.5 Chargenkennzeichnung Fertigungsauftrag

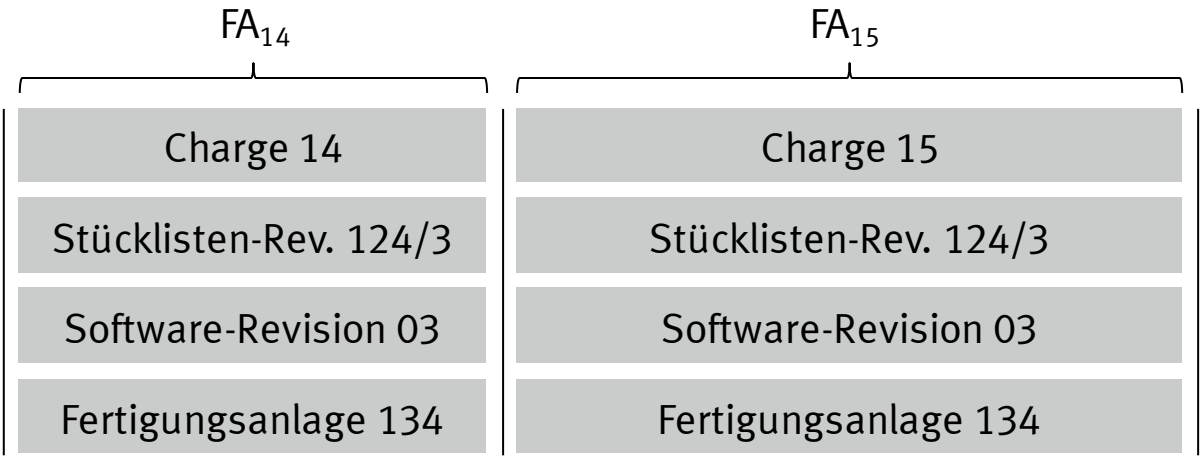



Abbildung 13: Chargenkennzeichnung Fertigungsauftrag

Die Chargenkennzeichnung (Auftragsbezogene) im Modell ist jene Chargengröße, innerhalb der alle festgelegten Kriterien der statischen *Traceability* gleichbleibend sind. Es kann somit zu keiner Änderung des Stücklistenstandes oder ähnlichem innerhalb eines Fertigungsauftrages kommen. Die Periode ΔT und die Anzahl der Teile Δn werden durch die Stückzahl des Fertigungsauftrages bestimmt. Innerhalb des Fertigungsauftrages werden alle Produkte mit der identen Stücklisten-, Software-, Zeichnungs-, Arbeitsplan- und Prüfplanrevision mit identen Werkzeugen und Messmitteln auf den gleichen Fertigungsanlagen mit gleicher Kundenkonfiguration gefertigt.

Anwendung: Bei kritischeren Produkten, zu denen die Module der statischen *Traceability* bekannt sein müssen oder wenn ein ERP-System[25] vorhanden ist.

Im nächsten Kapitel wird der nächste Detailierungsgrad, die eineindeutige Seriennummer beschrieben.

### 6.1.3 Kennzeichnung mit eineindeutiger Seriennummer

Die detaillierteste Art der Produktkennzeichnung stellt die Verwendung einer eineindeutigen Seriennummer dar. Um die Zuordnung des Produktes zu gewährleisten, ist wiederum die Kombination aus Herstellerkennung, Produkttyp und Seriennummer erforderlich (vgl. Böse und Uckelmann 2010).

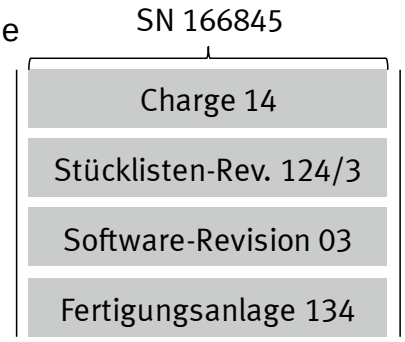



Abbildung 14: Kennzeichnung mit Seriennummer

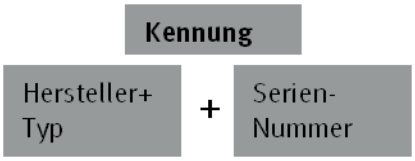



Abbildung 15: Kennzeichnung mit Hersteller+Typ+Seriennummer

[25] Enterprise-Resource-Planning-System

Über die eineindeutige Seriennummer können nun alle *Traceabilitymodule* der *statischen Traceability* und die direkte Zuordnung der *Bauteil-, Prozess-, Prüf-* und *Vertriebstraceability* umgesetzt werden.

### 6.1.4 Zusammenfassung der Produktkennzeichnung

Für die hier vorliegende Arbeit stellen sich vor allem die Fragen, wann und wie die für *Traceability* nötigen Daten entstehen und somit, welche Kennzeichnung erforderlich ist, um die *Traceabilitydaten* abbilden zu können. Das vorherige Kapitel hat die unterschiedlichen Kennzeichnungsarten aufgezeigt.

## 6.2 Statische und dynamische Traceability

Bezüglich der Daten, welche für *Traceability* herangezogen werden können, wird im vorliegenden *Traceabilitymodell* zwischen statischen und dynamischen Daten unterschieden. Diese Gliederung orientiert sich am Entstehungszeitpunkt der Informationen und betrifft auch ihre Änderungshäufigkeit.

- **Daten der statischen *Traceability***

  Statische Daten werden vor dem Auslösen des Produktionsauftrages definiert und unterliegen über einen längeren Zeitraum keinen Änderungen. Zusätzlich sind die Daten der statischen *Traceability* in typischen ERP-Systemen vorhanden, da sie für die Produktionsplanung genutzt werden. Diese können somit beim Auslösen des Fertigungsauftrages im *Traceabilitysystem* dokumentiert werden.

  Beispiel: Daten der Stückliste in der Serienproduktion

- **Daten der dynamischen *Traceability***

  Dynamische Daten entstehen erst während der Produktion und können ständigen Veränderungen unterworfen sein. Daher ist ein ständiger Datenrückfluss aus der Produktion in das *Traceabilitysystem* notwendig.

  Beispiel: Lieferanten-, Chargen- oder Einzeldaten, Prozess-, Prüf und Vertriebsdaten

Eine Trennung der statischen und dynamischen Daten ist auch Aufgrund der unterschiedlichen Aufwände für die Einführung sinnvoll. Besonders die statische *Traceability* lässt sich bei vielen Maschinenbauunternehmen, die ein ERP-System im

Einsatz haben, bereits durch eine Produktkennzeichnung, die den Bezug zum Fertigungsauftrag herstellt, umsetzen. Wenn TDM-Systeme[26] oder CAQ-Systeme[27] verfügbar sind, lassen sich diese Daten über die statische *Traceability* verknüpfen, wodurch ein zusätzlicher Nutzen entsteht. Um die dynamische *Traceability* abzubilden, ist das Verzahnen von mehreren Produktionssystemen notwendig. Auf der gröbsten Ebene der dynamischen *Traceability* sind teilweise noch die Funktionen des ERP-Systems ausreichend. Wenn jedoch detailliertere Daten erfasst werden müssen, sind meistens zusätzliche Subsysteme erforderlich. Erst in den letzten Jahren sind MES-Systeme vermehrt im Einsatz, die Einzelsysteme der dynamischen *Traceability* ersetzen können. Einzelsysteme für die detailliertere dynamische *Traceability* können unter anderem sein: Warehousemanagementsysteme, Chargenverwaltungssysteme, Prüfdatensysteme und Anlagenleitsysteme.

Die Trennung in statische und dynamische *Traceability* hilft auch bei der Abgrenzung, welche Daten über Unternehmensgrenzen hinweg sinnvoll weitergegeben werden können. Bis auf wenige Ausnahmen und nur wenn die Unternehmen eng miteinander verzahnt sind, macht es Sinn, Daten der dynamischen Rückverfolgbarkeit über Unternehmensgrenzen hinweg weiter zu geben. Daten der statischen Rückverfolgbarkeit sind einfach verständlich und können entweder über das Typenschild oder über IT-Schnittstellen weiter gegeben werden und vom nachgelagerten Unternehmen interpretiert werden.

[26] Tool Data Management-Systeme

[27] Computer Aided Quality-Systeme

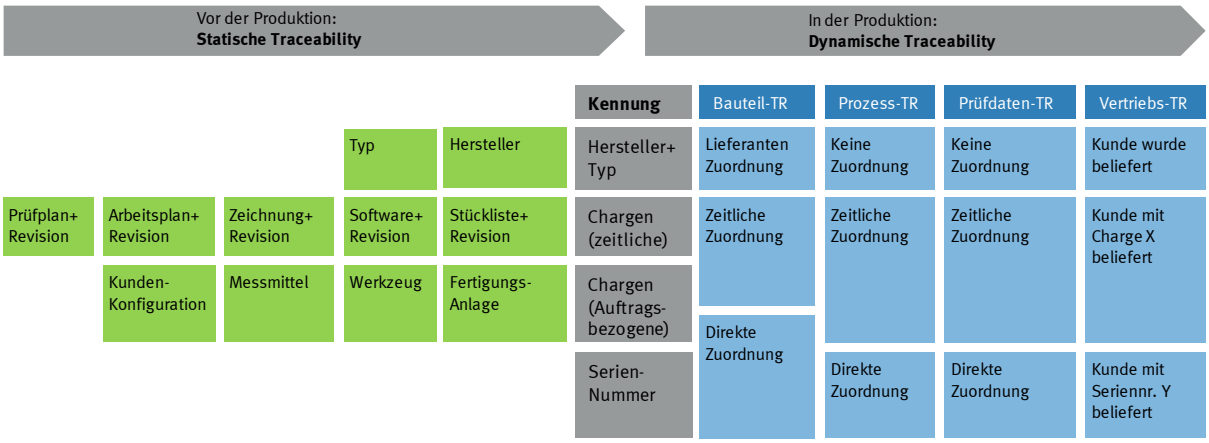



Abbildung 16: Das Traceabilitymodell[28]

In den folgenden zwei Unterkapiteln (6.2.1 Statische Traceability und 6.2.2 Dynamische Traceability) wird auf die gerade angeführte Grafik[29], die das *Traceabilitymodell* darstellt, genauer Bezug genommen.

## 6.2.1 Statische Traceability

Auf der linken Seite des Modells sind jene Daten angeordnet, die vor oder beim Auslösen des Fertigungsauftrages festgelegt werden. Die dargestellten Daten sind Module des *Traceabilitymodells*. Je nach Detaillierungsgrad der Kennzeichnung lassen sich unterschiedliche Module der statischen *Traceability* umsetzen.

**Grober Detaillierungsgrad:**

Wenn auf dem Produkt der Hersteller und der Produkttyp vermerkt sind, lassen sich daraus die statischen Module „Hersteller“ und „Typ“ ableiten.

**Mittlerer Detaillierungsgrad:**

Wenn als Markierung eine Chargenkennung (siehe Kapitel „6.1.2 Kennzeichnung mit Chargennummer“) zum Einsatz kommt, so lassen sich nachfolgend angeführten Daten mit dem Produkt verknüpfen.

---

[28] Das Traceabilitymodell wurde erstmals 2014 im Zuge des Wiener Produktionstechnik Kongresses von Sebastian Lichtenberger präsentiert (siehe hierzu den Beitrag im Tagungsband: Lang und Lichtenberger: Das Traceabilitymodell für den Maschinenbau 2014)

[29] Die Grafik ist im Anhang in voller Größe dargestellt.

#### 6.2.1.1 Stückliste und Revision[30]

Unter Stückliste und Revision versteht man jene Daten, die die Stückliste und deren Revision nachvollziehen lassen, mit welchem Stücklistenstand das Produkt produziert wurde. Stücklisten mit den dazugehörigen Zeichnungen ändern sich i.d.R. über den Produktionszeitraum eines Produkttyps. Wenn die Änderungen die Produkteigenschaften nicht wesentlich verändern, kommt es zu keiner Typenänderung des Produktes, weswegen die Rückverfolgbarkeit der Stücklistenrevision nur über eine Chargenkennzeichnung möglich ist.

Typische Informationen einer Stückliste und deren Positionen:

- Identnummer des Bauteils
- Menge und Einheit der Bauteile
- Alternative Bauteile
- Referenzen zum Arbeitsgang

(vgl. Kittl 2014)

#### 6.2.1.2 Software und Revision

Unter Software und deren Revision versteht man die Software- und Firmware-Revision mit der ein Produkt programmiert wird. Im selben Maße, wie sich Stücklistenrevisionen ändern können, sind auch Software- und Firmware- Revisionen über den Produktionszeitraum eines Produktes Veränderungen unterworfen. Da die Software-Revision einen besonders großen Einfluss auf die Eigenschaften eines Produktes hat, ist die Rückverfolgbarkeit der Software-Revision sinnvoll (vgl. Böse und Uckelmann 2010). Software-Revisionen können in den Stücklisten hinterlegt sein und sich über Stücklistenrevisionen nachvollziehen lassen. Es gibt jedoch auch Systeme, in denen die Software und deren Revisionen außerhalb der Stückliste gepflegt werden.

[30] Revision gibt die Version eines Dokuments einer Software oder ähnlichem an.

#### 6.2.1.3 Zeichnung und Revision

Als Zeichnung wird die technische Zeichnung, die das Bauteil, die Baugruppe oder das Produkt darstellt, verstanden. Aus unterschiedlichen Gründen können sich Zeichnungen ändern, sodass die Revision der Zeichnung für die Produkteigenschaften relevant ist.

Da die Stückliste und die Zeichnung im Bezug zur *Traceability* immer gleichwertig sind, wird in den folgenden Kapiteln nur noch auf die Stückliste Bezug genommen.

#### 6.2.1.4 Arbeitsplan und Revision

Der Arbeitsplan beschreibt, wie die Produktionsabläufe abgehandelt werden sollen. Aufgrund von Optimierungen des Fertigungsprozesses verändert sich dieser. Da der Montageprozess wesentlich für die Produktqualität mitverantwortlich ist, ist das nachvollziehen der verwendeten Arbeitsplanrevision sinnvoll.

Typische Information zum Arbeitsplan und dessen Arbeitsgänge:

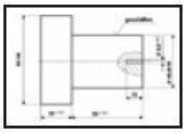
- Arbeitsgangnummer
- Arbeitsgangbezeichnung
- Arbeitsgangtext
- Technologisch bedingte Liegezeit
- Zuordnung zur Stücklistenposition

(vgl. Kittl 2014)

#### 6.2.1.5 Prüfplan und Revision

Der Prüfplan enthält Prüfspezifikationen, -anweisungen sowie -ablaufpläne und muss vor Beginn der tatsächlichen Prüfung vorliegen (Brüggemann und Bremer 2012). Wie bei den vorab genannten Modulen kann sich der Prüfplan über den Produktionszeitraum ändern. Deswegen ist die Rückverfolgbarkeit der Prüfplanrevision ebenfalls sinnvoll, um gegebenenfalls zu beurteilen, ob die Qualitätssicherungsmaßnahmen während der Produktion ausreichend waren. Prüfpläne können sich beispielsweise ändern, wenn der Produktionsprozess nach dem Produktionsstart als stabil eingestuft wird.

**Prüfplan** — Prüfplannr.: 4213

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bauteil: | **Führungsrolle** | erstellt von: | A. Meyer |
| Zeichnungs-Nr.: | 0500aB | Version: | 23.03.2011 |
| |  | Anzahl zu prüfender Merkmale: | 8 |
| | | Benötigte Hilfsmittel: | Grenzrachenlehre<br>Messschieber<br>Mikrometerschraube<br>Grenzlehrdorn |
| Arbeitsfolge: | **AF1, AF2, AF3** | | |
| Maschine: | | | |

**Prüfmerkmale**

| Nr. | nach Arbeitsfolge | Prüfmerkmal | Nennwert/ Toleranz | Prüfmittel | Prüfumfang (SPC) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | AF1: Sägen | Länge: 80 mm | 81 mm | Messschieber | 1 Teil vom Los |
| 2 | AF2: Drehen | Passung 85h6 | 85 mm | Grenzrachenlehre | SPC, jedes 5. Teil |
| 3 | | Ø69,9 mm | 70+0,1 mm | Mikrometerschraube | 100% Prüfung |
| 4 | | Länge: 80 mm | 80 mm | Messschieber | SPC, jedes 5. Teil |
| 5 | | Länge: 30 mm | 30 mm | Messschieber | SPC, jedes 5. Teil |
| 6 | | Ø4,9 mm | 4,9 mm | Grenzdorn | SPC, jedes 5. Teil |
| 7 | AF3:Schleifen | Ø69,9 mm | 69,9 mm | Mikrometerschraube | 100% Prüfung |
| 8 | | Oberfläche | Rz 25 | Stichprobe | 100% Prüfung |

Bild 10: Beispiel eines Prüfplans

(Brüggemann und Bremer 2012)

Wenn die Chargenmenge ein Fertigungsauftrag ist (6.1.2.5 "Chargenkennzeichnung Fertigungsauftrag"), lassen sich folgende Module umsetzen:

### 6.2.1.6 Fertigungsanlage

Als Fertigungsanlage gelten Maschinen, Montageplätze und Bearbeitungsplätze. Über das Modul Fertigungsanlage lassen sich die Fertigungsanlagen nachvollziehen, auf denen die Bearbeitung eines Produktes stattgefunden hat. Insbesondere wenn mehrere Fertigungsanlagen für Produkte zur Verfügung stehen, kann die Nachvollziehbarkeit der genutzten Fertigungsanlage sinnvoll sein, um Produkte, die auf unterschiedlichen Anlagen gefertigt wurden, voneinander zu unterscheiden.

### 6.2.1.7 Werkzeug

Unter Werkzeug versteht man Werkzeuge und Vorrichtungen, die für die Produktion des Produktes genutzt werden. Werkzeuge können über unterschiedliche Systeme verwaltet werden. Die Verwaltung kann über den Arbeitsplan oder die Stückliste

erfolgen (vgl. Kittl 2014). Außerdem lassen sich Werkzeuge und Vorrichtungen über das TDM-System[31] verwalten und somit mit Produkten verknüpfen.

#### 6.2.1.8 Messmittel

Als Messmittel gelten jene Produktionsmittel, mit denen die Produktmerkmale geprüft werden. Das Modul Messmittel erfüllt die Rückverfolgbarkeit verwendeter Mess- und Prüfmittel. Wenn festgestellt wird, dass Messmittel die Anforderungen während der Produktprüfung nicht erfüllen (z.B. durch Beschädigung), fordert die DIN 9001 geeignete Maßnahmen für alle betroffenen Produkte (vgl. DIN EN ISO 9001). Um die betroffenen Produkte, die mit einem defekten Messmittel geprüft wurden, einzugrenzen, ist das Modul Messmittel sinnvoll.

#### 6.2.1.9 Kundenkonfiguration

Die Kundenkonfiguration ist die Konfiguration, mit der ein Produkt ausgeliefert wird. Kundenkonfigurationen können über Chargen, wenn innerhalb der Charge nur gleiche Konfigurationen produziert werden, oder über eine Chargenproduktion mit anschließender Adaptierung an die Kundenkonfiguration möglich sein. Wenn die gesamte Charge mit derselben Kundenkonfiguration ausgeliefert wird, ist eine Chargenkennzeichnung ausreichend. Im Sonderfall der auftragsspezifischen Generierung von Stücklisten, Zeichnungen, Software, Arbeitsplänen und Prüfplänen, oder wenn keine Stammstücklisten usw. für das Produkt bestehen, ist dies wie eine Kundenkonfiguration zu handhaben.

[31] Tool-Data Management System

### 6.2.2 Dynamische Traceability

Auf der rechten Seite des *Traceabilitymodells* sind die Module der dynamischen *Traceability* angeordnet. Die Spalten zeigen vier Ausprägungen der *Traceability* auf, die einen Produktionsprozess beschreiben. Diese vier Arten der *dynamischen Traceability* sind in der Einflussanalyse aufgetreten:

- *Bauteiltraceability*
- *Prozesstraceability*
- *Prüfdatentraceability*
- *Vertriebstraceability*

Die vier Spalten sind in drei unterschiedliche Detaillierungsgrade gegliedert. Die erste Detailierungsebene (von oben nach unten gelesen) gibt die gröbsten Daten an, bei denen nur ein Bezug zum Produkttyp möglich ist. Die zweite Detailierungsebene stellt die Verknüpfung mit einer zeitlichen Zuordnung dar. Im Diagramm unterhalb ist auf der X-Achse der Zeitverlauf dargestellt. Damit lässt sich abschätzen, in welchem Zeitraum welche Bauteile verwendet wurden, welche Prozess- und Prüfdaten dabei entstanden und welche Kunden beliefert wurden.

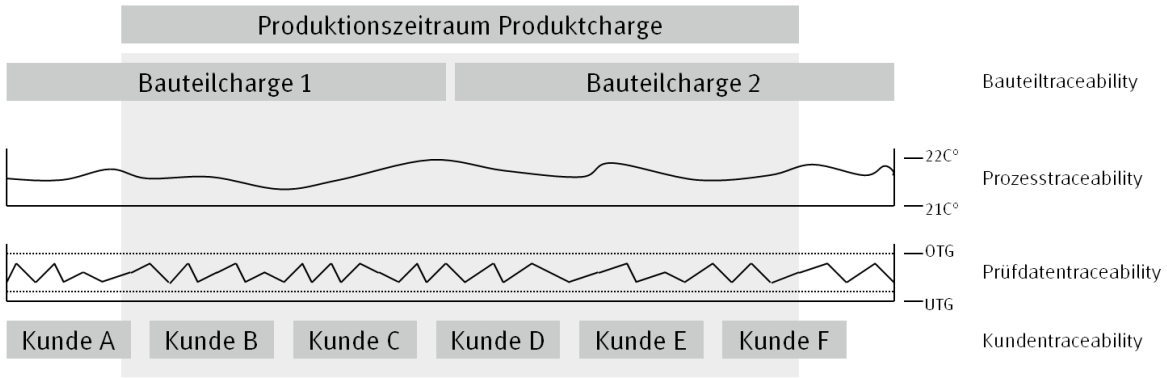



Abbildung 17: Übersicht - Dynamische Traceability

Die dritte Detaillierungsebene stellt eine direkte Verknüpfung zwischen den Daten und dem Produkt dar. Hierbei handelt es sich um eine direkte Zuordnung unterschiedlichster Daten, die ein Produkt betreffen, von Bauteilchargen, Prozess-, und Prüfdaten, bis hin zu den Kundendaten.

#### 6.2.2.1 Bauteiltraceability

Die *Bauteiltraceability* ist neben der *Prüfdatentraceability* die häufigste Ausprägung von *Traceabilitydaten*. Hierbei werden Bauteile anhand von Chargenkennzeichnungen oder Einzelteil-Kennzeichnungen erfasst und mit dem Produkt verknüpft.

Abbildung 18: Bauteiltraceability

**Grober Detaillierungsgrad:**

Die gröbste Stufe der *Bauteiltraceability* findet sich in der Lieferantenzuordnung (z.B. VO 1935/2004). Hierbei wird dokumentiert, wer die möglichen Lieferanten verwendeter Bauteile eines Produktes sind.

**Mittlerer Detaillierungsgrad:**

Eine detailliertere Möglichkeit der *Bauteiltraceability* ist die zeitliche Zuordnung. Über einen Zeitstempel lassen sich an unterschiedlichsten Positionen des Warenflusses (Anmeldung am Wareneingang, Kommissionierung im Lager, Anmeldung im Produktionslager usw.) Bauteilbewegungen rückverfolgen und somit der Verwendungszeitraum von Bauteilen eingrenzen. Diese Bewegungsdaten können sowohl zwischen Produktionsunternehmen erfolgen, über das Kanban-System[32] zwischen dem Lager und dem Produktionslager, oder sogar zwischen dem Produktionslager und dem Montageplatz.

**Feiner Detaillierungsgrad:**

Die detaillierteste Art der *Bauteiltraceability* ist die direkte Zuordnung. Diese kann im Unterschied zu den anderen Arten der *Traceability* auch auf Chargenebene erfolgen. Das Modul ermöglicht, Bauteilchargen einer Produktcharge, Bauteilchargen einem Produkt oder einzelne Bauteile einem Produkt zuzuordnen.

[32] Methode für die Versorgung mit Bauteilen

### 6.2.2.2 Prozess- und Prüfdatentraceability

Aufgrund der Ähnlichkeit der beiden Ausprägungen *Prozess-* und *Prüfdatentraceability*, werden diese in einem Punkt zusammengefasst. Als Prozessdaten gelten Daten, die während des Produktionsprozesses oder Logistikprozesses innerhalb einer Produktionsstufe entstehen. Prüfdaten sind die Ergebnissdaten der Produktprüfung.

Abbildung 19: Prozess- und Prüfdatentraceability

**Grober Detaillierungsgrad:**

Bei der gröbsten Stufe der beiden Arten werden die Ergebnisse der Prozess- und Prüfdaten dokumentiert. Diese können im Nachhinein jedoch nur mit dem Produkttyp in Verbingung gebracht werden.

**Mittlerer Detaillierungsgrad:**

Einen mittleren Detaillierungsgrad bietet die zeitliche Zuordnung, bei der eine Zuordnung der Prozess- und Prüfergebnisse zu mehreren Produkten eines Produktionszeitraumes möglich ist.

**Feiner Detaillierungsgrad:**

Beim hohen Detaillierungsgrad ist eine direkte Zuordnung der Prozess- und Prüfdaten zu einem eineindeutigen Produkt möglich.

### 6.2.2.3 Vertriebstraceability

Die *Vertriebstraceability* soll den weiteren Vertriebsprozess nach dem Abschluss des Produktionsprozesses dokumentieren. Sie gliedert sich ebenfalls in drei Detaillierungsgrade.

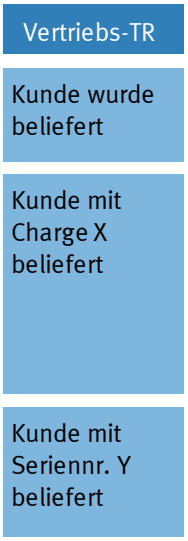



Abbildung 20: Vertriebstraceability

**Geringer Detaillierungsgrad:**

Als gröbste Stufe ist das Modul „Kunde wurde beliefert“ zu sehen. Mit Hilfe dieses Moduls lässt sich nachvollziehen, dass ein Kunde mit

einem Produkt (-Typ) beliefert wurde. Es lässt sich jedoch nicht eruieren, mit welcher Stücklistenrevision, Software-Revision usw. das Produkt zum Kunden geliefert wurde.

**Mittlerer Detaillierungsgrad:**

Etwas detaillierter ist das Modul „Kunde mit Charge X beliefert“. Je nachdem wieviele Informationen über eine Charge bekannt sind, lässt sich ableiten, welche Kunden mit Produkten mit bestimmten Produkteigenschaften beliefert wurden. Dadurch lässt sich z.B. nachvollziehen, dass die Kunden Mair und Lang mit der Software-Revision 4 und Kunde Müller mit der Software-Revision 5 beliefert wurden.

**Feiner Detaillierungsgrad:**

Am detailliertesten ist das Modul „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“. Dieses Modul ermöglicht es, eine Eins Zu Eins Beziehung zwischen dem Produkt und dem Kunden herzustellen.

## 6.3 Modellerstellung

Als Darstellung des Modells wurde der Morphologische Kasten gewählt, da sich die Erstellung wie von Huber beschrieben, mit der hier gewählten Vorgehensweise deckt. Huber beschreibt die Vorgehensweise zur Erstellung eines Morphologischen Kastens folgendermaßen: „Zu Beginn wird das Forschungsproblem definiert, analysiert und in wesentliche Teilaspekte zerlegt“ (Huber et al. 2009). Ein weiterer Vorteil der Anwendung des Morphologischen Kastens für das *Traceabilitymodell* ist, dass das Prinzip auf der möglichst vollständigen Auflistung aller denkbaren Varianten von Beziehungen zwischen Variablen basiert (vgl. Ophey 2005). Für die Darstellung der dynamischen *Traceability* lässt der Morphologische Kasten die unterschiedlichen Ausprägungen (vgl. Huber et al. 2009) der *Traceability* (*Bauteil-, Prozess-, Prüfdaten- und Vertriebstraceability*) zu.

Für die Darstellung der *Traceabilityanwendungen* im *Traceabilitymodell* werden fünf unterschiedliche Farbkennzeichnungen genutzt:

| | Umsetzung des Moduls nicht nötig | Umsetzung des Moduls nötig | Umsetzung des Moduls ist optional |
|---|---|---|---|
| Statische Traceability | | | |
| Dynamische Traceability | | | |

Abbildung 21: Farben der Modelldarstellung

Alternativ zur finalen Darstellung wurden mehrere Darstellungsmöglichkeiten angedacht, wie zum Beispiel ein aufsteigendes Stufenmodell und die Darstellung anhand von Nummerncodes. Diese wurden vom Lenkungskreis jedoch als nicht praktikabel angesehen und somit verworfen.

### 6.3.1 Stufenmodell

Das Stufenmodell sieht vor, die unterschiedlichen Kombinationen der statischen und dynamischen *Traceability* anhand von Stufen zu nummerieren. Die Stufe 1 wäre z. B. die Rückverfolgbarkeit des Herstellers, Stufe 2 stellt die Rückverfolgbarkeit des Herstellers und des Produkttyps dar. Gehen wir z.B. weiter zu Stufe 16, so befinden sich bereits die Rückverfolgbarkeit aller Module der statischen *Traceability*, die „direkte Bauteilzuordnung“, die „zeitliche Zuordnung der Prüfdaten“ und „Kunde wurde beliefert“ auf dieser Ebene.

Aufgrund der hohen Varianz der *Traceabilitymöglichkeiten* hat sich das Stufenmodell als unübersichtlich und somit als nicht praktikabel herausgestellt, weswegen es bereits nach dem ersten Anwendungsversuch verworfen wurde.

### 6.3.2 Nummerncodes

Die Bestimmung der nötigen *Traceability* anhand von Nummerncodes ist überhaupt nur bei der dynamischen *Traceability* sinnvoll. So wäre es z.B. möglich, die Ausprägung der dynamischen *Traceability* mit dem Nummerncode 3112 zu bezeichnen. Die erste Stelle des vierstelligen Codes ergibt den Detaillierungsgrad, also die Zeile in der Matrix. Beim Nummerncode 3112 würde die erste Ziffer für die dritte Zeile der ersten Spalte stehen, die folgenden beiden Ziffern für die beiden

folgenden Spalten, in diesem Fall für die ersten Zeilen und die letzte Ziffer steht für die vierte Spalte, in diesem Fall für die Zeile zwei.

Abbildung 22: Alternative Modellbeschreibung mit Nummerncodes 3112

In unterschiedlichen Projektbesprechungen zum Thema *Traceability* zeigte sich jedoch, dass die Darstellung anhand von Farbmarkierungen direkt im Modell für alle Teilnehmer am praktikabelsten ist, weswegen diese Darstellung weiter genutzt wird.

## 6.4 Verständliche Praxisbeispiele

Das *Traceabilitymodell* wird im folgenden Kapitel anhand von zwei Beispielen erklärt, um die Anwendung zu veranschaulichen. Hierfür wurden zwei unterschiedliche Produkte, die keine besonderen Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit stellen, ausgewählt:

### 6.4.1 Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Sechskantschraube

Schrauben, die nach der DIN 898 gefertigt werden, erfordern die Kennzeichnung mit dem Herstellerzeichen (a) und dem Kennzeichen der Festigkeitsklasse (b).

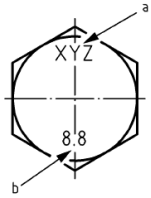



Bild 11: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube 1

[vgl. DIN 989]

| | | | | | Kennung | Bauteil-TR | Prozess-TR | Prüfdaten-TR | Vertriebs-TR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typ | Hersteller | Hersteller+ Typ | Lieferanten Zuordnung | Keine Zuordnung | Keine Zuordnung | Kunde wurde beliefert |
| Prüfplan+ Revision | Arbeitsplan+ Revision | Zeichnung+ Revision | Software+ Revision | Stückliste+ Revision | Chargen (zeitliche) | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Kunde mit Charge X beliefert |
| | Kunden-Konfiguration | Messmittel | Werkzeug | Fertigungs-Anlage | Chargen (Auftrags-bezogene) | Direkte Zuordnung | | | |
| | | | | | Serien-Nummer | | Direkte Zuordnung | Direkte Zuordnung | Kunde mit Seriennr. Y beliefert |

Abbildung 23: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ

Über die Kennzeichnung mit dem Herstellerzeichen (a) ist der Hersteller und über die Festigkeitsklasse und die Form der Schraube (z.B. M6) der Schraubentyp rückverfolgbar.

In besonderen Anwendungsfällen kann es vorkommen, dass spezielle Prüfungen von Schrauben vorliegen müssen. Hierzu besagt die DIN 989, dass jede zusätzliche, vom Kunden geforderte Prüfung bei der Auftragsstellung vereinbart werden muss (vgl. DIN 989). Um die Werkstoffdaten und die Prüfergebnisse dem Produkt zuordnen zu können, ist eine zusätzliche Kennzeichnung mit der Serienkennzeichnung notwendig. Die Zuordnung zum gewünschten Prüfzertifikat (häufig Abnahmeprüfzeugnis 3.1) erfolgt bei Schraubenherstellern über eine Kombination aus:

- Serienkennzeichnung[33]
- Durchmesser der Schraube
- Länge der Schraube.

(Vgl. Scheuermann 2013)

[33] Die Serienkennzeichnung bezeichnet in diesem Fall die Serie und ist somit wie eine Charge zu verstehen.

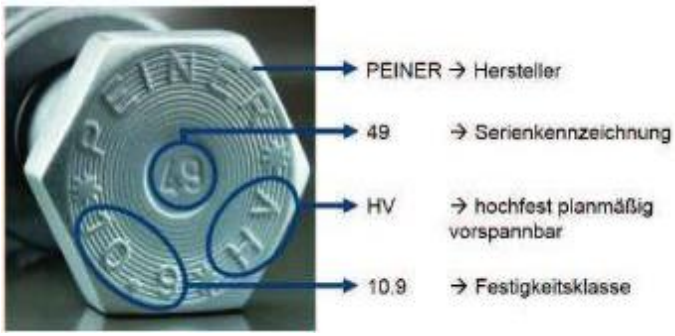



Bild 12: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube 2

(Scheuermann 2013)

| | | | | | Kennung | Bauteil-TR | Prozess-TR | Prüfdaten-TR | Vertriebs-TR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typ | Hersteller | Hersteller+ Typ | Lieferanten Zuordnung | Keine Zuordnung | Keine Zuordnung | Kunde wurde beliefert |
| Prüfplan+ Revision | Arbeitsplan+ Revision | Zeichnung+ Revision | Software+ Revision | Stückliste+ Revision | Chargen (zeitliche) | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Kunde mit Charge X beliefert |
| | Kunden-Konfiguration | Messmittel | Werkzeug | Fertigungs-Anlage | Chargen (Auftrags-bezogene) | Direkte Zuordnung | | | |
| | | | | | Serien-Nummer | | Direkte Zuordnung | Direkte Zuordnung | Kunde mit Seriennr. Y beliefert |

Abbildung 24: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube

## 6.4.2 Rückverfolgbarkeit am Beispiel der Bohrmaschine

### 6.4.2.1 Bohrmaschine mit geringer Rückverfolgbarkeitsforderung

Da das Beispiel der Schraube nur ein einfaches Bauteil beschreibt, soll anhand einer Bohrmaschine die Systematik des *Traceabilitymodells* eines Produktes, welches aus mehreren Komponenten besteht, erklärt werden. Die fiktive Bohrmaschine, hergestellt von der MusterGmbH, entspricht dem Typ MX320 mit der Teilenummer 1445. In dieser Bohrmaschine befindet sich ein Motor des Types LGM-441 (Teilenr. 78224) von Lieferant A oder Lieferant B, die Elektronikplatine (Teilenr. 34554) des Lieferanten C und weitere Komponenten.

Da der Hersteller keine besonderen Rückverfolgbarkeitsmaßnahmen getroffen hat, kennzeichnet er die Bohrmaschine nur mit einem Typenschild.

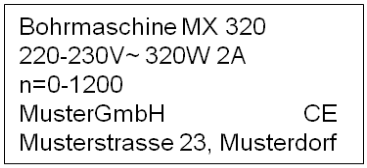



Abbildung 25: Typenschild

Anhand des Typenschildes lässt sich rückverfolgen, dass die Bohrmaschine vom Typ MX 320 von der MusterGmbH produziert oder in Verkehr gebracht worden ist. Anhand des Typs der Bohrmaschine MX 320 lässt sich auf eine oder mehrere Stücklisten und deren Revisionen schließen. Der Typ MX 320 wurde beim Hersteller immer mit einem KGM-441 Motor mit der Teilenummer 78224 und einer Elektronikplatine mit der Teilenummer 34554 gebaut. Geringe konstruktive Änderungen im Produktionszeitraum, welcher über mehrere Monate ging, wurden in neuen Stücklistenrevisionen hinterlegt, jedoch ist die Zuordnung zwischen dem Typ MX 320 und der Stückliste und deren Revision nicht möglich. Die restlichen Angaben am Typenschild sind Anforderungen der Maschinenrichtlinie (CE-Kennzeichnung, Leistung, Adresse des Herstellers bzw. Inverkehrbringers)

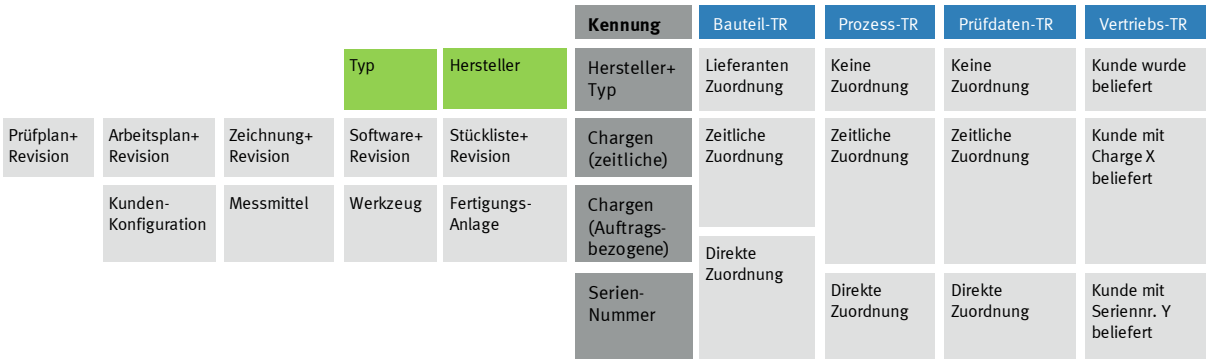



Abbildung 26: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ

### 6.4.2.2 Bohrmaschine mit hoher Rückverfolgbarkeitsforderung

Da der Hersteller einen Rückruf der Bohrmaschine durchführen musste, weil einer der zwei Motorenlieferanten Qualitätsprobleme in der Produktion hatte, wurde ein detaillierteres Rückverfolgbarkeitssystem implementiert.

Die Kennzeichnung am Typenschild wurde durch eine eineindeutige Seriennummer ergänzt und die Chargendaten, wie „Stücklisten und Revision“, „Arbeitsplan und

Revision“ und „Prüfplan und Revision“, mit der Seriennummer verknüpft. Die kritischen Bauteile, wie der Motor und die Elektronik, wurden mittels Chargenkennung mit der eineindeutigen Seriennummer der Bohrmaschine verknüpft. Im Prüfprotokoll werden die Ergebnisse diverser Prüfungen (z.B. Anlaufstrom) über die eineindeutige Seriennummer der Bohrmaschine hinterlegt. Im Falle von Qualitätsproblemen bei einem Motorenlieferant können nun zumindest die Seriennummern der Bohrmaschinen, welche einen Motor des betroffenen Lieferanten beinhalten, identifiziert werden. Abhängig von der Chargenverfolgung des Motorenlieferanten, können sogar noch Abgrenzungen zwischen den Seriennummern mit dem gleichen Motorenlieferant durchgeführt und die Rückrufmenge nochmals reduziert werden.

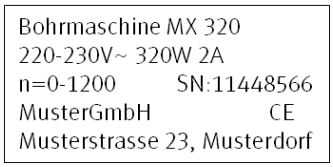



Abbildung 27: Typenschild mit Seriennummer

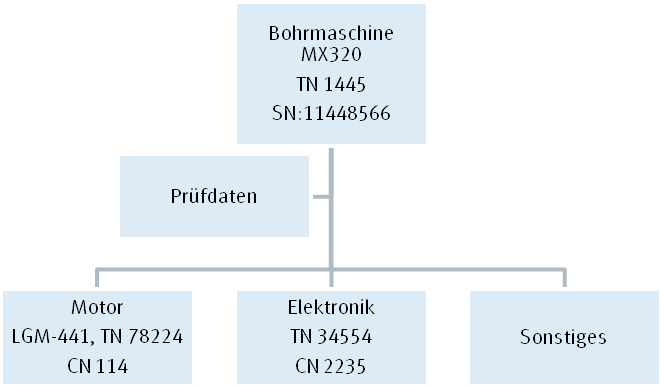



Abbildung 28: Hierarchie der Bohrmaschine

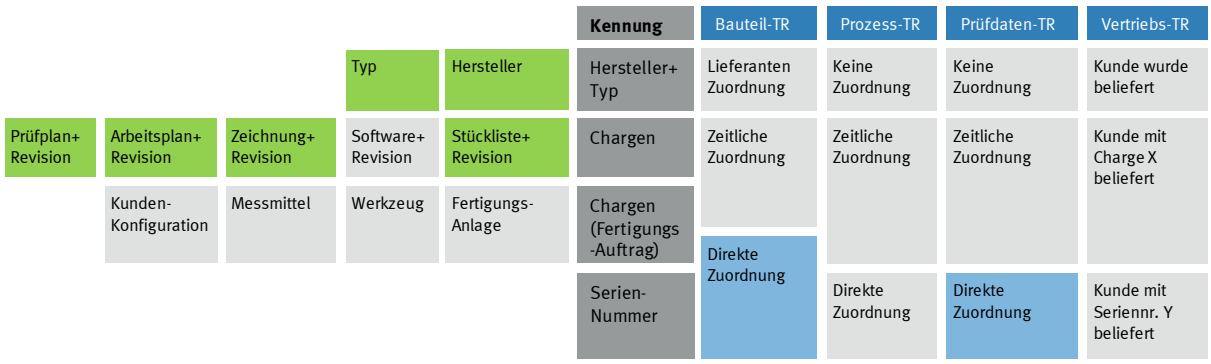



Abbildung 29: Traceabilitymodell bei einer Bohrmaschine

## 6.5 Modellanwendung bei diskreter Fertigung

Als diskrete Fertigung wird jene Fertigung bezeichnet, bei der Produkte in zählbaren Einheiten (z.B. Stück, Meter) hergestellt werden (Hesseler und Görtz 2009). Bei der diskreten Fertigung kann das *Traceabilitymodell* in allen Ausprägungen angewendet werden, da zwischen den Produkten differenziert werden kann und somit immer eine Zuordnung der Module des *Traceabilitymodells* zur Produktkennung der Produkte umsetzbar ist.

## 6.6 Modellanwendung bei kontinuierliche Fertigung

Bei der kontinuierlichen Fertigung werden Produkte ohne zeitliche Unterbrechung nacheinander gefertigt. Beispielhaft für die kontinuierliche Fertigung ist das Stranggießen. Hierbei wird der Strang kontinuierlich gefertigt und Änderungen einzelner Module des *Traceabilitymodells*, z.B. Änderung der Stückliste (Rezeptur) können nur mit einer zeitlichen Zuordnung zugeordnet werden.

Die kontinuierliche Fertigung erlaubt somit zwar die Kennzeichnung bis hin zur eineindeutigen Seriennummer, die *Traceabilitymodule* können jedoch nur auf dem Niveau der Charge (Zeitliche Chargenkennzeichnung) zugeordnet werden.

# 7 Darstellung der Traceabilityanwendungen im Traceabilitymodell

Im folgenden Kapitel werden die Anwendungen von *Traceability* im *Traceabilitymodell* dargestellt und beschrieben. Die Umsetzung der Anwendungen wurde in zwanzig Unternehmen untersucht. Wurde über Anwendungen berichtet, sind diese als umgesetzt einzustufen. Es ist jedoch möglich, dass Anwendungen in Unternehmen im Einsatz sind, über die bewusst oder unbewusst nicht berichtet wurde, weswegen diese somit nicht in der Auswertung erscheinen. Es wurde nicht erhoben, ob die Anwendungen für alle Produkte des Herstellers oder nur für ausgewählte Produkte umgesetzt wurden, da die Untersuchung sich darauf konzentriert, welche Daten für welche Anwendungen notwendig sind. Da zum Zeitpunkt der Unternehmensuntersuchungen durch den Autor bereits ein Grundwissen zum Thema *Traceability* vorhanden war, konnte die Untersuchung auf Basis nicht-standardisierter Interviews stattfinden, die ähnlich wie in Kapitel „5.4.4 Auswertung der Interviews/Auswertung offener Diskussion“ ausgewertet wurden.

## 7.1 Umsetzungen der Qualitätsmanagement-Anwendungen

### 7.1.1 Produkthaftungsgesetz

**Übersicht:**

Die Richtlinie 85/374/EWG regelt, wann ein Hersteller für den Schaden beim Produktanwender haftet. Daraus ergeben sich jedoch keine direkten Anforderungen an *Traceability*. Allerdings gibt es einige *Traceabilityanwendungen*, die den Hersteller dabei unterstützten können, sich von der Haftung abzuwenden. Dazu besagt die Richtlinie 85/3754/EG:

> *Der Hersteller haftet aufgrund dieser Richtlinie nicht, wenn er beweist:*
>
> *a) dass er das Produkt nicht in den Verkehr gebracht hat;*
>
> *b) dass unter Berücksichtigung der Umstände davon auszugehen ist, dass der Fehler, der den Schaden verursacht hat, nicht vorlag, als das Produkt von ihm in den Verkehr gebracht wurde, oder dass dieser Fehler später entstanden ist;*
>
> *c) dass der Fehler darauf zurückzuführen ist, dass das Produkt verbindlichen hoheitlich erlassenen Normen entspricht;*
>
> *[…](RL 85/374/EWG)*

Wenn der Hersteller von Produktfälschungen betroffen ist, ist die Anwendung „Fälschungsaufdeckung durch *Traceability*“ relevant, um Punkt a) zu erfüllen. Denn mit Unterstützung der *Traceability* lassen sich Fälschungen aufdecken, womit sich der Beweis erbringen lässt, dass man nicht der Hersteller des Produktes ist und diese nicht in Verkehr gebracht hat (vgl. Abele et al. 2011).

Mit der Umsetzung der *Prozess*- und *Prüfdatentraceability* kann Punkt b) erfüllt werden. Dadurch kann nachgewiesen werden, dass der Fehler beim Inverkehrbringen gegebenenfalls noch nicht vorlag. Zusätzlich lässt sich durch die *Prozess*- und *Prüfdatentraceability* auch für den Punkt c) gegebenenfalls nachweisen, dass alle Normen und Vorgaben während der Produktion erfüllt wurden.

**Umsetzung:**

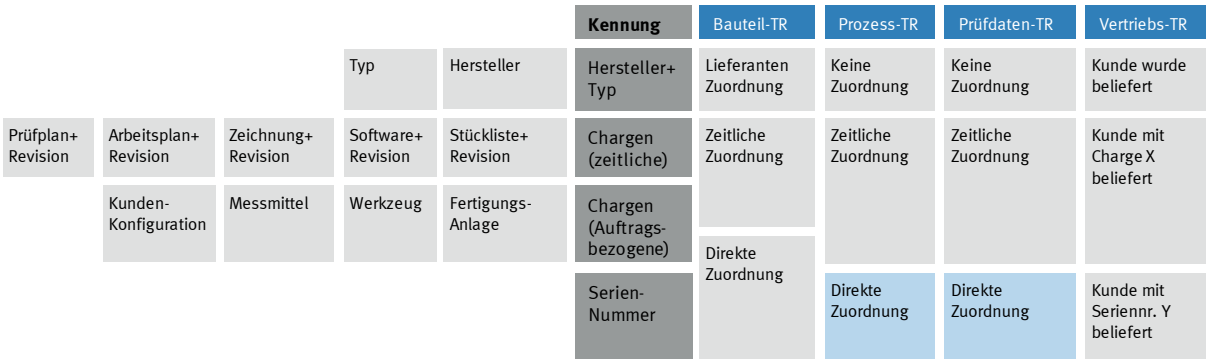



Abbildung 30: Traceabilitymodell Produkthaftungsgesetz

Die Umsetzung für das Aufdecken von Fälschungen wird in Kapitel „7.1.3 Aufdecken von Fälschungen“ beschrieben. Voraussetzungen für das Abwenden der Haftung sind eine eineindeutige Produktkennzeichnung und das Dokumentieren der relevanten Prozess- und Prüfdaten, die den Produktionsprozess des Produktes beschreiben. Da die Produkthaftung auch bei zufällig auftretenden Fehlern schlagend wird, ist eine direkte Zuordnung der Daten zum Produkt notwendig, um zu beweisen, dass exakt dieses Produkt alle Anforderungen erfüllt hat. (vgl. Scharm 2015).

**Bewertung/Nutzen:**

Aus den oberhalb genannten Gründen ergibt sich die Empfehlung, das Modul der direkten Zuordnung von Prüfdaten und bei Bedarf, das Modul der direkten Zuordnung von Prozessdaten umzusetzen oder die Anwendung der Produktauthentifizierung.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung zur Verteidigung im Produkthaftungsfall ist in vier der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.2 Herkunftsnachweis

**Übersicht:**

Der Herstellername steht für eine Marke und für die damit verbundenen Qualitätsansprüche. Unter der Anwendung „Herkunftsnachweis“ wird die Anwendung verstanden, den Hersteller des Produktes identifizieren zu können.

**Umsetzung:**

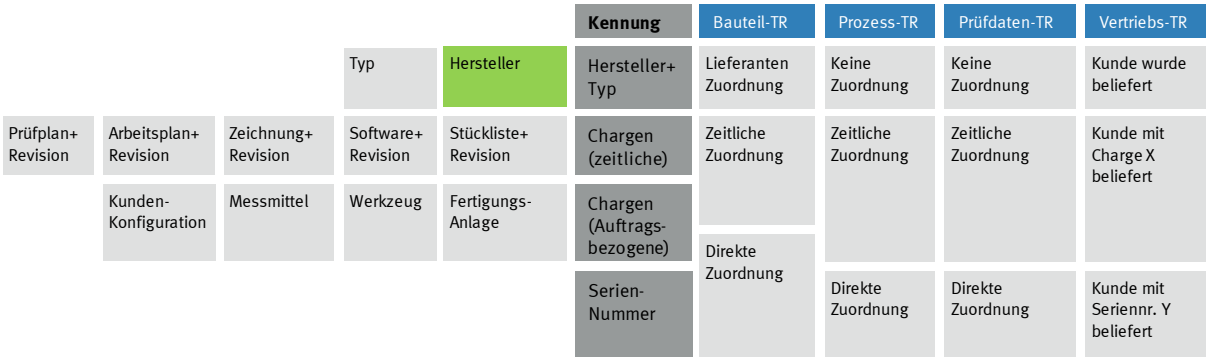



Abbildung 31: Traceabilitymodell Herkunftsnachweis

Umsetzen lässt sich der Herkunftsnachweis durch die Markierung des Produktes oder der Umverpackung mit der Herstellerkennzeichnung (Herstellername in Klartext, Herstellerlogo oder diverse Herstelleridentifikationsnummern die von offiziellen Stellen vergeben werden (z.B. DUNS-Nummer).

**Bewertung/Nutzen:**

Das Problem des Herkunftsnachweises ist, dass die Herstellerkennung auf Produkten fälschbar ist. Oft werden von den Herstellern von Fälschungen keine Mühen gescheut, Materialien, Teilenummern und Seriennummern zu fälschen, um Fälschungen billig herzustellen, sie aber als Originalprodukte verkaufen zu können (vgl. Stradley und Karraker 2006). Fälscher können mit einfachen Mitteln ein Typschild mit dem Logo des Herstellers nachdrucken und dies auf gefälschten Produkten aufbringen (vgl. Abele et al. 2011). Eine Umfrage des VDMA hat ergeben, dass 71% der befragten Unternehmen von Produktpiraterie betroffen sind (vgl.

VDMA 2014). Diese Unternehmen setzen entweder selber unbeabsichtigt Fälschungen ein oder sind Opfer von Fälschern, die die Produkte des Unternehmens nachbauen. Im folgenden Kapitel wird aufgezeigt, wie Produktfälschungen entdeckt und somit gefälschte Herkunftsnachweise aufgedeckt werden können.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung wird bei 3 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.3 Aufdecken von Fälschungen

Aufgrund der beim Herkunftsnachweis und bei der Produkthaftung angesprochenen Problematik der Fälschbarkeit soll an dieser Stelle aufgezeigt werden, anhand welcher Daten Fälschungen aufgedeckt werden können. Trotz aller Bemühungen, die Verbreitung von Fälschungen zu verhindern, ist ein absoluter Schutz vor Fälschungen allerdings kaum möglich, jedoch stellen die folgenden Maßnahmen eine Hürde für Fälscher dar (vgl. Lindemann 2012).

#### 7.1.3.1 Fälschungsaufdeckung durch *Traceability*

**Übersicht:**

*Traceability* kann beim Aufdecken von Fälschungen enorm helfen. Im folgenden Kapitel werden unterschiedliche Methoden aufgezeigt, wie die Originalität von Produkten geprüft werden kann. Um gegen Fälschungen anzukämpfen, sind Mechanismen zur Produktauthentifizierung für alle Stakeholder zur Verfügung zu stellen (vgl. Pouwan et al. 2005). Begonnen wird mit Methoden, die mit geringem produktbezogenem Know-How durchgeführt werden können, bis hin zu Methoden die nur mit detaillierterem Produktwissen umsetzbar sind. Darüber hinaus gibt es Systeme, die autark, das heißt ohne Zugang zu einer Datenbank, funktionieren, während andere eine zentrale Datenquelle zur Verifikation benötigen. Letzteres hat den Vorteil, dass eine Doppelverwendung eines identischen Merkmals (z. B. einer eineindeutigen Seriennummer) aufgedeckt werden kann (vgl. Neemann und Schuh 2011). Methoden, die mit geringem Know-How durchgeführt werden können, bieten sich als Originalitätsüberprüfung durch den Kunden an. Um die Kennzeichnungsmerkmale sinnvoll einzusetzen, muss sichergestellt werden, dass man nach der Auslieferung eines Produktes einen Akteur – sei es der Großhandel,

die Logistik oder den Kunden – dazu motivieren kann, das entsprechende Produktmerkmal zu überprüfen (vgl. Neemann und Schuh 2011). Voraussetzung dafür ist allerdings, dass der Kunde auch das Original kaufen will (vgl. Lindemann 2012). Methoden mit detaillierterem Produktwissen können nur von geschultem Personal durchgeführt werden. Servicetechniker, die über dieses Wissen verfügen, können z.B. direkt beim Kunden prüfen, ob dieser gefälschte Produkte im Einsatz hat, die den Serviceeinsatz verursacht haben.

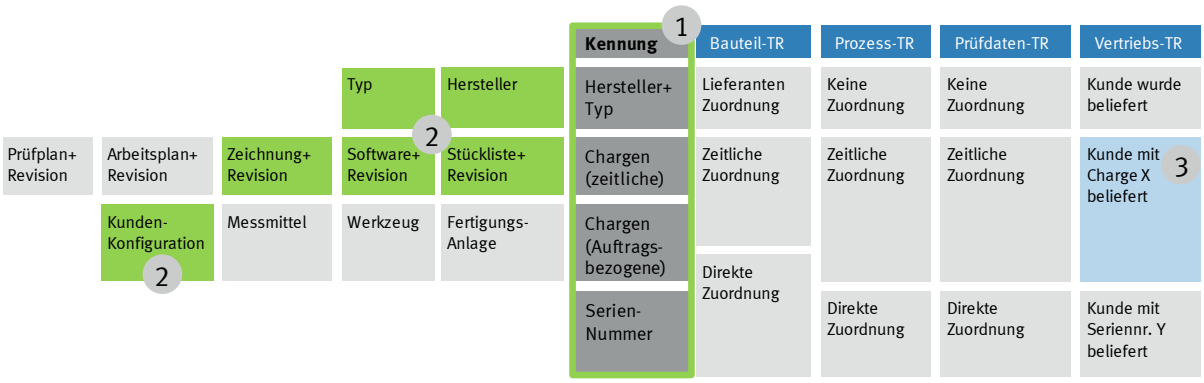



Abbildung 32: Traceabilitymodell - Produktauthentifizierung

Die Umsetzung der Originalitätsprüfung kann auf unterschiedlichen Daten basieren:

- Originalitätsprüfung Möglichkeit 1 „Überprüfung ohne Verbindung zur Datenbank“ und „Überprüfung mit Hilfe einer Datenbank“
- Originalitätsprüfung Möglichkeit 2 „Übereinstimmung der Stücklistenrevision und der Softwarerevision“
- Originalitätsprüfung Möglichkeit 3 „Überprüfung des Einsatzortes“

#### 7.1.3.1.1 Überprüfung ohne Verbindung zur Datenbank

**Übersicht:**

Die einfachste Möglichkeit, Fälschungen anhand von Produktmerkmalen zu identifizieren, ist die Prüfung der eineindeutigen Seriennummer des Produktes. Diese Prüfung kann anhand einer Prüfziffer, die in der Seriennummer integriert ist, erfolgen.

**Umsetzung:**

Dazu wird zur Produktkennzeichnung neben Herstellerkennzeichnung, Typbezeichnung und eineindeutiger Seriennummer noch eine Prüfziffer aufgebracht (vgl. Sun 2014). Die Prüfziffer wird auf Basis eines Algorithmus, aufbauend auf Herstellerkennzeichnung, Typbezeichnung und Seriennummer, berechnet. Jeder, dem der Algorithmus bekannt ist, kann somit die Gültigkeit der Kennzeichnung prüfen. Pouwan bringt zusätzlich den Vorschlag, Produkte mit einer zufälligen eineindeutigen Seriennummer zu beschriften, um den Fälschungsschutz zu erhöhen, da fortlaufende Seriennummern oder Kennzeichnungen mit bekannter Logik keine große Hürde für die Fälscher darstellen (vgl. Pouwan et al. 2005).

**Anwendung durch:**

Anwender, mit geringem Produktwissen und ohne Datenbankanbindung

7.1.3.1.2 Überprüfung mit Hilfe einer Datenbank

**Übersicht**

Neben dem beschriebenen autarken System gibt es noch weitere Methoden, die jedoch eine Datenbankanbindung erfordern (vgl. Neemann und Schuh 2011). Wenn eine Verbindung mit der *Traceabilitydatenbank* besteht, können folgende Methoden durchgeführt werden:

- Ist die Seriennummer vergeben?
- Anzahl der Abfragen

(vgl. Pouwan et al. 2005, Lindemann 2012,Neemann und Schuh 2011, RL 2011/62/EU)

**Umsetzung:**

Für diese Methode muss der Hersteller in einer Datenbank die einmalig vergebenen Seriennummern hinterlegen. Somit lässt sich über die Datenbankabfrage prüfen, ob die Seriennummer am Produkt vergeben wurde und somit existiert.

Das Unternehmen GS1 Germany bietet diese Funktion als Dienstleister für seine Kunden an. Über eine Smartphone-App wird die Produktmarkierung des zu prüfenden Produktes erfasst (Scannen eines maschinell lesbaren Codes mit der Kamera des Handys) und mit einer Datenbank abgeglichen. Zusätzlich wird dokumentiert, wie oft auf einen Datensatz in der Datenbank zugegriffen wurde. Ein

häufiges Abfragen von bestimmten Datensätzen deutet auf das mehrmalige Vorhandensein der Seriennummer im Markt hin (vgl. Dünnebacke 2013).

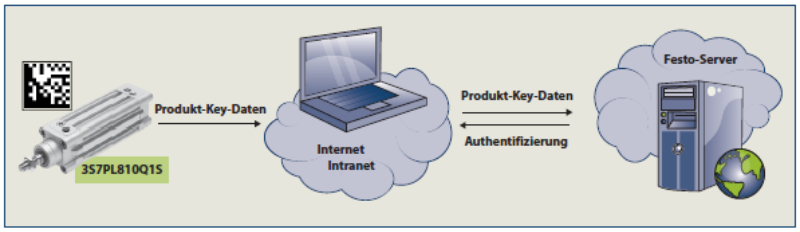



Bild 13: Produktauthentifizierung

(Abele et al. 2011)

Ein ähnlicher Anwendungsfall wird ab dem Jahr 2017 bei der Überprüfung von Medikamenten helfen. Dabei wird ein einmalig vergebener Code je Packung in maschinell lesbarer Form auf den Medikamentenverpackungen aufgebracht. Dadurch soll beim Verkauf in der Apotheke geprüft werden, ob die Seriennummer der Verpackung gültig und einmalig ist. Wenn dies nicht der Fall ist, erfolgt in der Apotheke eine Warnmeldung, sodass das Medikament nicht verkauft werden darf. (vgl. RL 2011/62/EU, securPharma 2013).

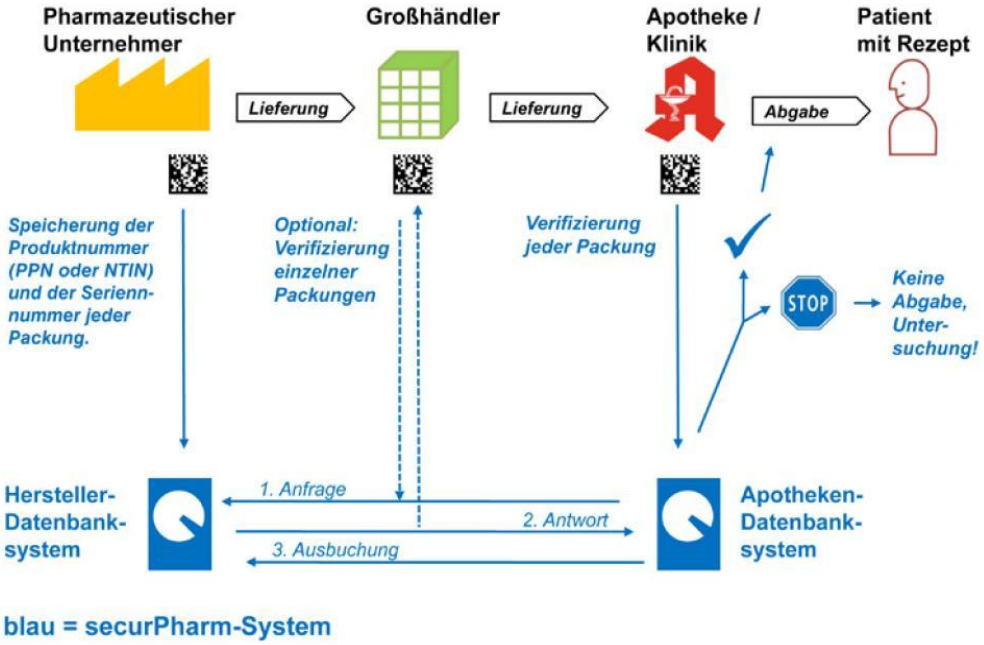



Bild 14: Medikamentenverifikation

(securPharma 2013)

Ein weiterer Schritt der Produktauthentifizierung ist die Überprüfung des Produkttyps. Dazu muss neben der Seriennummer der Zugriff auf weitere Details zum Seriennummern-Datensatz möglich sein. Somit kann überprüft werden, ob die vergebene Seriennummer mit dem Typ des Produktes übereinstimmt. Dies kann über eine Smartphone-App erfolgen, die dem Anwender ein Bild des Produkttyps anzeigt, welches der Anwender dann mit dem zu prüfenden Produkt vergleichen kann. Sollte hierbei keine Übereinstimmung gegeben sein, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass das geprüfte Produkt eine Fälschung ist.

Bild 15: Abgleich mit Produkttyp

(Endress + Hauser 2014)

Anwendern, die über ein detaillierteres Produktwissen verfügen, stehen weitere Möglichkeiten der Produktauthentifizierung zur Verfügung, wenn die Daten zur Seriennummer in der Datenbank hinterlegt sind. Sie können überprüfen, ob die Produktspezifikation mit den der Seriennummer hinterlegten Daten übereinstimmen. Auch hierbei empfiehlt sich die Anwendung der zufällig vergebenen Seriennummer, um den Fälschungsschutz zu erhöhen. Sind die relevanten Produktdaten in einer Datenbank hinterlegt und stimmen diese mit dem Produkt überein, lässt sich die Echtheit des Produktes prüfen.

**Anwendung durch:**

Anwender mit Datenbankanbindung

Bsp.: Bei einem Fahrzeug, das überprüft werden soll, wurden laut *Traceabilitydatenbank* rote Sitze verbaut. Da sich aktuell schwarze Sitze im Fahrzeug

befinden, sieht man den Anlass einer detaillierteren Überprüfung zum Erhärten des Fälschungsverdachtes.

7.1.3.1.3 Übereinstimmung der Stücklistenrevision und der Softwarerevision

**Übersicht:**

Eine weitere Möglichkeit der Überprüfung von Produktdaten ist das Prüfen, ob die Produkteigenschaften mit der Stücklistenrevision und der Software-Revision übereinstimmen.

**Umsetzung:**

Für die Umsetzung müssen Daten wie die Stücklistenrevision und Software-Revision in der Datenbank hinterlegt werden. Beim Überprüfen des Produktes muss klar sein, welche speziellen Eigenschaften der Stücklistenrevision das Produkt beschreiben und anhand welcher Eigenschaften eine Abgrenzung zu anderen Stücklistenrevisionen möglich ist. Somit ist prüfbar, ob das Produkt entsprechend der lt. *Traceabilitysystem* gefertigten Stücklistenrevision oder Softwarerevision gefertigt wurde oder ob ein Fälscher das Produkt mit einer falschen Stücklistenrevision gefälscht hat.

Bsp. 1: Aufgrund der Stücklistenrevision, der zu verifizierenden Produkt-Seriennummer, kann festgestellt werden, dass an einer bestimmten Stelle eine Kante mit einem Radius von 3mm vorliegen sollte. Das Produkt hat jedoch an dieser Kante einen Radius von 4mm.

Bsp. 2: Das Produkt wurde mit der Software-Revision 2 ausgeliefert. Das zu verifizierende Produkt läuft jedoch mit der Software-Revision 1, obwohl der Kunde keine Möglichkeit hat, diese herabzusetzen. Somit ist auch hier mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von einer Fälschung auszugehen.

**Anwendung durch:**

Anwender mit ausgeprägtem Produktwissen (i.d.R. Hersteller des Produktes) und Zugang zu den *Traceabilitydaten*.

7.1.3.1.4 Überprüfung des Einsatzortes

**Übersicht:**

Über die Logdaten, die sich im Zuge der Abfrage der *Traceabilitydaten* durch den Kunden (z.B. über das Supportportal bei Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen) erfassen lassen, lässt sich der Abfrageort z.B. über die IP-Adresse nachvollziehen. Bei häufig wechselnden Abfrageorten oder nicht plausiblen Orten deutet dies auf eine Mehrfachverwendung von Seriennummern hin, womit das Produkt eine Fälschung sein könnte.

**Umsetzung:**

Anhand der Daten der *Vertriebstraceability* lässt sich dokumentieren, an welchen Kunden und Ort das zu untersuchende Produkt geliefert wurde. Damit lässt sich die Plausibilität der Abfrageorte, von denen Informationen aus der *Traceabilitydatenbank* abgefragt werden, prüfen, „denn hoch individualisierte Merkmale lassen vorgesehene Märkte oder sogar vorgesehene Kunden nachvollziehen“ (Neemann und Schuh 2011). Abhängig von der Art des Produktes ist es z.B. nicht plausibel, dass die Informationen innerhalb kürzester Zeit von unterschiedlichen Orten aus (z.B. anhand von IP-Adressen identifizierbar) abgefragt werden.

Bsp.: Ein Unternehmen fertigt ein Produkt für einen Kunden in Europa. Wenige Monate später wird der Wartungstechniker des Herstellers jedoch zu einem Wartungseinsatz in Asien gerufen. Da der Kunde des Originalproduktes bekannt ist, lässt sich nach Rücksprache mit dem Kunden feststellen, dass es nahezu unmöglich ist, dass das ausgelieferte Produkt in Asien im Einsatz sein wird. Der Servicetechniker, der die Fälschungsprüfung veranlasst hat, hat somit mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Fälschung aufgedeckt.

**Anwendung durch:**

Hersteller die den Einsatzort der Produkte eingrenzen können oder Betreiber von Supportportalen über die die Abfragen erfolgen.

7.1.3.1.5 Fälschungsaufdeckung anhand von schwer fälschbaren Produktmerkmalen

**Übersicht:**

Die bisher angeführten Möglichkeiten können auch von Fälschern umgangen werden. Um Fälschern das Fälschen zu erschweren, besteht die Möglichkeit, schwer fälschbare bzw. nicht offensichtliche Produktmerkmale in der Datenbank zu hinterlegen. Solche schwer fälschbaren Merkmale können z.B. Farbkennzeichnungen oder Rauschmuster sein. Ein Rauschmuster ist ein durch einen Sicherheitsalgorithmus generiertes Muster, das auf ein Produkt aufgebracht wird. Die Reproduzierbarkeit des Musters durch Fälscher ist eingeschränkt, da der Sicherheitsalgorithmus diesem nicht bekannt ist (vgl. Gausemeier et al. 2012).

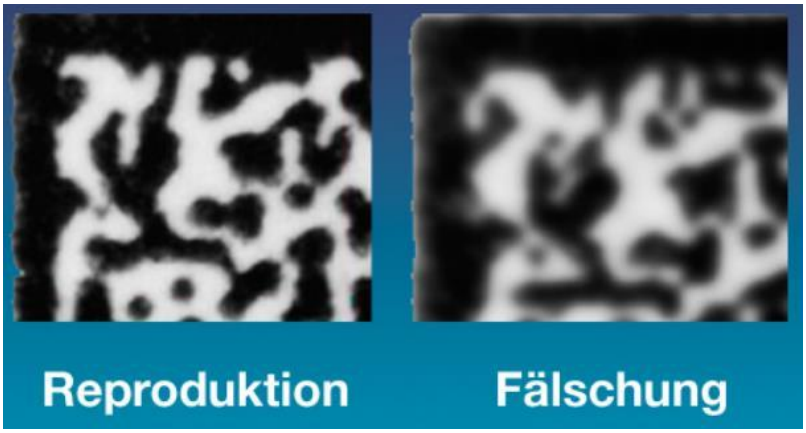



Bild 16: Rauschmuster

(Prosecure 2015)

**Umsetzung:**

Das Produkt wird an einer bestimmten Stelle mit einer nicht auffälligen Farbmarkierung versehen. Die Farbe der Markierung sollte von Produkt zu Produkt variieren. Die Markierung soll dem Fälscher als unwesentlich erscheinen, weswegen er nicht auf die Idee kommt, diese zu kopieren. In der *Traceabilitydatenbank* wird die Farbe der Markierung als direkte Zuordnung in der *Prozesstraceability* hinterlegt. Bei der Originalitätsprüfung kann nun die Farbe, die in der *Traceabilitydatenbank* hinterlegt ist, mit jener am Produkt verglichen werden. Wenn diese nicht übereinstimmt, ist von einer Fälschung auszugehen. Statt der Farbmarkierung sind weitere Markierungen möglich, wie etwa ein Rauschmuster (siehe Bild 16). Die Quelle für das Rauschmuster ist derart detailliert, dass es sich technisch bedingt, nicht kopieren lässt, da beim Kopieren Informationen verloren gehen.

Für die Umsetzung der Originalitätsprüfung anhand von schwer fälschbaren Produktmerkmalen sind die Kennung mit einer eineindeutigen Seriennummer und das Modul „Direkte Zuordnung“ der *Prozesstraceability* umzusetzen. Über das Modul der „Direkten Zuordnung“ werden die Daten der schwer fälschbaren Informationen, etwa die Bezeichnung des Rauschmusters (Dateiname) oder die Farbe der Farbkennzeichnung hinterlegt (vgl. Gausemeier et al. 2012).

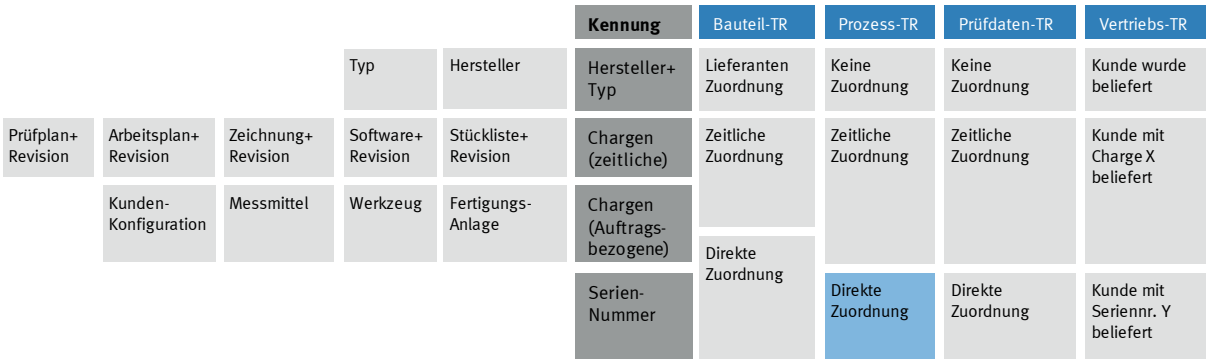



Abbildung 33: Traceabilitymodell - Produktauthentifizierung schwer fälschbare Merkmale

**Bewertung/Nutzen der Originalitätsprüfung:**

Obwohl *Traceabilitydaten* das Fertigen von Fälschungen nicht verhindern können (vgl. Lindemann 2012), dienen sie sehr wohl dazu, Fälschungen aufzudecken. Aufgrund des großen wirtschaftlichen Schadens durch Fälschungen im Maschinenbau, ist die Anwendung der Originalitätsprüfung in einer angemessenen Ausprägung auf Basis eine Risikoanalyse sinnvoll. Die aufgezeigten Varianten ermöglichen kostengünstige Möglichkeiten, um für Fälscher Fälschungshürden aufzustellen oder aufwendige Fälschungsschutzmaßnahmen, wie das Aufbringen von Rauschmustern, um einen hohen Fälschungsschutz zu gewährleisten. Je aufwendiger der Schutz, desto aufwendiger sind die Maßnahmen.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung zum Aufdecken von Fälschungen ist bei 5 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.4 Reklamationsabwicklung

**Übersicht:**

Für eine effektive Reklamations-Abwicklung sind *Traceabilitydaten* eine wesentliche Grundlage. In der Kommunikation mit dem Kunden spricht Davidow von sechs Dimensionen, die die Zufriedenheit des Kunden nach einer Kundenbeschwerde wieder herstellen können (vgl. Davidow 2003). Drei dieser Dimensionen, die Geschwindigkeit, die Art der Abhilfe und die Unterstützung des Kunden während der Reklamation, können auf der Nutzung von *Traceabilitydaten* aufbauen. Im Nachgang der direkten Kundenkommunikation bietet das Sammeln, Verknüpfen und Bewerten von Reklamationsdaten einen für das Unternehmen wertvollen Erkenntnisgewinn (vgl. Razali und Jaafar 2012). Anhand der Bewertungen lassen sich Korrekturmaßnahmen einführen, die dazu beitragen, Falsch- und Doppelarbeiten zu vermeiden (vgl. Helva 2008). Der Ablauf dieser Vorgänge wird ebenfalls durch die Anwendung von *Traceabilitydaten* unterstützt und vereinfacht. Edler schlägt vor, die Reklamationsdaten bis in die Produktentwicklung weiter zu reichen, um die Ursachen der Reklamationen bei zukünftigen Entwicklungen zu verhindern (vgl. Edler 2001).

Die Anwendung der Prüfung, ob im Reklamationsfall noch Garantie oder Gewährleistungspflicht besteht, wird gesondert in Kapitel „4.2.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung“ behandelt.

**Umsetzung:**

Für die Umsetzung der Reklamationsabwicklung mit Unterstützung der *Traceabilitydatenbank* sollte das Produkt zumindest mit dem Hersteller, dem Typ und einer Chargenkennzeichnung markiert werden. Zu dieser Chargenkennzeichnung sollten die Stückliste, die Zeichnung, die Software und deren jeweilige Revision hinterlegt sein.

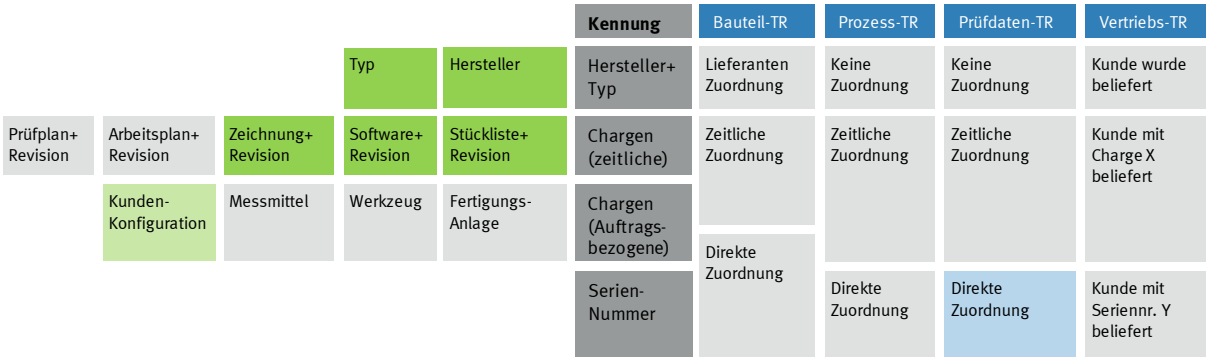



Abbildung 34: Traceabilitymodell - Reklamationsabwicklung

Über die Kennzeichnung mit dem Hersteller weiß der Kunde, an wen er sich mit seiner Reklamation wenden kann. Mit Hilfe des Produkttyps lässt sich feststellen, um welches Produkt es sich handelt. Durch Stücklisten-, Zeichnungs- und Softwarerevision lassen sich detailliertere Produktdaten nachvollziehen. Aufgrund dieser Daten fällt es einem erfahrenen Reklamationsmitarbeiter leichter, einen zufriedenstellenden Support in der Reklamationsabwicklung zu gewährleisten. Im Zuge der Voruntersuchung haben 14 der 17 befragten Personen aus dem Qualitätsmanagement, die in der Reklamationsabwicklung involviert sind, diese Aussage bestätigt[34].

Für die gängige Reklamationsabwicklung reicht somit eine Kennzeichnung des Produktes mit dem Hersteller, dem Typ und einer Chargenkennzeichnung, über die sich auch auf die Stücklisten-, Zeichnungs- und die Software- Revision schließen lässt, aus.

Bei konfigurierbaren Produkten ist zusätzlich noch die Kundenkonfiguration sinnvoll, denn auch hier können erfahrene Supportmitarbeiter schnell Aussagen zu den Reklamationsgründen des Kunden tätigen[35].

Bei ausgewählten Produkten ist es sinnvoll, dem Reklamationsbearbeiter die Daten der Produktprüfung zur Verfügung zu stellen, wenn diese Daten bei der Reklamationsabwicklung helfen können. Zu beachten ist, dass sie für den Bearbeiter verständlich und schnell interpretierbar dargestellt werden müssen, da die Bearbeiter

[34] Ergebnis aus Kapitel „5.4 Betriebsinterne Forderungen“

[35] Ergebnis aus Kapitel „5.4 Betriebsinterne Forderungen“

meist mit unterschiedlichsten Produkten in Berührung kommen. Für diese Daten (Kundenkonfiguration und direkte Zuordnung der Prüfergebnisse) sind Produkte mit einer Seriennummer zu kennzeichnen und die beiden Module „Kundenkonfiguration“ und „direkte Zuordnung der Prüfergebnisse“ umzusetzen.

Inwiefern Daten zur Fertigungsanlage und zu den verwendeten Werkzeugen für die Reklamation relevant sind, ist von Produkt zu Produkt unterschiedlich zu bewerten.

In der Nachbearbeitung sind Auswertungen der Reklamationen bezogen auf den Produkttyp oder anhand genauerer Details wie etwa Charge, Stücklistenrevision und Software- Revision sinnvoll.

Um das von Razali geforderte Sammeln, Verknüpfen und Bewerten der Reklamationsdaten (vgl. Razali und Jaafar 2012) zu erleichtern, ist es möglich, dem Reklamationsmitarbeiter ein Tool zur Verfügung zu stellen, bei welchem, nachdem die Produktkennung eingegeben wurde, im Hintergrund eine automatische Auswertung bezogen auf die oberhalb erwähnten Produkteigenschaften durchgeführt wird. Aus den Auswertungen der Reklamationen lassen sich Qualitätsprobleme in Abhängigkeit von besonderen Produkteigenschaften aufdecken und die nötigen Maßnahmen ableiten. Edler schlägt für die Erfassung im Reklamationsprozess folgende Daten vor: Kunde, Produkt, fehlerhafte Komponente, Fehlerbeschreibung, Fehlerort und –zeit (Edler 2001). Da sich jedoch Produkte auch aufgrund von unterschiedlichen Stücklistenrevisionen unterscheiden, sollte hierbei eine Verfeinerung erfolgen, um Fehlerursachen leichter zu erkennen. Diese Verfeinerung kann über eine automatische Abfrage der Daten über die *Traceabilitydatenbank* erfolgen.

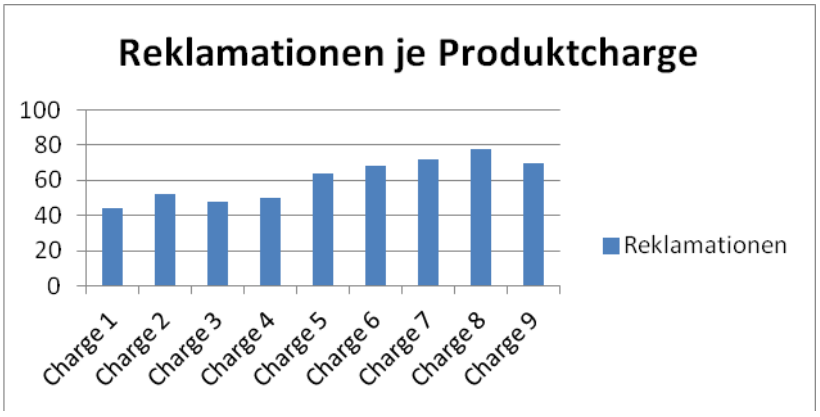



Abbildung 35: Reklamationen je Produktcharge

Das Diagramm oberhalb verdeutlich ab der Charge 5 eine Zunahme der Reklamationen (Annahme: gleichbleibende Chargengröße). Über die Auswertung der *Traceabilitydaten* lässt sich nun nachvollziehen, ob die Ursachen in einer Stücklistenänderung oder Softwareänderung liegen. Die Auswertung basiert, im Gegensatz zu Auswertungen während der Produktion[36], auf Reklamationsdaten, die erst während der Nutzung durch den Anwender entstehen.

**Bewertung/Nutzen:**

Die Nutzung von *Traceabilitydaten* in der Reklamationsabwicklung zeigt ein professionelles Handeln und beschleunigt die Reklamationsabwicklung. Relevante Daten aus der Produktion über die Chargen- oder Seriennummer wurden dem Reklamationsmanagementsystem zur Verfügung gestellt. Dadurch konnte im Umsetzungsprojekt der Aufwand für das Erfassen der für die Reklamation nötigen Daten je nach Produkt um mindestens 50% reduziert werden. Über den ebenfalls standardisierten Zugriff auf Prüfergebnisse durch die direkte Zuordnung der Prüfdaten, konnte die Zugriffszeit im Zuge der Reklamationsabwicklung um über 90% reduziert werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der Reklamationsabwicklung ist bei 5 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung

**Übersicht:**

Die Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung ist eine selten genutzte Anwendung der *Traceability*. Im Feldeinsatz ist es für den Hersteller oder Händler jedoch aus den in Kapitel „4.2.5 Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung“ beschriebenen Gründen schwierig oder fast unmöglich, die Abgrenzungen zu ziehen. Um dies zu erleichtern, bietet *Traceability* die Möglichkeit, den Auslieferungszeitraum oder den Auslieferungszeitpunkt festzuhalten und somit die Abgrenzung der Garantie- und Gewährleistungszeiträume zu bestimmen.

[36] Siehe Kapitel „7.2.1 Prozessanalyse“

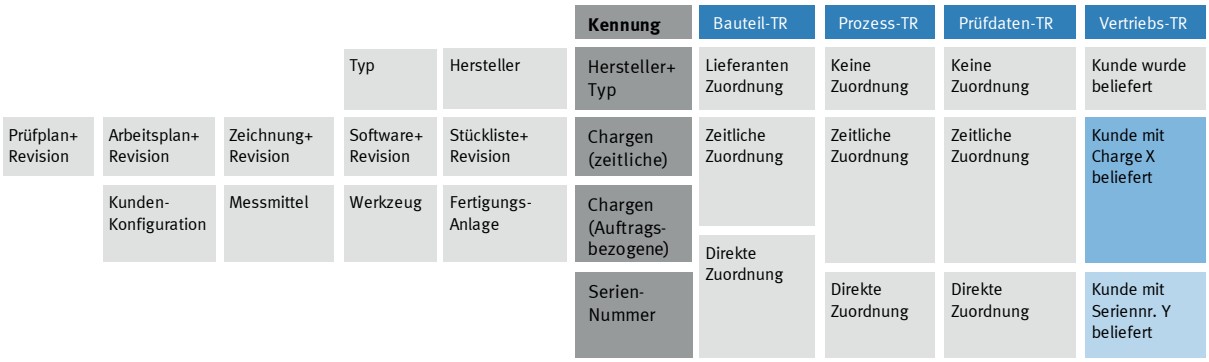



Abbildung 36: Traceabilitymodell - Garantie und Gewährleistungsabgrenzung

**Umsetzungsmöglichkeit 1: Auslieferungszeitraum der Charge**

Die Dokumentation der Auslieferungszeiträume gewisser Chargen bietet die Möglichkeit, den Garantie- und Gewährleistungszeitraum bestimmter Produkte einzugrenzen. Dazu muss dokumentiert werden, wann das erste und letzte Produkt der Charge ausgeliefert werden. Abhängig von der Größe der Charge lässt sich nun im Beanstandungsfall, ausgehend vom letzten ausgelieferten Produkt und ergänzt um Gewährleistungs- bzw. Garantiezeitraum, der diesbezügliche Status eines Produktes prüfen → chargenspezifische Prüfung.

**Umsetzungsmöglichkeit 2: Modul „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“**

Über die Dokumentation, wann welcher Kunde mit welcher eineindeutigen Seriennummer beliefert wurde, lässt sich eindeutig nachvollziehen, ob zum Beanstandungszeitpunkt für ein konkretes Produkt noch Garantie oder Gewährleistung besteht → produktspezifische Prüfung.

**Bewertung/Nutzen:**

Fehlende Daten, sowohl im unternehmerischen Umfeld als auch in der Literatur, lassen keine Aussage über das Optimierungspotenzial durch die *Traceabilityanwendung* „Garantie- und Gewährleistungsabgrenzung“ zu. Zusätzlich verzichten Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau sogar bewusst auf diese Abgrenzung und zeigen sich im Beanstandungsfall kulant und tauschen Waren unabhängig davon aus, ob noch ein Garantie- oder Gewährleistungsanspruch besteht.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der Gewährleistungs- und Garantieabgrenzung ist in 4 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.6 Rückrufeingrenzung

**Überblick:**

Die Gründe für einen Produktrückruf sind nicht vorhersehbar, jedoch lassen sich Rückrufe aufgrund von mehr oder weniger detaillierten *Traceabilitydaten* eingrenzen (vgl. Diallo et al. 2014). Während der Produktentwicklung sollten bereits Methoden geplant werden, die einen Rückruf vereinfachen. Diese können das Sammeln von Chargennummern, Produktionsdatum oder anderen Produktmarkierungen sein (vgl. Smith et al. 1997). Im Rückruffall führt schnelles Eingrenzen der betroffenen Produkte und Handeln zu wesentlichen Kostenreduzierungen. Dazu ist es nötig, auf einen Rückruf vorbereitet zu sein, bevor er eintrifft (vgl. Gönül und Ferhan).

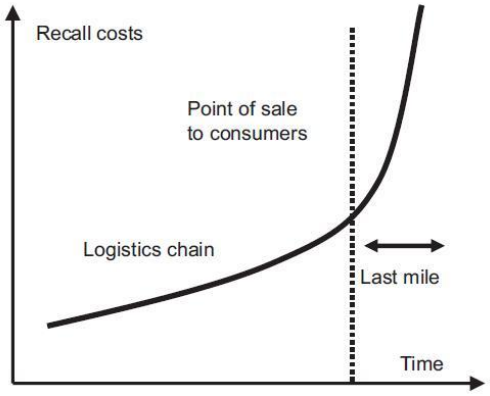



Bild 17: Last Mile Problem

(Fritz und Schiefer 2009)

Fritz zeigt in Bild 17, dass die Kosten des Produktrückrufs bis zum Point of Sale nur leicht steigen. Ist das Produkt jedoch bereits beim Endkunden, steigen die Kosten exponentiell. Dies verdeutlicht, weswegen schnelles Handeln im Rückruffall notwendig ist. Im folgenden Kapitel erfolgt eine Analyse von realen Rückrufen, um aufzuzeigen, welche Module des *Traceabilitymodells* sinnvoll gewesen wären.

### 7.1.7 Rückrufanalyse im Maschinen- und Anlagenbau

Die Kosten eines Rückrufes werden meistens nur teilweise erfasst. Besonders schwierig ist es, die Kosten der Organisation und der Kontrolle des Rückrufes aus dem Unternehmensalltag zu extrahieren und somit zu quantifizieren.
In den unterhalb angeführten Fällen wird anhand von Beispielen die Einsparmöglichkeit durch *Traceability* im Rückruffall aufgezeigt. Da Rückrufe jedoch im Maschinen- und Anlagenbau selten öffentlich werden, existieren kaum verwertbare Daten. In der Nachbearbeitung wird noch dazu selten geprüft, wie viele Produkte eines kollektiven Rückrufes tatsächlich betroffen waren. Dies zeigt, dass sich Unternehmen dem finanziellen Potenzial von *Traceability* oft nicht bewusst sind. Falls Aufwände für die Rückrufdurchführung aufgezeichnet wurden, werden diese in der Analyse angegeben. Aus diesem Grund kann nur auf Daten zurückgegriffen werden, welche durch den Autor mittels der Interviews und Unternehmensuntersuchungen gesammelt wurden. Beschrieben werden zehn Fälle, die im Zuge der Forschungsarbeit analysiert wurden. Dabei handelt es sich um Rückrufe, die bis zum Kunden kommuniziert wurden. In den angeführten Analysen zeigt sich ein Einsparungspotenzial von 25% bis zu 95%. Auch Böse berichtet von Einsparungsmöglichkeiten zwischen 30% und 90% (vgl. Böse und Uckelmann 2010), wobei die Daten seiner Auswertung nicht nachvollziehbar sind.

#### 7.1.7.1 Fall 1: Materialumstellung

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kennzeichnung des Produktes: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | | |
| Rückrufumfang: | 16 Monatsproduktionen | davon nötig: | 12 Monate | 75% |
| | | davon unnötig: | 4 Monate | 25% |

**Kurzbeschreibung:**

Während sich im Lager noch alte Bauteile befanden, wurden die Produkte bereits mit neuen Bauteilen gefertigt. Um die Lagerbestände aufzubrauchen, griff man kurzzeitig auf die alten Bauteile zurück.

Aufgrund der fehlenden Verknüpfung zwischen den Produkten und dem im Fertigungsauftrag hinterlegten Stücklistenstand (in dem auch hinterlegt ist, welches

Bauteil (alt/neu) zum Einsatz kommt), konnte nicht zwischen Produkten mit alten und neuen Bauteilen unterschieden werden.

Bei Produkten mit dem neuen Bauteil traten später erhöhte Reklamationen am Markt auf, wobei die genaue Ursache erst durch das Öffnen des Produktes und der optischen Kontrolle des Bauteils möglich war. Somit konnte eingegrenzt werden, dass nur Produkte mit dem neuen Stücklistenstand betroffen waren. Aufgrund der nicht ausreichenden Kennzeichnung der Produkte, die keinen Rückschluss auf den Stücklistenstand zuließ, mussten alle Produkte zurückgerufen werden, egal ob es sich um Produkte vom ersten Fertigungsauftrag mit den neuen Bauteilen, Fertigungsaufträge mit den alten Bauteilen oder alle nachfolgenden Fertigungsaufträge handelte.

Vorhandene *Traceability*:

Außer einer Chargenkennzeichnung mit dem Produktionsmonat, ohne Bezug zum Stücklistenstand und der, mit dem Typ belieferten Kunden, bestand keine Möglichkeit zur Eingrenzung.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Da es sich bei der Änderung um eine umfangreiche Änderung handelte, wurde eine neue Teilenummer für das neue Bauteil eingeführt. Im Gegensatz zu geringfügigen Bauteiländerungen, bei denen die Teilenummer gleichbleibend ist, ist somit der Änderungsstand in der Stücklistenrevision des Fertigungsauftrages des Produktes nachvollziehbar. Da die beiden Stücklistenstände parallel aktiv waren, wäre ein Bezug zwischen Chargenkennzeichnung und verwendeter Stücklistenrevision nötig gewesen, um die Produkte zu unterscheiden und damit nur die betroffenen Produkte vom Markt zurückzuholen zu müssen.

**Aufwände für den Austausch:**

Da die Produkte in weiteren Anlagen verbaut wurden, war vom Hersteller der defekten Produkte ein Aufsuchen der Anlagenkunden notwendig, um die Produkte zu kontrollieren und, wenn diese im betroffenen Zeitraum produziert wurden, zu ersetzen. Die Aufwände setzten sich aus der Anfahrt, der Kontrolle und gegebenenfalls aus Ersatzprodukten zusammen.

7.1.7.2 Fall 2: Defekte Produkte aus Fall 1 wurden an einen Kunden ohne *Traceabilitysystem* geliefert.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kennzeichnung der Anlage: Hersteller, Typ und Seriennummer | | | |
| Kennzeichnung des defekten Produktes: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | |
| Rückrufumfang: | 22 fache Monatsproduktion | davon nötig: | 12 Monate 55% |
| | | davon unnötig: | 10 Monate 45% |

**Kurzbeschreibung:**

Die defekten Produkte aus Fall 1 wurden an einen OEM[37] geliefert, der die Produkte in Anlagen verbaut und sie anschließend an den Endkunden ausgeliefert hat. Der OEM hatte jedoch kein *Traceabilitysystem*, weswegen der Rückrufzeitraum von 16 Monaten auf 22 Monate für die Anlagen des OEMs verlängert werden musste. Da unklar war, ab wann die ersten „defekten“ Produkte in den Anlagen verbaut wurden, musste als Rückrufstart annähernd der Produktionsstart der Produkte (aus Fall 1) mit den neuen Bauteilen gewählt werden.

Die Folgen waren drastisch. Der Kundendienst des Anlagenbauers musste somit die Anlagen von 22 Produktionsmonaten aufsuchen und vor Ort kontrollieren, ob defekte Produkte (identifizierbar über die Monatskennung des Herstellers der Produkte) in den Anlagen verbaut sind. Somit mussten zwar beim Kunden nur die 16-monatige Produktion der Produkte getauscht werden, die wesentlichen Kosten vielen jedoch beim Kontrollbesuch der Anlagen an. In ca. 25% der Fälle musste dem Kunden der Anlage eingestanden werden, dass er vom Rückruf doch nicht betroffen sei, was einen beträchtlichen Imageschaden nach sich zog.

[37] Original Equipment Manufacturer

**Zusätzlich nötige Traceabilitymodule für eine deutliche Reduzierung:**

Für die Produkte wäre eine Chargenkennzeichnung mit dem Bezug zur Stücklistenrevision ausreichend gewesen. Der OEM hätte ein *Traceabilitysystem* der *dynamischen Traceability* mit einer zeitlichen oder direkten Zuordnung der Produkte zu den Anlagen betreiben müssen, um den Rückruf einzugrenzen. Schließlich könnten dadurch die nötigen Aufwände ebenfalls reduziert werden.

Abbildung 37: Traceabilityanforderungen bei unternehmensübergreifenden Rückrufen

**Aufwände für den Austausch: Siehe Fall 1**

7.1.7.3 Fall 3: Qualitätsproblem beim Hersteller von Bauteilen

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kennzeichnung der Bauteile: Hersteller, Typ und Charge (Wochenkennung) | | | |
| Kennzeichnung der Produkte: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | |
| Rückrufumfang: | unbekannt | davon nötig: | 25% |
| | | davon unnötig | 75% |

**Kurzbeschreibung:**

Aus unbekannter Ursache entstanden beim Bauteillieferanten Qualitätsprobleme in den von ihm produzierten Bauteilen. Diese Probleme wurden in mehreren Produktionschargen festgestellt. Da der Lieferant bereits ein *Traceabilitysystem* implementiert hatte, konnte er die betroffenen Chargen aufgrund erhöhter Fehlerraten identifizieren und den Anlieferungszeitraum der betroffenen Produkte angeben. Da der Hersteller des übergeordneten Produktes jedoch keine *Traceabilitymaßnahmen* ergriffen hatte, musste der Rückrufzeitraum mit ausreichendem Sicherheitspuffer festgelegt werden.

Ein weiteres Hindernis bei der Eingrenzung bestand darin, dass die Bauteilbeschriftung selbst nach dem Öffnen des Produktes nicht lesbar war. Die defekten Bauteile hätten ausgebaut werden müssen, um die Chargenkennzeichnung

auf den Bauteilen zu lesen. Da die Aufwände für den Ausbau jedoch erheblich gewesen wären, wurden alle Produkte des Rückrufzeitraumes gegen neue Produkte gewechselt.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Für die Reduzierung des Rückrufumfangs wäre ein *Traceabilitysystem* mit den Modulen der zeitlichen oder direkten *Bauteiltraceability* beim Hersteller des Produktes notwendig gewesen, um die defekten Bauteilchargen dem Produkt zuordnen zu können und somit die betroffenen Produkte einzugrenzen.

Eine weitere Möglichkeit zur Abgrenzung von nicht betroffenen Produkten besteht in der Produktkonstruktion (vgl. Smith et al. 1997), die das einfache Prüfen der Chargenkennzeichnung des kritischen Bauteils ermöglicht hätte. In diesem Fall wäre es zwar trotzdem nötig gewesen, alle Produkte mit der Chargenkennzeichnung des Rückrufzeitraumes zu überprüfen, jedoch hätte der Schaden auf 25% reduziert werden können.

**Aufwände für den Austausch:**

Die Kunden, die innerhalb des Rückrufzeitraumes beliefert wurden, bekamen ein Ersatzprodukt und konnten den Austausch selbständig durchführen. Im Gegenzug wurde eine Aufwandsentschädigung in Höhe des Produktwertes für die nächste Bestellung gutgeschrieben.

#### 7.1.7.4 Fall 4: Werkzeugumstellung die zu schadhaften Bauteilen führte

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Bauteil: | Hersteller, Typ, Charge (Wochenkennung) | | |
| Kennzeichnung Produkt: | Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | |
| Rückrufumfang: | unbekannt | davon nötig: | 20% |
| | | davon unnötig: | 80% |

**Kurzbeschreibung:**

Aufgrund einer Werkzeugumstellung beim Lieferanten wurden mehrere Bauteilchargen produziert, die die Spezifikationen nicht erfüllten. Der Hersteller hatte ein *Traceabilitysystem* und konnte die defekten Bauteilchargen eingrenzen und den

Anlieferungszeitraum der defekten Chargen bekannt geben. Der Hersteller des Produktes hatte jedoch kein *Traceabilitysystem* im Einsatz und auch im Lager wurde kein FIFO-Prinzip umgesetzt, weswegen der Rückrufzeitraum entsprechend groß bestimmt werden musste. In einer Stichprobe der zurückgerufenen Produkte stellte sich heraus, dass nur 20% der vom Markt zurückgerufenen Produkte tatsächlich von den Qualitätsproblemen betroffen waren.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Der Hersteller des Produktes hätte eine dynamische Rückverfolgbarkeit mit dem Modul der zeitlichen oder direkten Zuordnung von Bauteilen umsetzen müssen, um die defekten Produkte anhand der darin verwendenden defekten Bauteile eingrenzen zu können.

**Aufwände für den Austausch:**

Der Kundendienst des Herstellers der Produkte musste alle Kunden des betroffenen Zeitraums inklusive eines Sicherheitszeitraumes aufsuchen, die Produkte kontrollieren und gegebenenfalls austauschen.

#### 7.1.7.5 Fall 5: Wiederholtes Auftreten der Rückrufursache aus Fall 4

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Bauteil: | Hersteller, Typ und Seriennummer | | | |
| Rückrufumfang: | 6 Produktionswochen | davon nötig: | 5,5 Wochen | 95% |
| | | davon unnötig: | 0,5 Wochen | 5% |

**Kurzbeschreibung:**

Die Ursache des Rückrufes war wie im Fall 4 ein defektes Werkzeug. Aufgrund des Rückrufes im Fall 4 wurde jedoch ein *Traceabilitysystem* beim Hersteller der Produkte mit dem Modul der statischen *Traceability* „Kundenkonfiguration“ eingeführt. Über die Rückverfolgbarkeit der Kundenkonfiguration konnte damit nachvollzogen werden, in welchen Produkten die Art der defekten Bauteile verbaut wurden. Zusätzlich konnte der Verbauzeitraum der defekten Bauteile über den Kommissionierzeitpunkt genauer eingegrenzt werden

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Das umgesetzte *Traceabilitysystem* hat sich bei diesem Rückruf bereits bewährt und eine deutliche Kostenreduzierung im Vergleich zu einem Rückruf ohne *Traceabilitysystem* ermöglicht.

**Aufwände für den Austausch:**

Aufgrund der schnellen Reaktion des Herstellers konnte die überwiegende Menge der defekten Produkte noch in der Logistikkette zwischen Bauteilhersteller und Kunde gestoppt werden, weswegen die Aufwände im Vergleich zu Fall 4 gering waren, da nur Kosten für die Ersatzprodukte und Logistikkosten entstanden.

#### 7.1.7.6 Fall 6: Falsches Bauteil verbaut

| | |
|---|---|
| Kennzeichnung des Produktes: | Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) |
| Rückrufumfang: | unbekannt |

**Kurzbeschreibung:**

Bei der Montage vergriff sich ein Mitarbeiter immer wieder in den Bauteilbehältern, weswegen er teilweise falsche Bauteile in das Produkt verbaute. Das Produkt erfüllte dadurch nicht die Spezifikationen. Zusätzlich konnte nicht geklärt werden, ob nur er oder mehrere Mitarbeiter diesen Montagefehler begingen.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Aufgrund der unbekannten Anzahl der Fehlerverursacher (ein Mitarbeiter oder mehrere Mitarbeiter) und der somit fehlenden Eingrenzungsmöglichkeit auf Arbeitsschichten oder ähnlichem, konnte die Eingrenzung nur mit dem Modul „Kunde wurde beliefert“ der *Vertriebstraceability* erfolgen. Somit mussten alle Produkte des betroffenen Typs zurückgerufen werden. Durch die dynamische *Traceability* wurden jedoch nur Kunden informiert, die mit dem spezifischen Typ beliefert wurden.

**Aufwände für den Austausch: unbekannt**

### 7.1.7.7 Fall 7: Bohrung an falscher Position

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Produkt: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | | |
| Rückrufumfang: | 3 Monatsproduktionen | davon nötig: | 2,5 Monate | 85% |
| | | davon unnötig: | 0,5 Monate | 15% |

**Kurzbeschreibung:**

Im Zuge der Änderung einer Bauteilzeichnung wurde eine Bohrung unbeabsichtigt an der falschen Stelle positioniert. Die Funktion des Produktes war somit nicht mehr erfüllt. Diese Änderung war anhand der Stücklistenrevision nachvollziehbar, jedoch gab es keine Verknüpfung zwischen dem Produkt und der Stücklistenrevision. Es mussten deshalb die Produktionsmonate zurückgerufen werden, in denen die neue Stückliste aktiv war. Da die neue Stücklistenrevision Deckungsgleich mit dem Chargenmonat aktiv wurde, konnten die betroffenen Produkte relativ genau anhand der Chargenkennzeichnung eingegrenzt werden.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Aufgrund der Änderung zu Beginn des Monats, konnte der Rückruf bereits ausreichend genau eingegrenzt werden, da die 15% unnötig zurück gerufener Produkte verglichen mit vorherigen Rückrufen, bei denen teilweise über 75% unnötig zurück gerufen wurden, als tolerierbar angesehen werden können.

**Aufwände für den Austausch:**

Aufgrund der einfachen Austauschbarkeit des Produktes konnten die Kunden mit einem Ersatzprodukt beliefert werden, welches selbständig getauscht werden konnte. Somit entstanden Ersatzteil- und Versandkosten.

### 7.1.7.8 Fall 8: Defekte Bauteile vom Lieferanten

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Produkt: Hersteller, Typ und Seriennummer | | | | |
| Rückrufumfang: | 1 Wochenproduktion | davon nötig: | 1 Woche | 100% |
| | | davon unnötig: | 0 Wochen | 0% |

**Kurzbeschreibung:**

Schadhafte Bauteile wurden vom Lieferant geliefert und in Produkten verbaut. Da es sich um kritische Bauteile handelte, hatte der Lieferant ein *Traceabilitysystem* betrieben, mit dem er exakt feststellen konnte, wann die defekten Bauteile an den Hersteller des übergeordneten Produktes geliefert wurden. Über das *Traceabilitysystem* des Herstellers der Produkte, mit der Ausprägung der statischen *Traceability* mit eineindeutiger Seriennummer am Produkt, einer zeitlichen Zuordnung der Bauteilverwendung mit einem strikten FIFO-Prinzip im Wareneingangslager und einer direkten Kundenzuordnung „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“, konnte der Rückruf treffsicher durchgeführt werden.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Der Rückruf konnte durch die bestehenden *Traceabilitysysteme* beim Lieferant und beim Hersteller zielgenau durchgeführt werden.

**Aufwände für den Austausch:**

Die defekten Bauteile wurden vom Kundendienst des Herstellers beim Kunden ausgetauscht. Hierfür war je Produkt eine Anfahrt zum Kunden und der Produkttausch nötig (Zeitaufwand für den Austausch: ca. 1h/Produkt).

#### 7.1.7.9 Fall 9: Fehlerhafte Auslegung eines Produktes

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Produkt: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | | |
| Rückrufumfang: | 2,5 Jahresproduktion | davon nötig: | 2,5 Jahre | 100% |
| | | davon unnötig: | 0 Jahre | 0% |

**Kurzbeschreibung:**

Durch die fehlerhafte Auslegung der Wandstärke eines Produktes hielt dieses der Belastung nicht stand. Dies wurde entdeckt, nachdem ein Kunde reklamierte und eine Ursachenanalyse stattfand. Obwohl das Produkt bereits längere Zeit am Markt war, wurde noch immer mit der ersten Stücklistenrevision gefertigt. Somit waren alle im Markt befindlichen Produkte vom Rückruf betroffen. Das umgesetzte Modul „Kunde wurde beliefert“ der dynamischen *Traceability*, ermöglichte die gezielte Information der betroffenen Kunden.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Da alle Produkte vom Rückruf betroffen waren, hätte auch durch ein detaillierteres *Traceabilitysystem* keine genauere Eingrenzung erfolgen können.

**Aufwände für den Austausch:**

Vom Kundendienst des Herstellers mussten alle belieferten Kunden aufgesucht werden, um das Produkt zu ersetzen. Die Kosten setzten sich somit aus der Anfahrt und dem Produkttausch zusammen.

#### 7.1.7.10 Fall 10: Fehlerhafte Softwarerevision

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kennzeichnung Produkt: Hersteller, Typ und Charge (Monatskennung) | | | |
| Rückrufumfang: | unbekannt | davon nötig: | 20% |
| | | davon unnötig: | 80% |

**Kurzbeschreibung:**

Durch die Aktualisierung der Software eines Produktes entstand eine neue Softwarerevision. Diese erfüllte jedoch nicht alle Sicherheitsanforderungen, weswegen Produkte mit der betroffenen Softwarerevision vom Markt zurück gerufen werden mussten.

**Zusätzlich nötige *Traceabilitymodule* für eine deutliche Reduzierung des Rückrufumfanges:**

Für die deutliche Eingrenzung wäre eine statische *Traceability* mit dem Modul der „Software-Revision“ notwendig gewesen. Aufgrund der Monatskennung konnte jedoch in etwa abgeschätzt werden, wann welche Produkte mit der betroffenen Softwarerevision gefertigt wurden. Da das Produkt nicht nur als Produkt zum Kunden vertrieben, sondern zusätzlich zwischengelagert und in weiteren Produkten verbaut wurde, hätte für die direkte Kundenbelieferung das Modul „Kunde aus Charge beliefert“ umgesetzt werden müssen. Für die Produkte, die über ein übergeordnetes Produkt zum Kunden gingen, hätten die *Bauteiltraceability* über die „zeitliche Zuordnung“ und das Modul „Kunde aus Charge beliefert“ umgesetzt werden müssen.

**Aufwände für den Austausch:**

Da die Fehlerursache in diesem Fall durch die Software verursacht wurde, war es lediglich notwendig, die Software auf einen neuen Revisionsstand zu aktualisieren. Dazu musste jedoch der Kundendienst des Herstellers des Produktes die Produkte aufsuchen und die Anlagen, in denen die Produkte verbaut waren, für kurze Zeit außer Betrieb nehmen, um das Update einzuspielen.

### 7.1.8 Zusammenfassung der Rückrufanalyse

Durch die Analyse der Rückrufe zeigte sich, dass vier der zehn Rückrufe durch Fehler verursacht wurden, die sich über die Stücklisten- oder Software-Revision nachvollziehen lassen. Dies deckt sich mit der Analyse des Kraftfahrt-Bundesamtes, welches die Rückrufe des Jahres 2004 analysierte und zu der Erkenntnis kam, dass 38% der Rückrufe auf Konstruktionsfehler zurückzuführen sind. Fünf der zehn Fälle sind aufgrund von Material- und Fertigungsfehlern beim Hersteller entstanden und in einem Fall liegt die Ursache in einer Materialverwechslung. Dies deckt sich nicht gänzlich mit den Auswertungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, ergibt sich jedoch aufgrund der niedrigen Fertigungstiefe der Unternehmen, die in der vorliegenden Analyse betrachtet wurden. Dadurch verschieben sich Produktionsfehler zum Lieferant und sind somit Material- oder Fertigungsfehler.

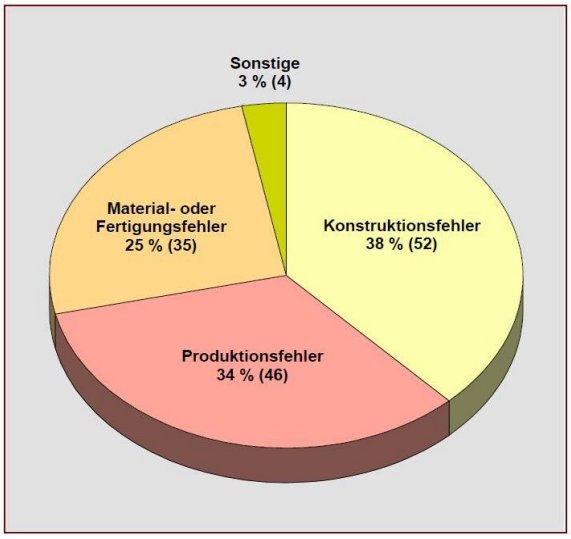



Bild 18: Rückrufanalyse bei Automobilprodukten

(Kraftfahrt-Bundesamt 2004)

Die Auswertung zeigt, dass je nach Fehlerursache und Wertschöpfungstiefe unterschiedliche Ausprägungen der *Traceability* notwendig gewesen wären. Bei Rückrufen, die durch den letzten Produktionsschritt verursacht wurden, ist die statische *Traceability* meist ausreichend. Wenn hingegen der Zulieferer der Verursacher ist, ist eine dynamische *Traceability* insbesondere die *Bauteiltraceability* notwendig. Die *Vertriebstraceability* wurde auf Basis des Moduls „Kunde wurde beliefert“ in allen untersuchten Fällen bereits durchgeführt (durch ○ in Tabelle 4 dargestellt), wobei in allen Fällen außer dem fünften und dem neunten Fall eine detailliertere *Vertriebstraceability* für die Rückrufeingrenzung nützlich gewesen wäre.

In der folgenden Tabelle ist ein Vergleich der Ist- und Soll- *Traceability* angeführt, der aufzeigt, welche Module des *Traceabilitymodells* bei den beschriebenen Fällen nützlich gewesen wären. Anhand der Rückrufbeispiele lassen sich Empfehlungen ableiten, welche *Traceabilitymodule* umgesetzt werden sollen. Im Anhang ist ein Vorschlag für eine Produktbewertung angefügt, um das Rückrufrisiko von Produkten festzustellen. Die folgende Matrix ist aus den Erfahrungen der Rückrufanalyse entstanden

| | Ursache | | | Unötig zurückgerufen | Kennzeich. | | | Ist-Traceability | | | | | Soll-Traceability | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stückliste/Software | Lieferant | Unbekannt | | Hersteller + Typ | Charge | Seriennummer | Statische Traceability | Bauteiltraceability | Prozesstraceability | Prüfdatentraceability | Vertriebstraceability | Statische Traceability | Bauteiltraceability | Prozesstraceability | Prüfdatentraceability | Vertriebstraceability |
| Fall 1 | ● | | | 25% | ● | ● | | | | | | ○ | ● | | | | ● |
| Fall 2 | | ● | | 45% | ● | | ● | | | | | ○ | | ● | | | ● |
| Fall 3 | | ● | | 75% | ● | ● | | ● | ● | | | ○ | | ● | | | ● |
| Fall 4 | | ● | | 80% | ● | ● | | | | | | ○ | | ● | | | ● |
| Fall 5 | | ● | | 5% | ● | | ● | ● | ● | | | ● | ● | ● | | | ● |
| Fall 6 | | | ● | | ● | ● | | | | | | ○ | | | | | ● |
| Fall 7 | ● | | | 15% | ● | ● | | | | | | ○ | ● | | | | ● |
| Fall 8 | | ● | | 0% | ● | | ● | ● | ● | | | ● | ● | ● | | | ● |
| Fall 9 | ● | | | 0% | ● | ● | | | | | | ○ | | | | | ○ |
| Fall 10 | ● | | | 80% | ● | ● | | | | | | ○ | ● | | | | ● |

| | |
|---|---|
| | Keine Ausprägung war umgesetzt bzw. wäre nötig gewesen. |
| ○ | Keine oder Zeitliche Zuordnung lt. Traceabilitymodell war umgesetzt, bzw. wäre nötig gewesen. |
| ● | Direkte Zuordnung lt. Traceabilitymodell war umgesetzt bzw. wäre nötig gewesen. |

Tabelle 4: Rückrufanalyse

**Bewertung/Nutzen:**

Die Rückrufanalyse zeigt, dass abhängig vom Rückrufgrund, bis zu 80% Kosteneinsparung durch geeignete *Traceabilitymaßnahmen* möglich sind. Da die Kosten eines Rückrufs beträchtliche Ausmaße annehmen können, machen sich auch geringfügige Einsparungen von wenigen Prozentpunkten bereits bezahlt.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der Rückrufeingrenzung ist bei der Hälfte der untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.1.9 Umsetzung der Anforderungen aufgrund von QMS und Verordnungen

**Übersicht:**

Die Anforderungen an Produkte, die auf Basis eines QMS produziert werden müssen, werden in den Normen der QMS auf einem allgemein gültigen Level beschrieben. Abweichungen sind aufgrund der Baumusterprüfung möglich. Die folgenden Darstellungen der *Traceability* zu den unterschiedlichen QMS sind gängige Praxisbeispiele, für die mehrere Produkte auf deren Anforderungen untersucht wurden.

**Bewertung/Nutzen:**

*Traceability* kann dabei helfen, die Anforderungen der unternehmensweiten QMS zu gewährleisten, doch ihr Nutzen geht auch über die QMS hinaus, wie sich in den restlichen *Traceabilityanwendungen* zeigt.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Nur 4 der untersuchten Unternehmen geben an, *Traceability* für die Unterstützung der QMS umgesetzt zu haben.

#### 7.1.9.1 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 9001

Das QMS nach DIN 9001 stellt unpräzise Anforderungen an die *Traceability*. Die Produktkennzeichnung muss nach der DIN 9001 während der Produktrealisierung

angemessen und der Produktstatus in Bezug auf Überwachungs- und Messanforderungen nachvollziehbar sein (vgl. DIN EN ISO 9001). Zusätzlich bietet die DIN 9001 die Möglichkeit, dass Rückverfolgbarkeit durch den Kunden gefordert werden kann. Wenn dies der Fall ist, muss die Organisation die eindeutige Kennzeichnung des Produktes lenken und die Aufzeichnungen aufrechterhalten (vgl. DIN EN ISO 9001). Somit ergeben sich aus der DIN 9001 keine Anforderungen an die Umsetzung von *Traceability*.

#### 7.1.9.2 Umsetzungen der Anforderungen der ISO/TS 16949

Wie bereits im Zuge der Voruntersuchung zum Thema Automobil beschrieben, lässt die ISO/TS 16949 zu, dass eine Rückverfolgbarkeit und deren Detaillierungsgrad zwischen dem Hersteller und dem Kunden vereinbart werden können. Im Zuge dieser Ausarbeitung wurden drei Automobilprodukte detaillierter untersucht. Zwei dieser Produkte werden direkt vom OEM im Fahrzeug, das dritte Produkt wird über einen "TIER 1"- Hersteller in Produkten verbaut, die an einen OEM geliefert werden, der die Produkte als letzten Schritt im Fahrzeug verbaut. Bei allen drei Produkten wurde im Zuge der Entwicklung eine Risikoanalyse durchgeführt, um die kritischen Bauteil-, Prozess- und Prüfdaten zu identifizieren. Die Bauteile wurden dafür in drei Kategorien eingeteilt: unkritisch, kritisch und sehr kritisch. Die Prozessdaten werden statistisch ausgewertet, weswegen eine zeitliche Zuordnung der Prozessdaten ausreichend ist. Die Endprodukte werden einer 100-prozentigen Prüfung unterzogen und das Prüfergebnis mit dem Endprodukt verknüpft. Da immer derselbe Kunde mit den Produkten beliefert wird, ist die *Vertriebstraceability* mit „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“ bei den untersuchten Produkten beiläufig gegeben.

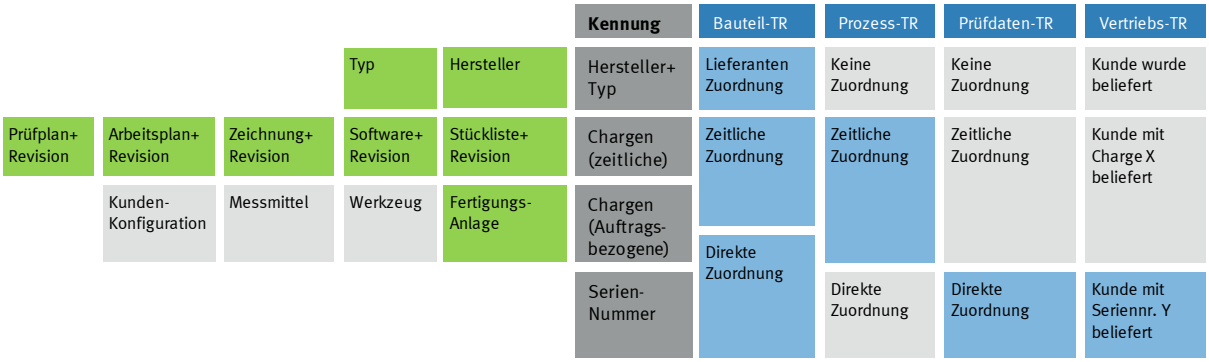



Abbildung 38: Traceabilitymodell – ISO/TS 16949

Aufgrund der umzusetzenden *Traceabilitymodule* ist die Markierung der Produkte mit einer eineindeutigen Seriennummer erforderlich. Da sich für die Bauteile, die im Produkt verbaut wurden, unterschiedliche Rückverfolgbarkeitsstufen ergaben, wurden alle drei Module der *Bauteiltraceability* umgesetzt. Für unkritische Bauteile ist die „Lieferantenzuordnung“ ausreichend, für kritische Bauteile wurde die „zeitliche Zuordnung“ und für sehr kritische Bauteile die „direkte Zuordnung“ zwischen dem Bauteil und dem Produkt umgesetzt. Da es sich hierbei nur um drei exemplarisch genannte Beispiele handelt, ist eine andere Ausprägung des *Traceabilitymodells* möglich.

Anzahl der untersuchten Produkte: 3

#### 7.1.9.3 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 80079-34

Die DIN 80079-34 weist im Unterschied zu den bis jetzt beschriebenen Anforderungen der QMS explizit auf die Anforderungen der Rückverfolgbarkeit hin. Ein Hersteller, der Geräte für den explosionsgefährdeten Bereich der Kat. 1[38] und elektrische Geräte der Kat. 2 herstellt, muss ein QMS nach DIN 80079-34 betreiben. In der DIN 80079-34 wird unter Punkt 4.2.4 definiert, dass die Inspektions- und Prüfdaten sowie Aufzeichnungen zu den Auslieferungsdaten (Kunde, Datum, Menge einschließlich Seriennummer[39] [sic]) zu dokumentieren sind. Im Punkt 7.5.3 wird zusätzlich definiert, dass eine Rückverfolgbarkeit für das Endprodukt und dessen wichtige Teile erforderlich sind. Dies kann anhand einer Serien- oder Losnummer durchgeführt werden (vgl. DIN EN ISO 80079-34).

[38] Kategorie zur Unterscheidung von ATEX-Geräten

[39] In diesem Fall Chargennummer

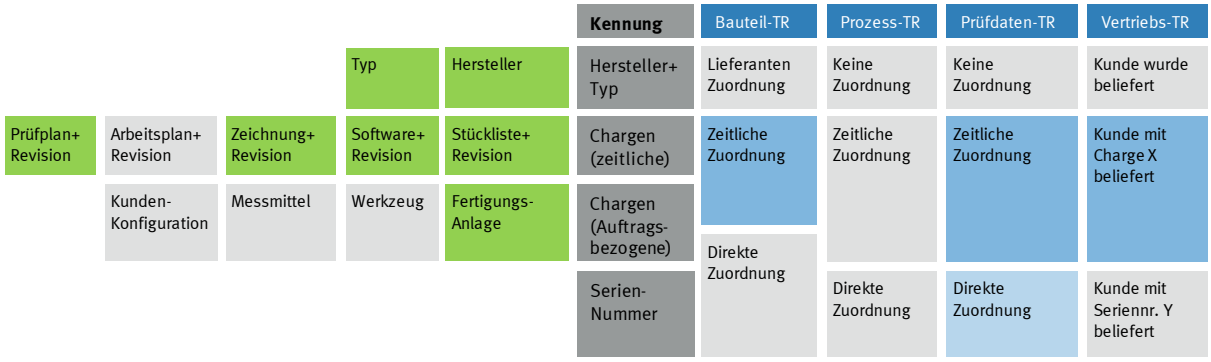



Abbildung 39: Traceabilitymodell - DIN 80079-34

Für die Umsetzung der Anforderungen des QMS nach DIN 80079-34 ist eine Chargenkennzeichnung erforderlich. Anhand dieser Chargenkennzeichnung lässt sich dokumentieren, mit welcher Stücklistenrevision und welcher Prüfplanrevision gefertigt wurde. Zusätzlich sind noch die Module der *Bauteil-* und *Prüfdatentraceability* umzusetzen, wenn kritische Bauteile verbaut werden. Welche Bauteile und Prüfdaten eines Produktes zu dokumentieren sind, ist durch die „benannte Stelle“ im Zuge der Baumusterprüfung festzulegen. Bei den Prüfdaten kann die "benannte Stelle" eine 100-prozentige Prüfung vorschreiben, was somit zu einer direkten Zuordnung der Prüfergebnisse führt (in "Abbildung 39: Traceabilitymodell - DIN 80079-34 in hellblau dargestellt). Um die *Vertriebstraceability* in ausreichendem Detaillierungsgrad, wie von der DIN 80079-34 gefordert, durchzuführen, ist das Modul „Kunde mit Charge beliefert“ umzusetzen.

Anzahl der untersuchten Produkte: 5

#### 7.1.9.4 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 13485

Die DIN 13485 beschreibt die Anforderungen an ein QMS, das zur Produktion von Medizinprodukten zugelassen ist. Im Unterschied zur DIN 9001 muss die Organisation das Produkt während der gesamten Produktrealisierung mittels dokumentierter Verfahren kennzeichnen, um eine Produktidentifizierung zu ermöglichen. Zusätzlich beschreibt die DIN 13485, dass die Organisation über ein dokumentiertes Verfahren die Rückverfolgbarkeitsanforderungen für das Medizinprodukt festlegen muss (vgl. DIN EN ISO 13485).

> Die Rückverfolgbarkeit wird im typischen Fall gefordert, wenn die Erfordernis besteht, ein fehlerhaftes Produkt zu seinem Ursprung zu verfolgen und die Standorte des Rests der beeinträchtigten Charge festzustellen.
>
> (CEN ISO/TR 14969).

Wie detailliert die *Traceability* somit durchgeführt werden muss, obliegt der Beurteilung der Organisation.

Die Kennzeichnung von Medizinprodukten ist abhängig von der Kategorie des Medizinproduktes. So gelten für nicht implantierbare Medizinprodukte geringere Anforderungen an die *Traceability* als bei implantierbaren Medizinprodukten. Bei implantierbaren Medizinprodukten ist neben der Beurteilung der *Bauteiltraceability* eine Beurteilung für die Rückverfolgbarkeit der Arbeitsumgebung einzubeziehen (*Prozesstraceability*), wenn die Arbeitsumgebung dazu führen kann, dass das Medizinprodukt die Anforderungen nicht erfüllt (vgl. DIN EN ISO 13485).

> *Es kann sinnvoll sein, auch die Personen, die am Produktionsprozess beteiligt waren, zu identifizieren.*
>
> (CEN ISO/TR 14969).

Zusätzlich muss für implementierbare Medizinprodukte eine *Vertriebstraceability* durch Dritte oder Vertriebsmitarbeiter umgesetzt werden (vgl. DIN EN ISO 13485). Wobei auch die Verordnung 2012/0266, die derzeit nur als Vorschlag existiert, bereits fordert, dass alle Wirtschaftsakteure, die an der Produktion und am Vertrieb von Medizinprodukten beteiligt sind, ihre Zulieferer und ihre Abnehmer klar identifizieren können müssen (vgl. VO Vorschlag 2012/0266).

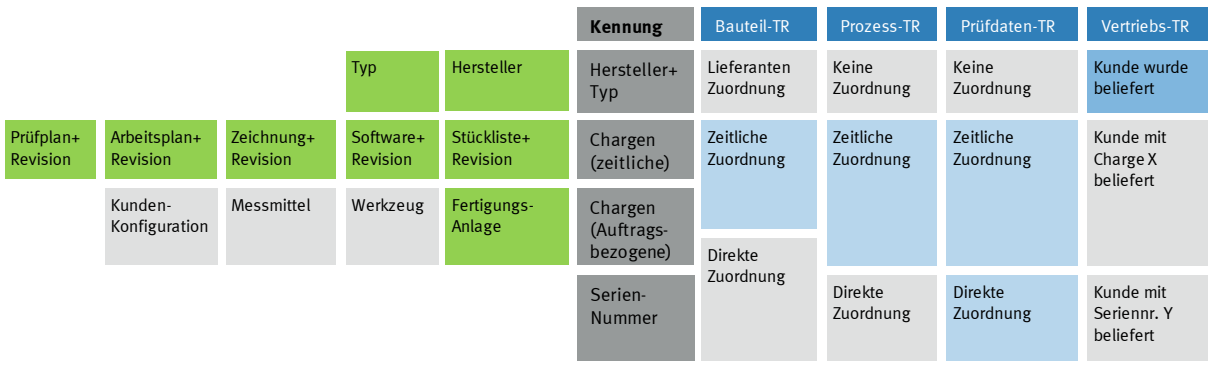



Abbildung 40: Traceabilitymodell - DIN 13485

Das Schaubild zeigt anhand eines implementierbaren Medizinproduktes, welche Module umzusetzen sind. *Es ist bei endgefertigten Medizinprodukten üblich, sie durch eine Chargen-, Los- oder Seriennummer […] zu kennzeichnen* (CEN ISO/TR 14969). Über diese Chargenkennzeichnung sollten die Dokumente der Stückliste, der Software, des Arbeitsplans und des Prüfplans rückverfolgbar sein. Zusätzlich können bei Bedarf die Module „zeitliche Zuordnung“ der *Bauteiltraceability*, der *Prozess-* und *Prüfdatentraceability* notwendig sein. Des Weiteren muss das Modul „Kunde wurde beliefert“ umgesetzt werden, um der Verordnung 2012/0266 gerecht zu werden.

Anzahl der untersuchten Produkte: 2

#### 7.1.9.5 Umsetzungen der Anforderungen des Qualitätsmanagementsystems DIN 9100

Entgegen den Erwartungen existieren in der Luftfahrtindustrie keine generellen Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit (vgl. Zenith Aviation Inc. 2013). Die richtigen *Traceabilitydaten* seien jene, die der Verbauer als nützlich definiert. Das heißt, dass der Kunde mit seinem Lieferanten zu definieren hat, welche *Traceabilitydaten* relevant sind und somit dokumentiert werden müssen (vgl. Dickstein 2013b).

Auch das QMS nach DIN 9100 definiert nicht genau, was unter *Traceability* in der Luftfahrt verstanden wird und wie detailliert diese umgesetzt werden muss.

> *Die Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit können einschließen:*
>
> *– die Kennzeichnung während der gesamten Lebensdauer des Produktes aufrechtzuerhalten,*
>
> *– die Fähigkeit, alle aus derselben Rohstoffcharge gefertigten Produkte oder alle Produkte aus demselben Fertigungslos bis zum Verbleib (z. B. Lieferung, Verschrottung) rückzuverfolgen,*
>
> *– bei einer Baugruppe die Fähigkeit, deren Bestandteile auf die Baugruppe und anschließend auf die der nächsthöheren Baugruppe rückzuverfolgen, und*
>
> *– bei einem Produkt, die Nachvollziehbarkeit von dessen Produktion (Fertigung, Montage, Prüfung/Verifizierung) durch eine Aufzeichnung der aufeinanderfolgenden Schritte [...]*
>
> *(DIN EN 9100).*

Diese Anforderungen ließen sich im *Traceabilitymodell* darstellen. Da die Anforderungen jedoch stark produktabhängig sind, erfolgt keine Abbildung.

Die "Federal Aviation Administration" stellt eine Entscheidungshilfe zur Verfügung, die darstellt, welche Daten zu welchem Bauteil rückverfolgbar sein sollten. Diese Matrix ist im Anhang 1 der FAA_AC_00-56 A zu finden (vgl. Federal Aviation Administration 2013). Die Anforderungen sind jedoch nur eine Empfehlung.

### 7.1.10 Verordnungen

In den folgenden Kapiteln wird die Umsetzung von *Traceabilityanforderungen* aus Sicht von Verordnungen aufgezeigt. Dazu wurden wiederum mehrere Produkte analysiert, um die *Traceabilityanforderungen* aufzudecken.

#### 7.1.10.1 Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU

**Übersicht:**

Druckgeräte sind Produkte mit einem Mindestdruck von 0,5 bar (vgl. RL 97/23/EG). Abhängig vom Produkt aus Druck und Volumen (PS x V) und der Art des Gases, ergeben sich unterschiedliche Kategorien von Druckgeräten.

**Umsetzung:**

Aufgrund der, in Kapitel „4.2.7 Anforderungen aufgrund von QMS und Verordnungen“ beschriebenen, Anforderungen an Druckgeräte ergibt sich bei der Druckgeräte-richtlinie eine Aufteilung der Fertigungsprozesse in einen Prozess bis zur Endprüfung und einen nach der Endprüfung. Bis zur Endprüfung muss rückverfolgbar sein, aus welchem Guss das Material für den Druckbehälter stammt. Für den Guss muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 (siehe Tabelle 2: Arten von Prüfbescheinigungen) zur Prüfung der Spezifikationen des verwendeten Materials vorliegen. Wenn sich bei der Endprüfung herausstellt, dass das Produkt in Ordnung ist, muss nur noch dokumentiert werden, welche Kunden mit den Produkten beliefert wurden. Dies bedeutet, dass bis zur Endprüfung eine detailliertere Kennzeichnung nötig ist, für den Kunden jedoch nur noch eine Kennzeichnung mit dem Hersteller und dem Typ erforderlich ist (vgl. Leitlinie 7/4 der Arbeitsgruppe „Druck“ (vgl. Leitlinien DGRL 2013)).

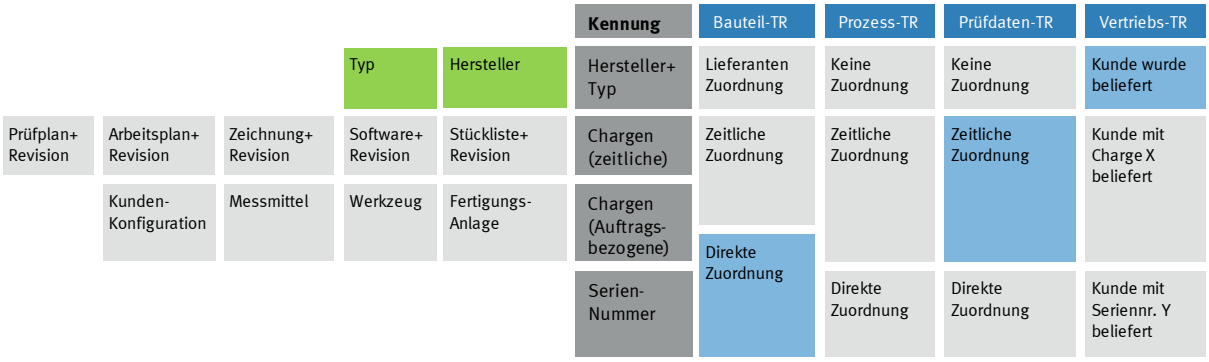



Abbildung 41: Traceabilitymodell - Druckgerät bis zur Endprüfung

Anzahl der untersuchten Produkte der Kategorie 2: 2

### 7.1.10.2 Umsetzung der Verordnung 1935/2004

**Übersicht:**

Die Verordnung 1935/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates definiert unter Artikel 18 die Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit von Materialien und Gegenständen, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen (vgl. VO 1935/2004). Sie besagt, dass die Rückverfolgbarkeit über alle Stufen gewährleistet sein soll, schließt den Artikel jedoch mit folgender Aussage ab:

> Die Unternehmer sollten zumindest jene Firmen ermitteln können, von denen sie die Materialien und Gegenstände bezogen oder an die sie solche abgegeben haben.
>
> (VO 1935/2004).

Als Stufen sind somit nur die einzelnen Teilnehmer in der Supply-Chain gemeint, womit eine direkte Rückverfolgbarkeit innerhalb der Teilnehmer nicht notwendig ist.

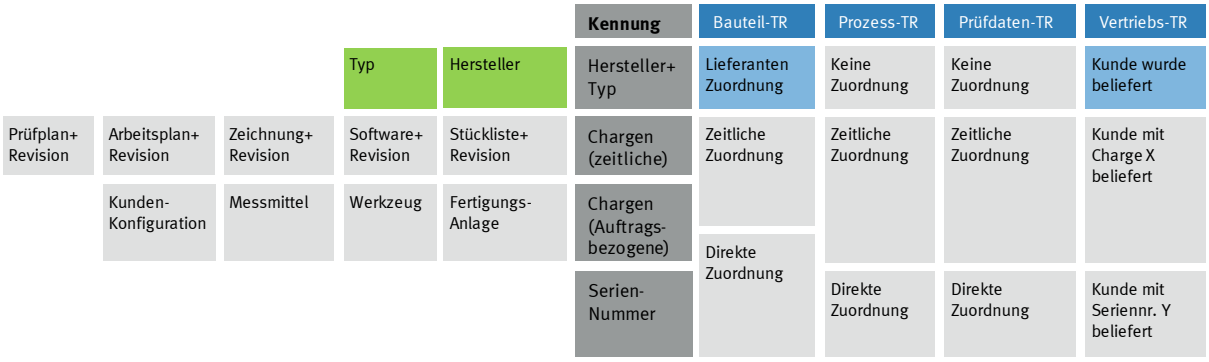



Abbildung 42: Traceabilitymodell - EG 1935/2004

**Umsetzung:**

Um die Anforderungen aus der EG 1935/2004 zu erfüllen, ist es lediglich notwendig, das Produkt mit der Herstellerkennzeichnung zu kennzeichnen. Die Herstellerfirma muss dokumentieren, von welchem Lieferant sie Bauteile für diesen Produkttyp geliefert bekommen hat und welche Kunden mit dem Produkttyp beliefert wurden. (vgl. Krell et al. 2006, Industrial Guideline).

Da diese Anforderungen jedoch manchen Kunden nicht detailliert genug sind, ist im folgenden Kapitel ein Beispiel für Kundenanforderungen im Lebensmittelbereich aufgezeigt.

### 7.1.11 Branchenanforderungen

Im folgenden Kapitel wird die Umsetzung von strengeren Kundenanforderungen auf Basis der EG 1935/2004 aufgezeigt, die als Branchenanforderung gesehen wird, da sie über den Anforderungen der EG 1935/2004 liegen.

**Übersicht:**

Besonders hervorzuheben ist die Branchenforderung der Lebensmittelindustrie, bei der Kunden Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit stellen, die strenger als jene der Verordnung EG 1935/2004 sind. Aufgezeigt wird die *Traceability* anhand von zwei untersuchten Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus, bei denen durch die Kunden auf Basis des Vertragsabschlusses eine detaillierte *Bauteil-* und *Vertriebstraceability* gefordert wird.

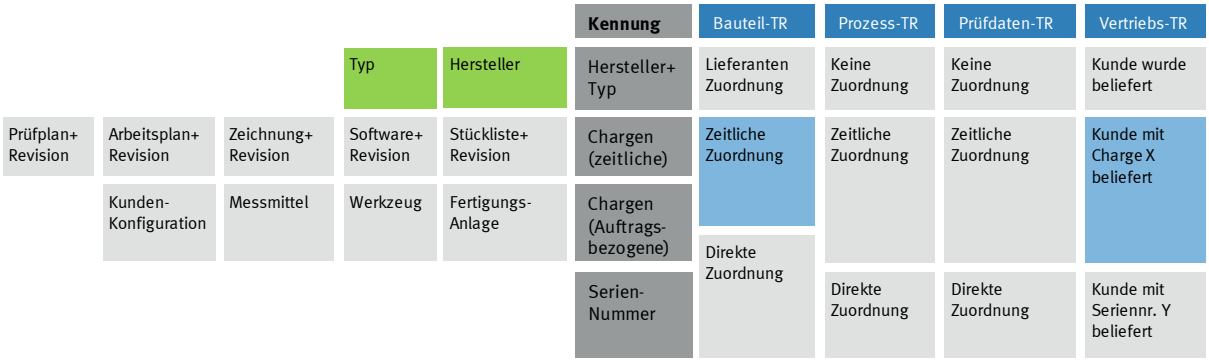



Abbildung 43: Traceabilitymodell - Branchenforderung

**Umsetzung:**

Um die Kundenanforderungen umzusetzen, werden die Produkte mindestens mit einer Chargenkennzeichnung auf Basis des Produktionsmonates gekennzeichnet, um die verwendeten Bauteile und deren Materialerzeugnisse über die zeitliche Zuordnung dem Produkt zuzuordnen. Über das Modul *Vertriebstraceability* wird dokumentiert, welcher Kunde mit welcher Charge beliefert wurde.

Anzahl der untersuchten Produkte: 2

**Bewertung/Nutzen:**

Die Gründe für die detaillierteren Anforderungen in der Lebensmittelindustrie liegen in den Erfahrungen der Lebensmittelbranche mit Produktrückrufen. Über die detailliertere Rückverfolgbarkeit von Anlagenteilen sollen im Falle von fehlerhaften Werkstoffen, die betroffenen Anlagenbauteile und Produkte, die auf den betroffenen Anlagen produziert wurden, auf ein Minimum begrenzt werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Bei 2 der 20 Unternehmen werden *Traceabilitymaßnahmen* für lebensmittelberührende Bauteile umgesetzt, um Kundenanforderungen zu erfüllen, die über den Anforderungen der Verordnung EG 1935/2004 liegen.

## 7.2 Produktion

### 7.2.1 Prozessanalyse zur Qualitäts- und Prozessverbesserung

**Übersicht:**

Im Unterschied zur Auswertung von Reklamationsdaten, welche in Kapitel „7.1.4 Reklamationsabwicklung“ beschrieben werden, basiert die Prozessanalyse auf Prozessdaten, die in der Produktion entstehen. Welche Daten zur Prozessanalyse dokumentiert werden sollen und welche Module der *Traceability* somit umgesetzt werden müssen, ist vom zu untersuchenden Prozess abhängig.

**Umsetzung:**

Die folgenden Beispiele zeigen zwei Umsetzungsmöglichkeiten, um *Traceabilitydaten* zur Prozessanalyse anzuwenden. Bei den angeführten Beispielen waren die *Traceabilitydaten* entweder bereits vorhanden oder das *Traceabilitysystem* wurde um

zusätzliche Module über einen definierten Zeitraum erweitert, um die Prozessanalyse anhand von definierten Traceabilitydaten durchzuführen.

**Beispiel für die Optimierung des Prüfablaufes anhand der Prozessanalyse:**

Im folgenden Anwendungsfall sollten die Gründe für die hohe Anzahl an Prüfabbrüchen durch den Prüfer dokumentiert werden, um Optimierungsmaßnahmen umzusetzen.

Hierzu wurden vorab die Prüfeinflüsse anhand des *Traceabilitymodells* besprochen und die relevanten Daten festgelegt.

Da es sich um ein konfigurierbares Produkt handelte, wurden folgenden Module der statischen *Traceability* über einen definierten Zeitraum dokumentiert:

Da auf dem Prüfautomaten mehrere Produkte geprüft wurden, war eine Unterscheidung der Produkttypen notwendig. Die Stücklistenrevision und die Software-Revision wurden ebenfalls als relevante Einflüsse bestimmt, weswegen diese ebenso dokumentiert wurden. Um den Einfluss der Fertigungsanlage bzw. Maschine in der Analyse bewerten zu können, wurde dokumentiert, auf welcher Fertigungsanlage bzw. Maschine das zu prüfende Produkt gefertigt wurde. Die Einflüsse aufgrund von unterschiedlichen Bauteilchargen wurden explizit ausgeschlossen und somit nicht dokumentiert. Um die Einflüsse unterschiedlicher Prüfplanrevisionen auszuschließen, wurden auch diese dokumentiert, wobei es zu keiner Änderung der Revision kam.

Als Prozessdaten wurden die Daten der einzelnen Prüfschritte wie Dauer und Wiederholungen innerhalb der Gesamtprüfung dokumentiert. Als Prüfdaten wurden die Prüfergebnisse und die Abbruchgründe dokumentiert.

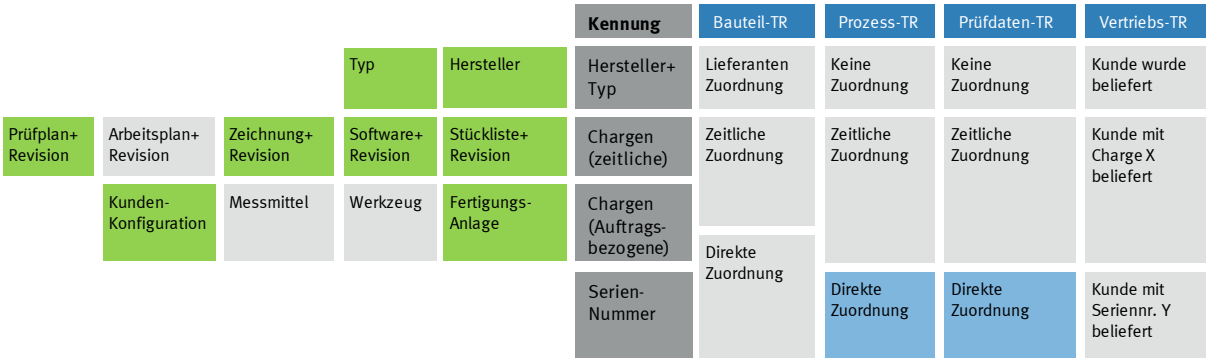



Abbildung 44: Traceabilitymodell - Prozessanalyse

**Bewertung/Nutzen Beispiel 1:**

Die Auswertung legte die hohe Anzahl an Fehlkonfigurationen bei bestimmten Kundenkonfigurationen durch den Monteur offen. Da der Monteur gleichzeitig auch für das Ausfüllen der Fehlersammelkarten verantwortlich war, wurden diese Fehler in der Fehlersammelkarte „unterschlagen“.

Zusätzlich konnte anhand der *Prozesstraceability* und der Ergebnisse der Prüfplan optimiert werden. Durch eine geringe Vergrößerung des Toleranzbereiches des Prüfergebnisses konnte eine Erhöhung des Erstprüfungserfolges erzielt werden.

| Vor der Prüfplanoptimierung | Nach der Prüfplanoptimierung |
|---|---|
| $FPY = \frac{782}{958} * 100 = 81{,}6\%$ Jahresdurchschnitt | $FPY = \frac{586}{684} * 100 = 85{,}7\%$ Jahresdurchschnitt |

Da die Produkte von unterschiedlichen Fertigungsanlagen an einem zentralen Prüfplatz geprüft werden, wurden auch die Einflüsse der Fertigungsanlagen nach der Änderung des Prüfplans bewertet. Dabei zeigte sich, dass hinsichtlich der Fertigungsanlage keine signifikanten Unterschiede der FPY-Rate[40] auftreten (geprüft mit ANOVA) [41] (vgl. Statistik: Dietrich und Schulze 2014, Mittag 2014).

| Woche | FPY Anlage A | FPY Anlage B |
|---|---|---|
| 1 | 89,7 | 84,7 |
| 2 | 81,4 | 86,1 |
| 3 | 84,5 | 83,2 |
| 4 | 84,8 | 91,9 |
| 5 | 87,3 | 86,3 |
| 6 | 79,7 | 79,3 |
| 7 | 85,1 | 82,6 |

[40] First-Pass-Yield Rate, Angabe in Prozent, wie viele Produkte die Produktprüfung beim ersten Prüfdurchlauf positiv abschließen.

[41] Theoriebeispiel für einen Hypothesentest, das sich mit dem Praxisbeispiel deckt. Six Sigma TC GmbH 2010

| | | |
|---|---|---|
| 8 | 81,7 | 89,1 |
| 9 | 83,7 | 83,7 |
| 10 | 84,5 | 88,5 |
| Mittelwert: | 84,24 | 85,54 |
| StdAbw: | 2,90 | 3,65 |
| p-Wert: | 0,39 | |
| ά | 0,05 | |

Tabelle 5: ANOVA-Analyse

Ergebnis: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 39% sind die Stichproben anlagenunabhängig.

**Beispiel für die Optimierung der Inbetriebnahmezeit einer vollautomatischen Anlage:**

Um an einer weiteren vollautomatischen Anlage eine stabile Produktion schneller zu erreichen, wurde an der Anlage ein umfangreiches *Traceabilitysystem* implementiert. Über das autarke *Traceabilitysystem* wurden relevante Daten der statischen und dynamischen *Traceability* erfasst. Zusätzlich wurden ausgewählte Daten in das zentrale *Traceabilitysystem* überspielt.

Dazu wurden die Produkte ab Beginn des Produktionsprozesses mit einer eineindeutigen Seriennummer markiert, um die relevanten Daten mit dem Produkt zu verknüpfen. Als statische Daten wurden alle im Modell darstellbaren Daten bis hin zu den verwendeten Messmittel dokumentiert. Als Daten der dynamischen *Traceability* wurden die zeitliche *Bauteiltraceability* und die *Prozesstraceability* teilweise mit der zeitlichen und teilweise mit der direkten Zuordnung und die *Prüfdatentraceability* mittels direkter Zuordnung umgesetzt.

Als Bauteile wurden unter anderem das Gehäuse, Federn, Deckel und die Kleber anhand der Chargenkennzeichnung auf den Umverpackungen der Bauteile erfasst.

Die Daten eines Löt- und Lackierprozesses wurden über eine zeitliche Zuordnung dem Produkt zugeordnet. Eine detailliertere Zuordnung der Stationsdurchlaufdaten, wie der Ergebnisse der Zwischen- und Endprüfung, fand direkt statt.

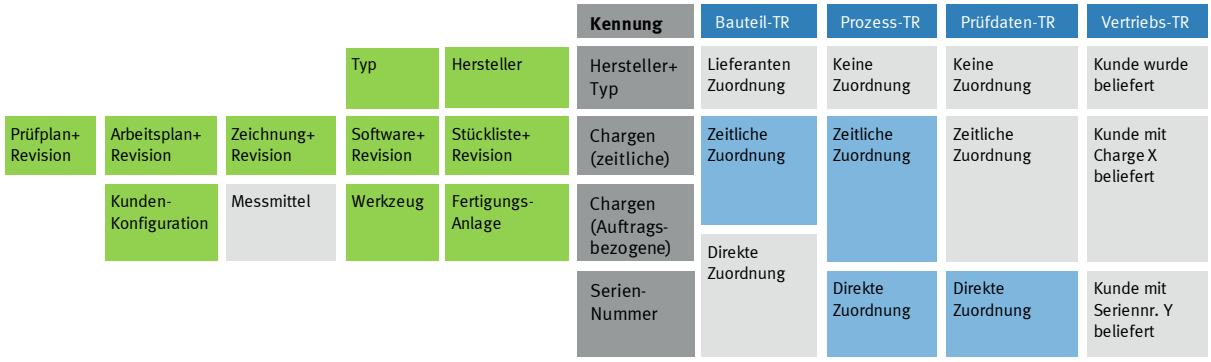



Abbildung 45: Traceabilitymodell Prozessverbesserung 1

**Bewertung/Nutzen Beispiel 2:**

Im Vergleich zu einer ähnlichen Anlage, die ohne *Traceabilitysystem* in Betrieb genommen wurde, konnte die Inbetriebnahmezeit bis zum Erreichen der First Pass Yield Rate von 99,9% um die Hälfte verkürzt werden. Zusätzlich konnte der unnötige Ausschuss an einwandfreien Produkten um ca. 75% reduziert werden, da defekte Produkte eindeutig identifizierbar wurden. Das bestehende *Traceabilitysystem* blieb noch über den Inbetriebnahmezeitraum hinaus in Betrieb, weswegen bei einem erfolgten Rückruf die dreifachen Kosten des *Traceabilitysystems* gespart werden konnten.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der Prozessanalyse anhand von *Traceabilitydaten* wird bei 5 der 20 Unternehmen aktiv umgesetzt.

### 7.2.2 Prozessverriegelung

**Übersicht:**

Als Prozessverriegelung bezeichnet man das Aufdecken von nicht durchgeführten, nicht beendeten oder fehlerhaften Prozessschritten (vgl. Gerberich 2011). Dazu wird dem betrachteten Bauteil eine Markierung gegeben, welche zeigt, dass entweder der Prozessschritt oder die Prüfung nach dem Prozessschritt erfolgreich abgeschlossen wurde. Im folgenden Bild (Bild 19: Manuelle Prozessverriegelung mit Q.C.-PASSED-) ist das Q.C.-PASSED[42] Etikett dargestellt. Dieses wird nach der Qualitätsprüfung

[42] Quality Check passed

aufgebracht, um Produkte zu unterscheiden, die die Qualitätsprüfung erfolgreich, nicht erfolgreich oder noch nicht absolviert haben. Neben der Markierung durch ein Etikett kann dies auch über die *Traceabilitydatenbank* dokumentiert werden.

Bild 19: Manuelle Prozessverriegelung mit Q.C.-PASSED-Etikett

**Umsetzung:**

Im Umsetzungsbeispiel erfolgt das Ablegen des Prüfstatus zur Verriegelung. Im Zuge des Verpackungsprozesses wir die Seriennummer des Produktes erfasst und überprüft, ob der Prüfstatus auf „passed“ gesetzt wurde. Erst nach der positiven Überprüfung des Produktstatus wird das Verpackungsetikett gedruckt. Wenn der Prüfstatus nicht „passed“ ist, erfolgt am Verpackungsplatz eine Fehlermeldung und das Produkt kann nicht verpackt werden.

| | | | | | **Kennung** | Bauteil-TR | Prozess-TR | Prüfdaten-TR | Vertriebs-TR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typ | Hersteller | Hersteller+ Typ | Lieferanten Zuordnung | Keine Zuordnung | Keine Zuordnung | Kunde wurde beliefert |
| Prüfplan+ Revision | Arbeitsplan+ Revision | Zeichnung+ Revision | Software+ Revision | Stückliste+ Revision | Chargen (zeitliche) | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Kunde mit Charge X beliefert |
| | Kunden-Konfiguration | Messmittel | Werkzeug | Fertigungs-Anlage | Chargen (Auftrags-bezogene) | Direkte Zuordnung | | | |
| | | | | | Serien-Nummer | | Direkte Zuordnung | Direkte Zuordnung | Kunde mit Seriennr. Y beliefert |

Abbildung 46: Traceabilitymodell - Prozessverriegelung I

Für die Prozessverriegelung über eine *Traceabilitydatenbank* müssen die Bauteile eineindeutig gekennzeichnet werden. Der eineindeutigen Seriennummer kann somit der Status der Prüfung oder der Status des Prozesses hinterlegt werden. Im nachfolgenden Prozessschritt kann dann auf die Daten der Seriennummer zugegriffen werden, um die Überprüfung durchzuführen.

**Bewertung/Nutzen:**

Aufgrund von monotonen Tätigkeiten an Montageplätzen kann es aus Gewohnheitsgründen passieren, dass defekte Produkte in die „Gut-Teile-Kiste“ gelegt werden. Um dies zu vermeiden, sind technische Maßnahmen, wie etwa Lichtschranken über Kisten (siehe Bild 20), die bei einem Fehlgriff Alarm auslösen, nötig. Diese teuren Systeme lassen sich durch die Anwendung der Prozessverriegelung über das *Traceabilitysystem* ablösen.

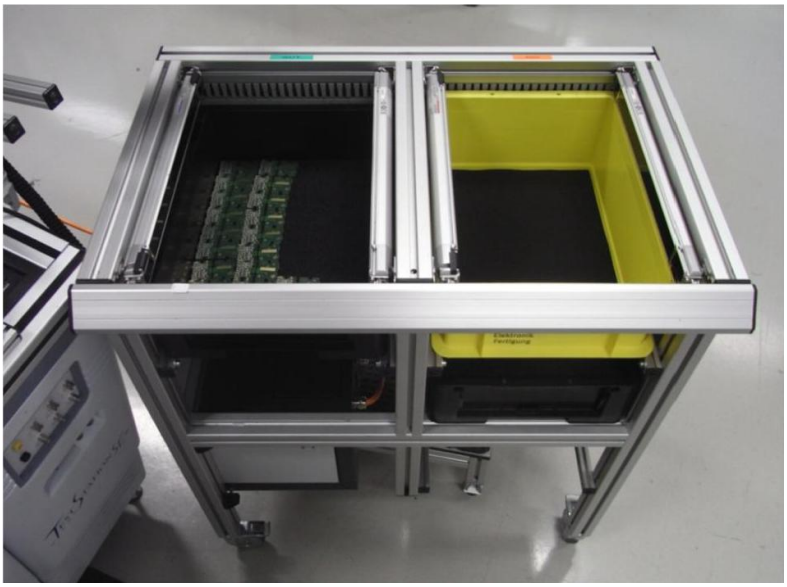


Bild 20: Qualitygate – Ablagekisten mit Lichtschranken zur Überwachung

### 7.2.3 Ausgeprägte Prozessverriegelung

**Übersicht:**

Im Gegensatz zur vorherigen Prozessverriegelung werden bei der ausgeprägten Prozessverriegelung neben dem Prüfstatus der Bauteile auch der Bauteiltyp und teilweise sogar die Stückliste, die Software, ggf. deren Revision und die Kundenkonfigurationen des Bauteils geprüft, um das Verbauen falscher Bauteile zu verhindern.

In diesem Fall wird das *Traceabilitymodell* auf Bauteile angewendet:

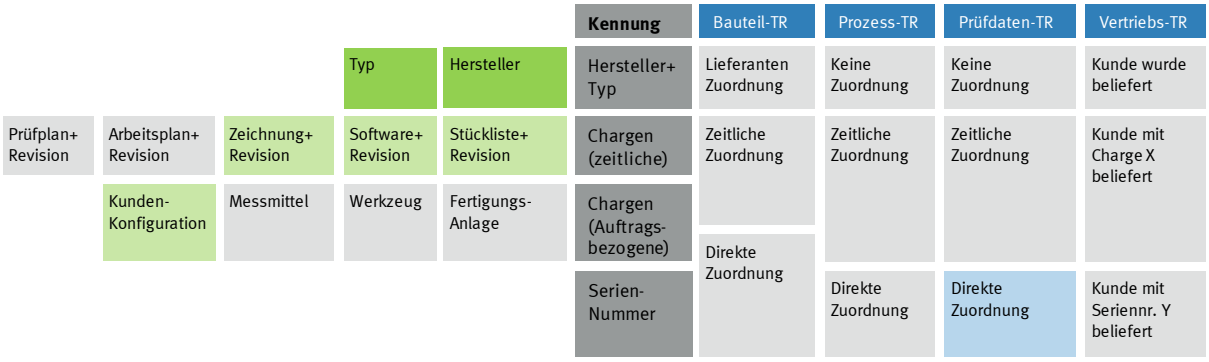



Abbildung 47: Traceabilitymodell - Ausgeprägte Prozessverriegelung

**Umsetzung:**

Das Produkt, welches für die Kundenkonfiguration um zwei weitere Bauteile ergänzt wird, muss vor der Auslieferung auf die richtige Kundenkonfiguration geprüft werden. Um auf die aufwändige Funktionsprüfung zu verzichten, wurden am Montageplatz drei Kameras zur Seriennummernerkennung der Bauteile und des Produktes angebracht. Nach dem Erfassen der Seriennummern der Bauteile mittels der Kameras, werden im zentralen *Traceabilitysystem* die Daten der Bauteile (Typ und Prüfstatus) der Ist-Konfiguration geprüft und mit der Soll-Konfiguration verglichen. Im angeführten Fall ist eine Seriennummer für die Bauteile im Einsatz, um den Prüfstatus der Bauteile zu prüfen.

**Bewertung/Nutzen:**

Durch die ausgeprägte Prozessverriegelung konnten die Kosten der Prüfvorrichtung im Umsetzungsprojekt um ca. 70% reduziert werden. Diese Ersparnis kommt zustande, da durch die Prozessverriegelung die sonst nötige Prüfung auf Funktion der Gesamteinheit eingespart werden konnte, da nur der Verbau der richtigen Bauteile geprüft wurde. Zusätzlich konnte die Prüfzeit deutlich verringert werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der beiden Varianten der Prozessverriegelung ist bei 3 der 20 untersuchten Unternehmen im Einsatz.

### 7.2.4 Produktionsunterstützung

**Übersicht:**

Die Anwendung der Produktionssteuerung ist von der Komplexität des zu fertigenden Produktes abhängig. Bei komplexen Produkten mit komplexen Fertigungsabläufen ist ein *Traceabilitysystem* nicht ausreichend, um alle Anforderungen für die Produktionssteuerung abzudecken. Hierfür sind lokale Systeme notwendig, die an den spezifischen Fertigungsprozess angepasst sind. Bei einfachen Fertigungs- und Montageprozessen kann das *Traceabilitystem* jedoch die Aufgaben eines MES übernehmen, wenn die passenden Abfragefunktionen zur Verfügung stehen.

In der folgenden Abbildung ist ein vereinfachter Fertigungs- und Montageprozess dargestellt, der aus den Tätigkeiten, „Auslösen des Auftrages“, „Material-Pickung“, „Fertigung/Montage“ „Prüfen“ und „Verpacken und Rückmelden“ besteht.

Abbildung 48: Fertigungsablauf mit Traceabilityunterstützung

**Umsetzung:**

Beim Umsetzungsprojekt wird statt dem Fertigungsauftragspapieren nur noch das Typenschild für das Endprodukt gedruckt und die Daten der statischen *Traceability* im *Traceabilitysystem* mit der Seriennummer hinterlegt.

Am Pickplatz (siehe Bild 21) wird über die Control Workstation die Seriennummer am Typenschild erfasst. Diese ist über das *Traceabilitysystem* mit der Stückliste und der Kundenkonfiguration verbunden und kann vom zuständigen Logistiker an der Pickstelle abgerufen werden. Dies erfolgt entweder per Pick by light-System, bei dem an den zu entnehmenden Bauteilen im Regal eine Markierung aufleuchtet (in der Darstellung unterhalb als Pick-tag dargestellt) oder über das Anzeigen der Stückliste an einem Display.

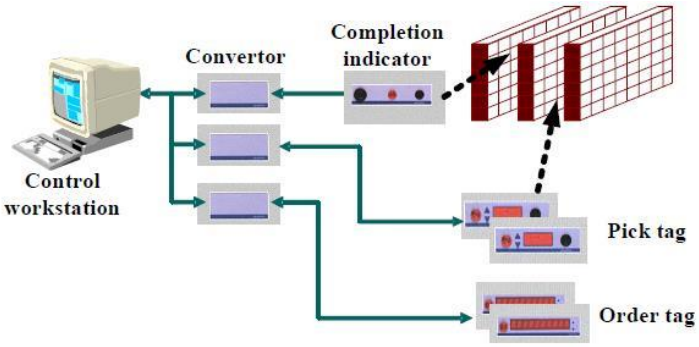



Bild 21: Pick by light-System

(Zhang et al. 2010)

Relevante Daten für die Pickung:

- Typ,
- Stückliste + Revision,
- Kundenkonfiguration

Am Fertigungs- und Montageplatz wird die Seriennummer ebenfalls erfasst. Am Montageplatzbildschirm erfolgt die Ausgabe der Arbeitspläne auf Basis der Stückliste und der Kundenkonfiguration. Abhängig davon, ob eine Software auf das Produkt programmiert wird, wird zusätzlich noch die nötige Softwarerevision anhand der Seriennummer des Produktes von der statischen *Traceabilitydaten* geprüft, um die richtige Softwarerevision in das Produkt einzuspielen.

Relevante Daten für den Fertigungs- und Montageplatz:

- Typ,
- Arbeitsplan,
- ggf. Software-Revision
- Kundenkonfiguration

Am Prüfplatz wird die Seriennummer nochmals erfasst und der aktuelle Prüfplan geladen. Dieser wird für die visuelle Prüfung am Prüfplatzbildschirm angezeigt. Gleichzeitig wird das aktuelle Prüfprogramm auf den Prüfrechner geladen, um die Prüfung auszuführen. Der Prüfstatus (passed /failed) wird mit der direkten Zuordnung der Seriennummer hinterlegt.

Relevante Daten für den Fertigungs- und Montageplatz:

- Prüfplan

Am Verpackplatz wird die Seriennummer zum letzten Mal erfasst und der Prüfstatus kontrolliert. Lautet dieser „passed“ (Prozessverriegelungen), wird das Verpackungsetikett passend zum Typ ausgedruckt. Mit dem erfolgreichen Abschluss der Verpackung wird das Produkt dem ERP-System als abgeschlossen rückgemeldet.

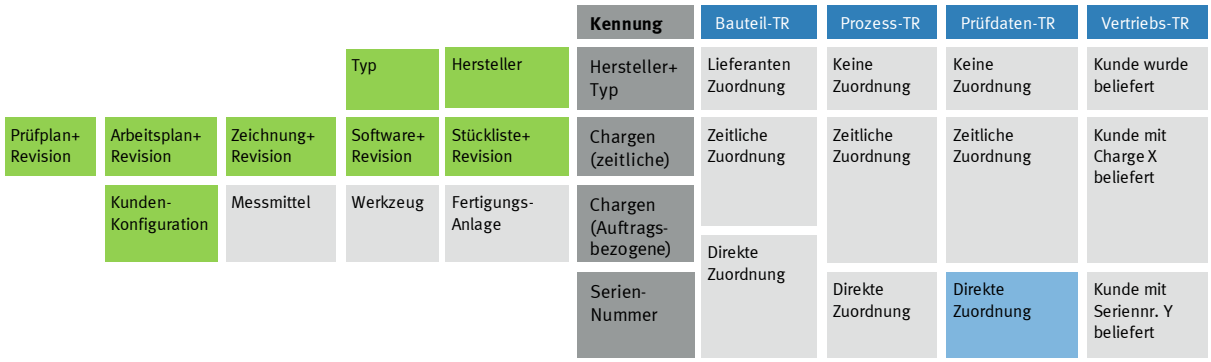



Abbildung 49: Traceabilitymodell - Produktionsunterstützung

**Bewertung/Nutzen:**

Durch die Produktionsunterstützung durch die beschriebenen *Traceabilitymodule* kann bei einfachen Produkten auf MES-Systeme verzichtet werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung der Produktionsunterstützung durch ein *Traceabilitysystem* ist bei 3 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

## 7.3 After Sales

Im Bereich des Aftersales unterstützen die *Traceabilitydaten* bei der Beratung des Kunden, wenn dieser zusätzliche Ergänzungen zum Produkt oder zu den Verbrauchsmaterialien erwerben will. Durch *Traceabilitydaten* lassen sich auch Vertriebsnetzwerke aufdecken.

### 7.3.1 Wartung und Instandhaltung durch den Kunden

**Übersicht:**

Der Zugriff auf relevante Produktinformationen, die den Instandhaltungstechniker bei der Wartung und Instandhaltung unterstützen, stellt einen zusätzlichen Kaufanreiz für Kunden dar. Bereits mehrere Unternehmen des Maschinenbaus bieten auf ihren

Homepages Service- bzw. Supportportale an, die dem Instandhaltungstechniker Informationen zu Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen zur Verfügung stellen.

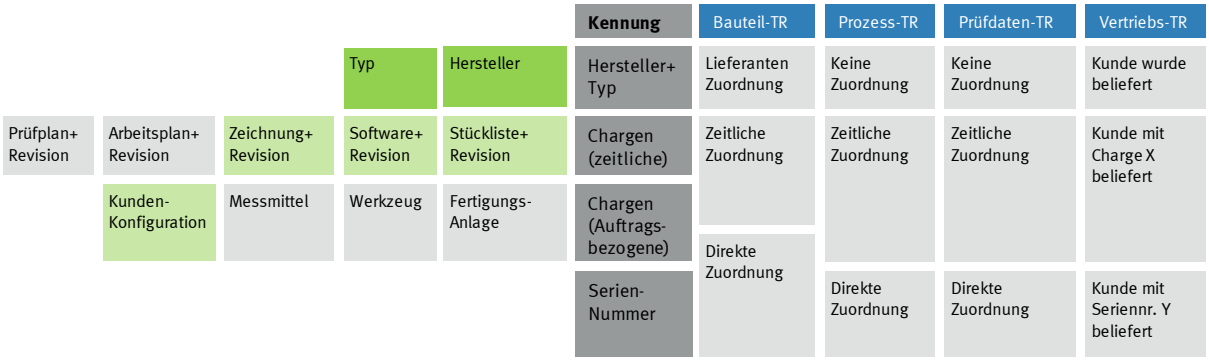



Abbildung 50: Traceabilitymodell - Wartung und Instandhaltung durch den Kunden

**Umsetzung:**

Auf diesem Gebiet werden in den Portalen die Teilenummer, oder je nach Detailierungsgrad die Chargen- oder eineindeutige Seriennummer der Produkte, als Eingabe gefordert, um die Daten der *Traceabilitydatenbank* in aufbereiteter Form dem Kunden zur Verfügung zu stellen. Für Produkte, die diese Anwendung unterstützen, bedeutet dies, dass sie zumindest mit der Herstellerkennzeichnung und dem Typ, und bei Bedarf mit einer Chargen- oder eineindeutige Seriennummer gekennzeichnet sind. Für diese Informationen müssen zumindest der Hersteller und der Typ in der *Traceabilitydatenbank* hinterlegt sein, um dem Supportportal die Anzeige der nützlichen Dokumente wie Bedienungsanleitungen, Wartungshinweise, Bedienersoftware, technische Daten und ähnliches zu ermöglichen.

**Bewertung/Nutzen:**

Durch den erleichterten Zugriff auf *Traceabilitydaten* während der Wartung und Instandhaltung durch den Instandhaltungstechniker lässt sich wertvolle Zeit einsparen. Einige Unternehmen bieten die Möglichkeit eines Data-Matrix-Codes auf ihren Produkten, die der Anwender mit seiner Smartphone-Kamera erfassen kann, womit das Smartphone auf die spezifische Produktseite des erfassten Produkts lädt und die nötigen Informationen anzeigt.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung ist bei 4 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt. Zwei der vier Unternehmen gaben jedoch an, dass sie diese Anwendung erst seit kurzem für ihre Kunden anbieten und positive Rückmeldungen der Kunden für diesen Service erhalten haben.

### 7.3.2 Vertriebsnetzwerk aufdecken

**Überblick:**

Beim Aufdecken des Vertriebsnetzwerkes werden die Empfänger von Produkten dokumentiert. In Abhängigkeit der Vertriebsstufen zwischen dem Hersteller und dem Kunden ist vom Interessenten zu definieren, bis zu welchem Kunden das Aufdecken des Vertriebsnetzwerks über *Traceability* sinnvoll ist. Wenn zwischen dem Hersteller und dem Händler zum Endkunden zu viele Unternehmensübergänge liegen, sind andere Möglichkeiten, wie etwa eine Marktforschung, vorzuziehen.

Wenn sich der Hersteller in der Supply-Chain jedoch nahe am Kunden befindet, ist das Aufdecken des Vertriebsnetzwerkes über *Traceability* möglich. Im Zuge der Voruntersuchung beschrieben zwei Teilnehmer die *Traceabilityanwendung* für das Aufdecken des Vertriebsnetzwerkes wie folgt:

**Umsetzung:**

Um eine optimale Beratung des Kunden zu gewährleisten, bestand der Hersteller auf den Vertrieb der Produkte über den Fachhandel. Da jedoch immer wieder Produkte im nicht autorisierten Handel verfügbar waren, begann der Hersteller zu dokumentieren, welche Chargen er an welchen Fachhändler lieferte. Anhand der Chargenkennzeichnung von Produkten bei nicht autorisierten Händlern konnte somit festgestellt werden, welcher vom Hersteller autorisierte Händler, Produkte an einen nicht autorisierten Händler weiter vertrieb.

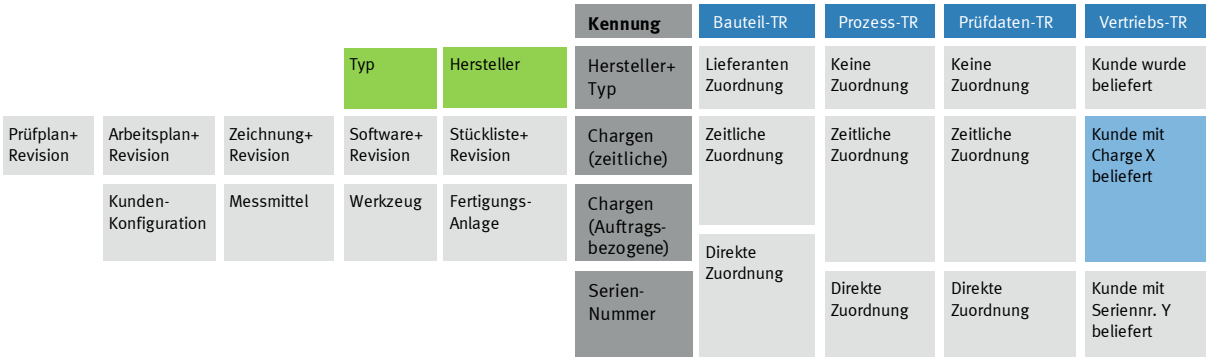



Abbildung 51: Vertriebsnetzwerk aufdecken - Händlernetz

Des Weiteren ist es möglich, diese Daten für Marketingmaßnahmen zu nutzen. Hierbei reicht es allerdings aus, das Modul "Kunde wurde beliefert" zu verwenden. Dadurch kann festgestellt werden, in welchen Märkten welche Produkttypen vorhanden sind, um beispielsweise die Werbung in betroffenen Märkten anzupassen.

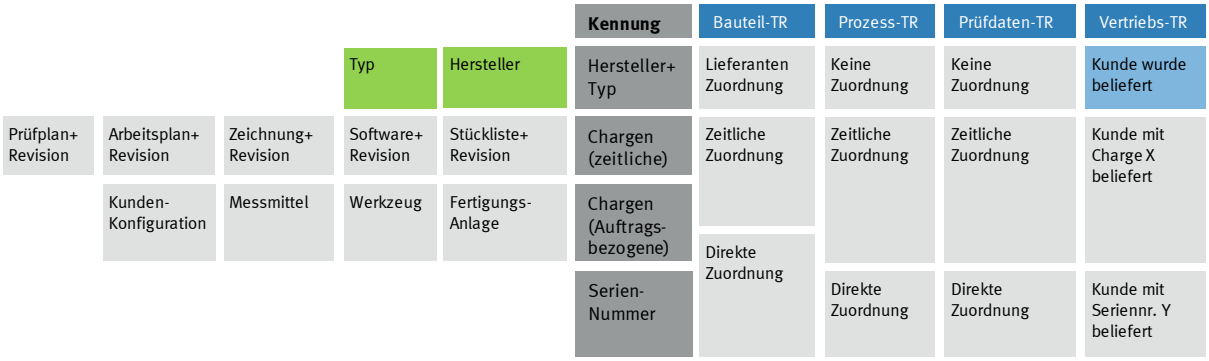



Abbildung 52: Vertriebsnetzwerk aufdecken - Marketingmaßnahmen

**Bewertung/Nutzen:**

Abhängig davon, wie wichtig das Verstehen des Vertriebsnetzwerkes für einen Hersteller ist, ist abzuwägen, ob die Aufwände für die Dokumentation gerechtfertigt sind (vgl. Lindemann 2012). Im Zuge des Umsetzungsprojektes konnte das Modul „Kunde mit Charge beliefert“ aufgrund des bestehenden Lagersystems sogar ohne zusätzlichen Personalaufwand bei der Lagerentnahme realisiert werden. Da die Vorlaufzeit zum Sammeln des notwendigen Datenumfanges in nicht autorisierten Märkten im beschrieben Fall jedoch etwa ein Jahr beträgt, konnte noch kein Nutzen generiert werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung wird bei 3 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

### 7.3.3 Kundendienstleistungen

**Überblick:**

Auf Basis von *Traceabilitydaten* und offenen Schnittstellen für Kunden und Anwender der Produkte eines Maschinenbauunternehmens lassen sich neue Kundendienstleistungen zur Verfügung stellen. Einige Projekte sind derzeit bei mehreren untersuchten Unternehmen im Entstehen, jedoch nur teilweise veröffentlicht. Die Grundidee wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

**Umsetzung:**

Zugriff auf technische Daten, Handbücher und ähnliches:

Einige Hersteller setzen auf ihren Produkten Markierungen ein, die der Kunde entweder als Klartext lesen und im Supportportal eingeben kann oder in maschinell lesbarer Form, die er mit seinem Smartphone erfassen und damit in weiterer Folge auf Produktdaten zugreifen kann. Abhängig von den für den Anwender zur Verfügung stehenden Informationen sind diese in der Datenbank bereit zu legen, um sie dem Kunden anzeigen zu können. Teilweise basieren diese Anwendungen auf der Typkennzeichnung (Anwendungsfall 1 - Siemens), womit keine Unterscheidung zwischen den unterschiedlichen Revisionen möglich ist. Vereinzelte Hersteller stellen ihren Kunden und Anwendern produktspezifische Informationen wie Revision von Software und Hardware bis hin zur Kundenkonfiguration zur Verfügung (Anwendungsfall 2 Festo und Endress & Hauser).

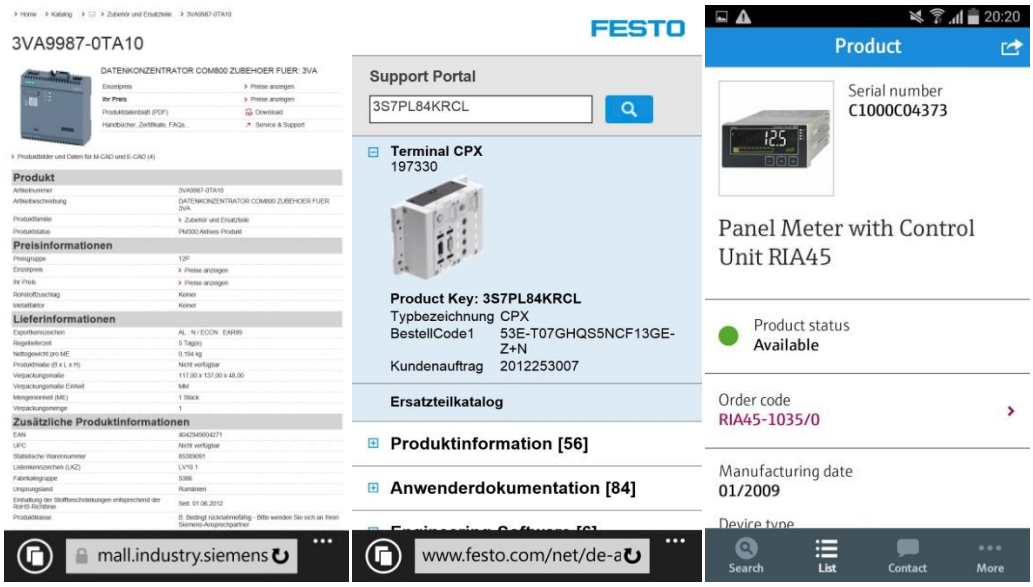



Bild 22: Smartphone-App von Siemens43, Festo44 und Endress & Hauser45

Eine weitere Ausprägung ist die Zurverfügungstellung von Prüfdaten und Kalibrierdaten über das Internetportal (Anwendungsfall 3 Endress & Hauser).

| | | | | | Kennung | Bauteil-TR | Prozess-TR | Prüfdaten-TR | Vertriebs-TR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typ 1 | Hersteller | Hersteller+ Typ | Lieferanten Zuordnung | Keine Zuordnung | Keine Zuordnung | Kunde wurde beliefert |
| Prüfplan+ Revision | Arbeitsplan+ Revision | Zeichnung+ Revision | Software+ Revision 2 | Stückliste+ Revision | Chargen (zeitliche) | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Zeitliche Zuordnung | Kunde mit Charge X beliefert |
| | Kunden-Konfiguration 2 | Messmittel | Werkzeug | Fertigungs-Anlage | Chargen (Auftrags-bezogene) | Direkte Zuordnung | | | |
| | | | | | Serien-Nummer | | Direkte Zuordnung | Direkte Zuordnung 3 | Kunde mit Seriennr. Y beliefert |

Abbildung 53: Traceabilitymodell - Kundendienstleistungen

Endress & Hauser bietet seinen Kunden zusätzlich ein Kundenportal an, mit dem Produktdaten durch den Kunden verändert werden können. So lassen sich Wartungs-, Instandhaltungs- und Umbaumaßnahmen in dem Portal dokumentieren und sind somit über den gesamten Produktlebenszyklus rückverfolgbar. Die Daten, die beim Updateprozess entstehen, sind anhand des *Traceabilitymodells* bewertbar.

---

[43] Screenshot der Anwendung, 14.7.2015

[44] Screenshot der Anwendung, 14.7.2015

[45] Screenshot der Anwendung Endress & Hauser: Endress & Hauser Operations App 2014

Da die Anwendungsfälle beim Kunden jedoch unterschiedlich sind, wird hier kein Anwendungsfall des *Traceabilitymodells* aufgezeigt.

Prozessverriegelung durch den Kunden:

Die Anwendung der Prozessverriegelung im Bereich der Produktion (siehe Kapitel „7.2.2 Prozessverriegelung“) lässt sich als Kundendienstleistung über Unternehmensgrenzen hinweg umsetzen, wenn dem Kunden standardisierte Datenabfragen in der *Traceabilitydatenbank* des Herstellers ermöglicht werden.

Umsetzungsbeispiel im Schaltschrankbau:

In typischen Schaltschränken sind Komponenten von vielen unterschiedlichen Lieferanten verbaut. Um Bestückungsstücklisten zu führen, ist ein großer Dokumentationsaufwand nötig, damit alle Bauteile des Schaltschrankes erfasst und die nötigen Daten in passenden Listen hinterlegt werden können (Bsp. siehe Tabelle 6: Herkömmliche Schaltschrankstückliste). Dem Schaltschrankbauer wäre es bei einer herstellerunabhängigen Schnittstelle möglich, alle Produkte über deren Produktmarkierung zu erfassen. Über eine standardisierte Abfrage beim Herstellerserver könnten die relevanten Zusatzdaten abgefragt werden, um in der detaillierten Stückliste ergänzt zu werden. Die Schaltschrankdokumentation lässt sich somit einerseits schneller erstellen, andererseits um einige Produktdetails erweitern (Bsp. siehe Tabelle 7: Erweiterte Schaltschrankstückliste auf Basis zentraler Informationsserver). In den untersuchten Unternehmen trat diese Anwendung jedoch nicht auf und ist bei einem Unternehmen nur in einer Konzeptphase vorhanden.

Hierzu sollten jene Daten wie in „Abbildung 53: Traceabilitymodell - Kundendienstleistungen“ über eine standardisiere Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

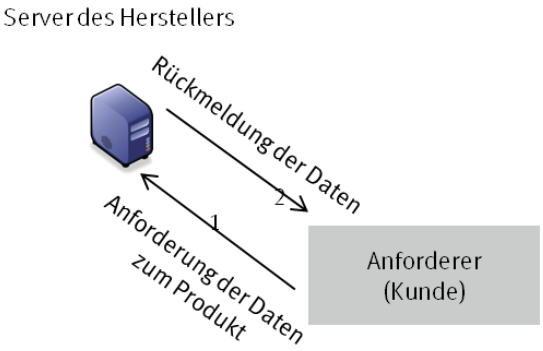



Abbildung 54: Abfrage von Produktdaten

Beim Verkauf von Lebensmitteln oder Konsumgütern an den Endkunden sind ähnliche Systeme bereits im Einsatz. Hersteller stellen hierbei dem Händler Produktinformationen über zentrale Anbieter zur Verfügung, sodass sich der Händler die Dateneingabe der Produktdaten in seine Systeme erspart. Dazu müssen die Produkte standardisiert markiert sein. Dies erfolgt bei Konsumgütern über einen EAN-Code[46], der als Barcode auf Produkten aufgebracht ist. Dem EAN-Code ist der Hersteller und der Produkttyp hinterlegt, zu dem weitere Informationen in einer zentralen Datenbank beigefügt werden.

| **Bezeichnung** | **Produkt** | **Hersteller** | **Seriennummer** |
|---|---|---|---|
| SPS | S2-M47 | ABC | 4864551 |
| Controller | MMC-34-18 | DEF | WD48 |

Tabelle 6: Herkömmliche Schaltschrankstückliste

[46] EAN: European Article Number

| Bezeichnung | Produkt | Hersteller | Seriennummer | Produktions-Datum | Software-Revision | Link Supportportal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SPS | S2-M47 | ABC | 4864551 | 17.4.2015 | 1.2.0 | www.abc.de/4864551 |
| Controller | MMC-34-18 | DEF | WD48 | 28.6.2015 | - | www.def.de/WD48 |

Tabelle 7: Erweiterte Schaltschrankstückliste auf Basis zentraler Informationsserver

**Bewertung/Nutzen:**

Die Anwendung von Supportportalen als Kundendienstleistung in Form von Internetseiten die über PCs oder Smartphones abrufbar sind, setzt sich mehr und mehr durch. Alleine die drei vorhin angeführten Smartphoneanwendungen bestätigen dies bereits. Als Nutzen kann die Erhöhung der Kundenzufriedenheit auftreten. Die zusätzlich beschriebene Anwendung für den Schaltschrankbau lässt eine deutliche Reduzierung der Aufwände für das Erstellen der Schaltschrankdokumentation zu, wenn solche Schnittstellen geschaffen werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung wird bei 2 der untersuchten Unternehmen umgesetzt, die ein Internetportal für den Kunden betreiben, um an spezifische Kundeninformationen zu gelangen.

## 7.4 Interne und externe Logistikanwendung

### 7.4.1 Kopplung des physischen und virtuellen Warenflusses

**Überblick:**

Über die Kopplung des physischen Warenflusses mit dem virtuellen Warenfluss soll ein reales Abbild im IT-System entstehen. Mit dem Schließen der Lücke zwischen physischem Warenfluss und den Informationen im Steuerungssystem wissen Produktionsplaner, welche Waren gerade in Bearbeitung und welche in Warteposition sind (vgl. Chongwatpol und Sharda 2013). Dazu werden sowohl Produkte als auch Versandbehälter im Warenfluss so oft wie möglich erfasst, um ein möglichst genaues Abbild der realen Warenflüsse zu erstellen.

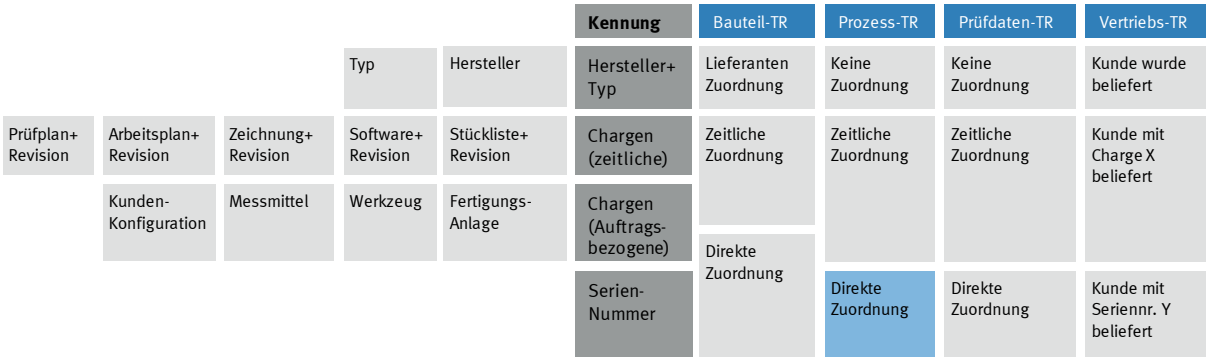



Abbildung 55: Traceabilitymodell - Kopplung des Warenflusses

**Umsetzung:**

Für das Erfassen von Bewegungsdaten sind die zu beobachtenden Objekte eineindeutig mit einer Seriennummer zu kennzeichnen. An den relevanten Stellen in der Produktion (wie z.B. Wareneingang, Lagereingang, Lagerausgang, Produktionshalleneingang, Produktionslagerzugang usw.) werden Lesegeräte angebracht, mittels derer die Bewegungsdaten erfasst werden. In diesem Fall ist es sinnvoll, funkbasierte Identifikationsmöglichkeiten wie RFID oder ähnliches zu nutzen, um Bewegungsdaten im „Vorbeifahren“ erfassen zu können.

**Bewertung/Nutzen:**

Die Umsetzung der Anwendung „Kopplung des Warenflusses“ ist mit hohen Aufwänden verbunden, da sie nur in ganzen Produktionswerken sinnvoll ist, um

genügend Bewegungsdaten zu erfassen. Der Nutzen der Anwendung ist jedoch hoch, wie Chongwatpol berichtet. Denn durch die Kopplung des Warenflusses als Informationsgrundlage für die Produktionsplanung, konnte die durchschnittliche Durchlaufzeit um 10%-15% reduziert werden (vgl. Chongwatpol und Sharda 2013).

Eines der untersuchten Unternehmen führt diese Anwendung bereits sehr erfolgreich durch. Als Vorzeigebeispiel soll nun der Ablauf dieser Funktion im besagten Unternehmen kurz beschrieben werden. Das Unternehmen stattete Kanban-Etiketten mit RFID-Tags aus. Da diese Kanban-Etiketten auf allen Umlaufbehältern angebracht sind, lassen sich die Warenbewegungen im ERP-System verfolgen. Fertigungsaufträge werden aktiv ausgelöst, wenn alle Bauteile für den Fertigungsauftrag am Produktionsplatz verfügbar sind. Zusätzlich wird über die Bewegungsdaten die Wartezeit von Bauteilen während des Herstellungsprozesses erfasst und mit den Maschinenstatus verglichen, um Fehler oder Verbesserungspotenzial in der Produktionsplanung aufzuzeigen.
Die Abmeldung von Kanban-Behältern erfolgt über Kanban-RFID-Briefkästen, in die die Kanbanetiketten eingeworfen werden. Damit wird der Verbrauchszeitraum des Inhalts des Kanban-Behälters dokumentiert und gleichzeitig die Nachbelieferung eines vollen Kanban-Behälters beauftragt. Die Briefkästen wurden in der Nähe des Montageplatzes angebracht, womit erreicht wurde, dass der Kanban-Verbrauch zeitnah gebucht wurde. Zuvor wurden zum Ende der Schicht die gestapelten Kanban-Karten abgemeldet (somit bis zu 8 Stunden verzögert). Über die Kanban-RFID-Briefkästen werden die Kanban-Karten nun innerhalb von maximal 2 Stunden abgemeldet, da der Einwurf der Kanban-Karten u.a. auf dem Weg zu den Pausenräumen erfolgt.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Anwendung wird bei 3 der 20 untersuchten Unternehmen umgesetzt.

## 7.4.2 Stock Management

**Übersicht:**

Im Unterschied zur Kopplung des Warenflusses werden beim Stock Management nur jene Daten erfasst, die einen direkten Einfluss auf die Lagerbestände haben.

**Umsetzung:**

Im ersten Schritt kann dies die automatisierte Zubuchung von Bauteilen zum Lager sein, wenn die Materialien durch ein RFID-Gate am Wareneingang fahren. Hierbei sind *Traceabilitydaten* wie im Beispiel „Kopplung des Warenflusses“ notwendig. Eine weitere Möglichkeit ist das Zubuchen von Produkten zu den verfügbaren Beständen bei „Gut-Prüfung“, wenn diese Produkte zeitnah dem nachfolgenden Produktionsprozessen zur Verfügung stehen.

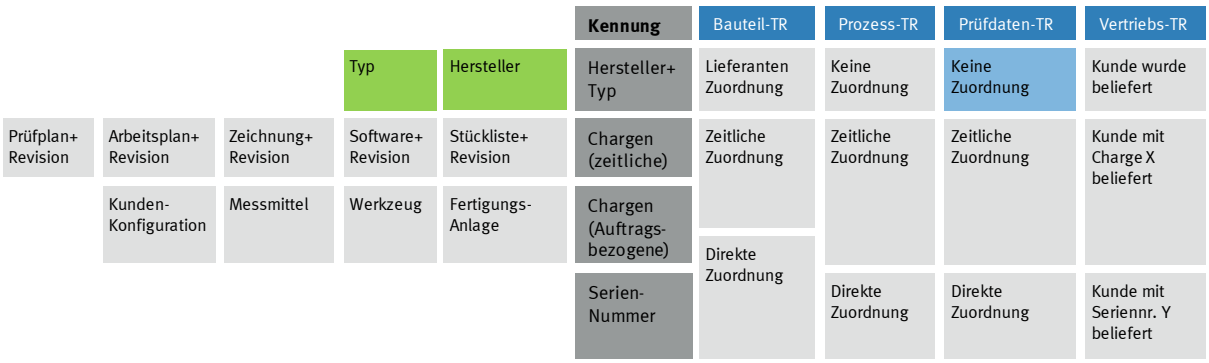



Abbildung 56: Traceabilitymodell - Stock Management

Für das Hinzubuchen bei „Gut-Prüfung“ ist keine besondere Kennzeichnung nötig, da der Prüfprozess den Typ des Produktes erkennt und bei „Gut-Prüfung“ eine Bestandsänderung im dazugehörigen Lager durchführt.

**Bewertung/Nutzen:**

Nutzen der automatischen Zubuchung am Wareneingang:

Das im vorherigen Kapitel beschriebene Umsetzungsbeispiel, bei dem Kanban-Karten mit RFID ausgerüstet wurden, wurde auch auf die Schnittstelle zwischen dem Unternehmen und seinen Lieferanten umgesetzte. Dadurch konnten angelieferte Bauteile im Wareneingang durch RFID identifiziert werden und dem Lagerplatz „Wareneingang“ zugebucht werden. Durch das automatische Zubuchen am Wareneingang können die Lagerkapazitäten durch die Reduzierung von

Reservestellplätzen im Lager um 10-15% erhöht und die Sicherheitsbestände durch die Reduzierung der Wiederbeschaffungszeit um 20-30% gesenkt werden (vgl. Alfaro und Rábade 2009). Das untersuchte Unternehmen berichtete von der tatsächlichen Reduzierung der Lagerbestände um 25-30% aufgrund der beiden *Traceabilityanwendungen* „Kopplung des virtuellen und physischen Warenflusses“ und des aktiven „Stock Managements“.

Nutzen der Zubuchung bei „Gut-Prüfung“:

Dieselbe Problematik wie beim Buchen von Verbräuchen beim Kanban-System ergibt sich beim Buchen von "Gut-Teilen". Die Fertigungsaufträge werden typischerweise nicht mit dem tatsächlichen Abschließen des Fertigungsauftrages als abgeschlossen gebucht, womit diese Produkte nun nicht im System als verfügbar erscheinen, obwohl diese schon physisch verfügbar wären. Im untersuchten Fall werden gefertigte Produkte erst gegen Schichtende zugebucht, womit sich über die Anwendung des Stock Managements die Wiederbeschaffungszeit um bis zu eine Schichtdauer reduzieren lässt. Dadurch können auch die nötigen Sicherheitsbestände reduziert werden.

**Häufigkeit der Anwendung:**

Die Anwendung wird von einem der untersuchten Unternehmen umgesetzt.

## 7.5 Zusammenfassung

Die folgende Matrix zeigt auf, welche *Traceabilitydaten* für welche Anwendungen nötig sind. Dargestellt sind die Daten für die geringfügigste Ausprägung der Anwendung mit ●. Weitere Ausprägungen der Anwendung, die optionale Daten zulassen, sind mit ○ gekennzeichnet. Die Matrix soll aufzeigen, welche weiteren *Traceabilityanwendungen* sich bei bereits bestehenden *Traceabilitydaten* umsetzen lassen oder mit welchen weiteren Daten sich weitere *Traceabilityanwendungen* umsetzten ließen.

● muss umgesetzt werten
○ kann umgesetzt werden

| | | Kennzeichnung | | | Statische Traceability | | | | | | | | | | Bauteil Traceability | | | Prozess Traceability | | | Prüfdaten Traceability | | | Vertriebs Traceability | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hersteller + Typ | Charge | Seriennummer | Hersteller | Typ | Stückliste+Revision | Zeichnung+Revision | Software+Revision | Arbeitsplan+Revision | Prüfplan+Revision | Fertigungsanlage | Werkzeug | Messmittel | Kunden-Konfiguration | Lief. Zuordnung | Zeit. Zuordnung | Direkte Zuordnung | Keine Zuordnung | Zeit. Zuordnung | Direkte Zuordnung | Keine Zuordnung | Zeit. Zuordnung | Direkte Zuordnung | Kunde beliefert | Kunde mit Charge beliefert | Kunde mit Seriennr. beliefert |
| Qualitätsmanagement | Produkthaftung | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | | | | |
| | Herkunftsnachweis | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Produktauthentifizierung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | ● | | | | | | ○ | | | | | ○ | |
| | Reklamationsabwicklung | ● | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | ○ | | | | | | | | | ○ | | | |
| | Garantie- und Gewährleistungsabgrenzung | ● | ● | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ○ |
| | Rückrufeingrenzung | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | Qualitätsmanagementsysteme und Verordnungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Branchenforderungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Produktion | Prozessanalysen | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | | ● | | | ● | ● | | | ● | | | |
| | Prozessverriegelung | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | |
| | Produktionsunterstützung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | | ● | | | |
| After Sales | Wartung und Instandhaltung | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | |
| | Kundendienstleistungen | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | | | | | | | ○ | | | | | | | | | ○ | | | |
| | Vertriebsnetzwerk aufdecken | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | ● | |
| Logistik | Kopplung Warenfluss | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | |
| | Stock Management | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | |

# 8 Implementierung der Traceabilitymodule im Unternehmen

Auf Basis der im vorherigen Kapitel beschriebenen Anwendungsfälle sind die nötigen *Traceabilitymodule* definiert. Im folgenden Kapitel wird beschrieben, wie diese Module im Unternehmen umgesetzt wurden.

Die umzusetzenden Module legen den Mindestdetaillierungsgrad der Kennzeichnung fest. Anhand eines Beispiels aus einem untersuchten Unternehmen, welches eine umfangreiche zentrale *Traceability* umgesetzt hat, soll aufgezeigt werden, welche Module mit welchen Mitteln umgesetzt werden können. Die Darstellung dieser Umsetzung soll eine Anregung für die Umsetzung liefern, wobei die Möglichkeiten von der im Unternehmen bestehenden Systemlandschaft abhängig sind.

## 8.1 Kennzeichnungsgenerierung

Die Generierung der Kennzeichnung ist vom Detaillierungsgrad des *Traceabilitysystems* abhängig. Die erste Stufe der Kennzeichnung mit Hersteller und Typ ist über die gesamte Produktionsdauer des Produktes gleichbleibend, wohingegen die Chargenkennzeichnung gelegentlichen und die Kennzeichnung mit der eineindeutigen Seriennummer permanenten Änderungen unterworfen sind.

### 8.1.1 Hersteller und Typ

Da sich die Kennzeichnung des Herstellers und Typs über den gesamten Produktionszeitraum nicht ändert, ist keine zusätzliche Logik für die Kennzeichnungserstellung notwendig und das statische Typenschild kann als Bauteil in der Stückliste hinterlegt werden.

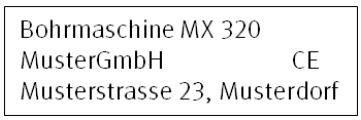



Abbildung 57: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ

## 8.1.2 Chargenkennung

In Abhängigkeit der Ausführung der Chargenkennung (siehe Kapitel „6.1.2 Kennzeichnung mit Chargennummer") sind unterschiedliche Umsetzungs-Möglichkeiten durchführbar.

**Generierung von zeitlicher oder mengenabhängiger Chargenkennung:**

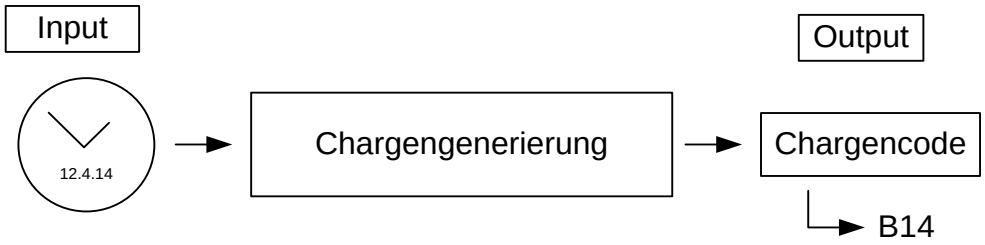



Abbildung 58: Chargennummerngenerierung 1

Das angeführte Beispiel zeigt die Umsetzung der Chargencodegenerierung. Diese kann direkt an der Fertigungsanlage oder durch einen zentralen Kennzeichnungs-Generator erfolgen.

Der Chargencode B14 setzt sich aus dem Quartal (B=2 Quartal) und dem Jahr 2014 zusammen.

Im Falle der mengenabhängigen Chargenkennzeichnung erfolgt der Kennungswechsel über einen Mengenzähler anstatt über ein Zeitsignal.

**Kombinierter Chargenkennungswechsel:**

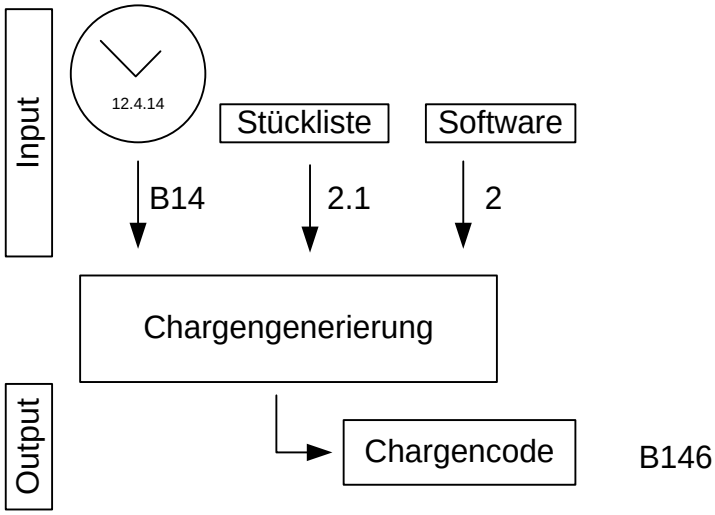



Abbildung 59: Chargennummerngenerierung 2

Im angeführten Beispiel fließen als Steuerevents das Quartal und Jahr (B14) und eine Kombination aus Stückliste und Software (6) ein.

Die Übergabe der Stücklistenrevision und der Software-Revision erfolgt zu Beginn der Fertigung und die Chargenkennung wird beim Start einer neuen Fertigungscharge von der Chargengenerierungslogik neu berechnet. Wenn mehrere Produktionsaufträge im selben Quartal mit demselben Stücklisten- und Softwarestand gefertigt werden, bleibt der Chargencode ident.

**Chargenkennzeichnung mit Fertigungsauftrag:**

Die Chargenkennzeichnung mit der Fertigungsauftragsnummer aus dem ERP-System hat den Vorteil, dass das ERP-System als Datenablage für die Daten der Module der statischen *Traceability* dienen kann. Dazu wird am Produkt als Chargenkennzeichnung die Fertigungsauftragsnummer aufgebracht.

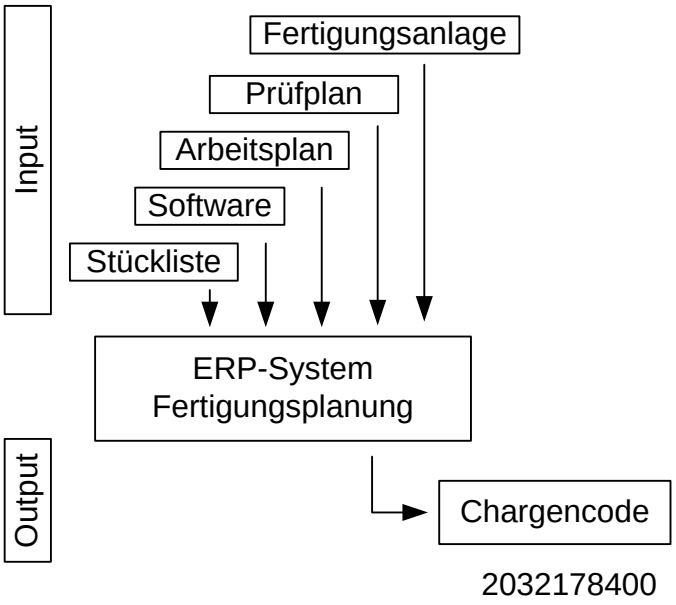



Abbildung 60: Chargennummerngenerierung 3

### 8.1.3 Seriennummerngenerierung

Mit der Seriennummer soll ein Produkt eineindeutig gekennzeichnet sein. Mit der Herstellerkennung, dem Produkttyp und einer eineindeutigen Kennzeichnung, etwa einer fortlaufenden Nummer, ergibt sich ein eineindeutig gekennzeichnetes Produkt.

Die Umsetzung kann auf mehrere Arten erfolgen, zum Beispiel als fortlaufende Nummer, die die Chargennummer ergänzt oder als zufällig vergebene Seriennummer, die zusätzlich die Herstellerkennung und den Typ beinhaltet. Eine nach dem Zufallsprinzip vergebene eineindeutige Seriennummer wird häufig für den Anwendungsfall des Fälschungsschutzes eingesetzt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass Seriennummern nur einmalig vergeben werden.

### 8.1.4 Zentrale Kennzeichnungsbereitstellung

Neben der lokalen Generierung der Kennzeichnung mittels der oberhalb beschriebenen Logikvarianten an den Montage- und Fertigungsanlagen kann ein zentraler Server für die Kennzeichnungsgenerierung sinnvoll sein.

Diese zentrale Kennzeichnungsbereitstellung hat den Vorteil, dass die Produktkennzeichnungen in den Stammdaten „gepflegt“ werden können. Dies ermöglicht den einfachen Wechsel der Kennzeichnung von einer

Chargenkennzeichnung auf eine Seriennummer, falls dies durch weitere *Traceabilityanwendungen* erforderlich ist. Im Falle der Anwendungen „7.1.3.1.2 Überprüfung mit Hilfe einer Datenbank“ kann der zentrale Kennzeichnungsgenerator die vergebenen Seriennummern zusätzlich in der Datenbank ablegen.

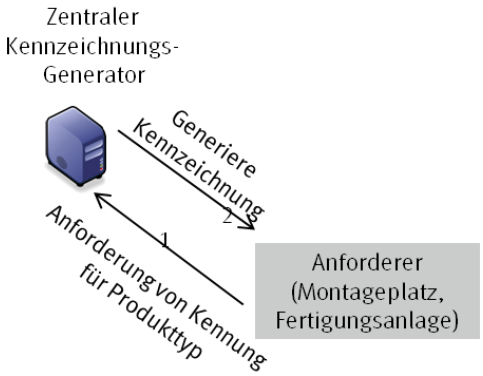



Abbildung 61: Kennzeichnungsgenerierung

Im untersuchten Unternehmen beziehen die Montage- und Fertigungsanlagen die für den Produkttyp hinterlegten Kennzeichnungen über eine standardisierte Schnittstelle vom Kennzeichnungsgenerator. Dazu wird im ersten Schritt eine Anforderung an den Kennzeichnungsgenerator für die Rückgabe von n Stück der Kennzeichnung für den Produkttyp „Typ“ gestellt. Im zweiten Schritt werden n Kennzeichnungen an den Montageplatz oder die Fertigungsanlage zurückgegeben.

## 8.2 Datenverwaltung der Traceabilitydaten

Im Unternehmen wurde eine zentrale Datenbank zur Verwaltung der *Traceabilitydaten* aufgebaut, die aus den unterhalb angeführten Tabellen besteht. In diesen Tabellen werden die Daten der statischen *Traceability* und der dynamischen *Traceability*, die dem Produkt direkt zugeordnet werden können, hinterlegt.

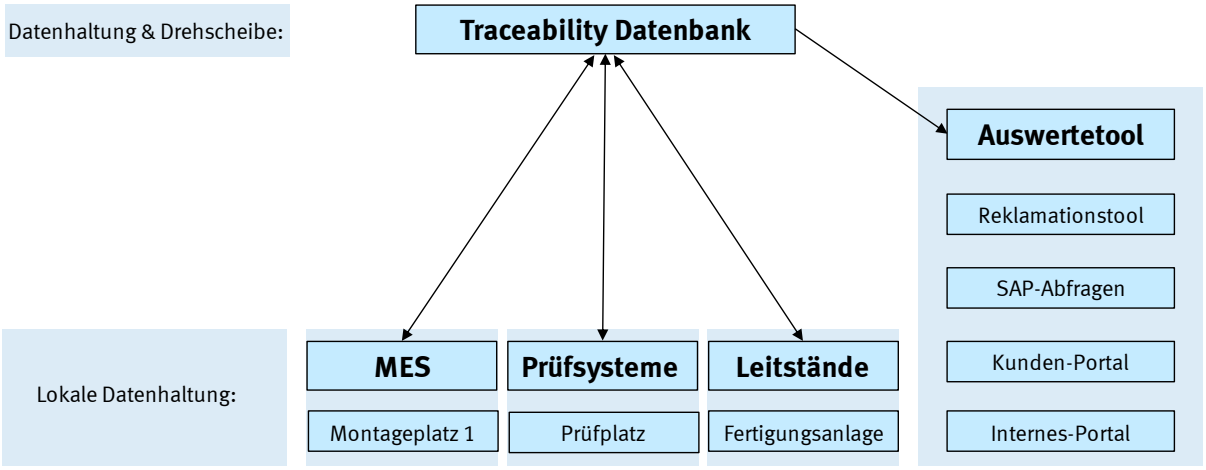



Abbildung 62: Schema eines Traceabilitysystems

Aufbau der *Traceability* Datenbank:

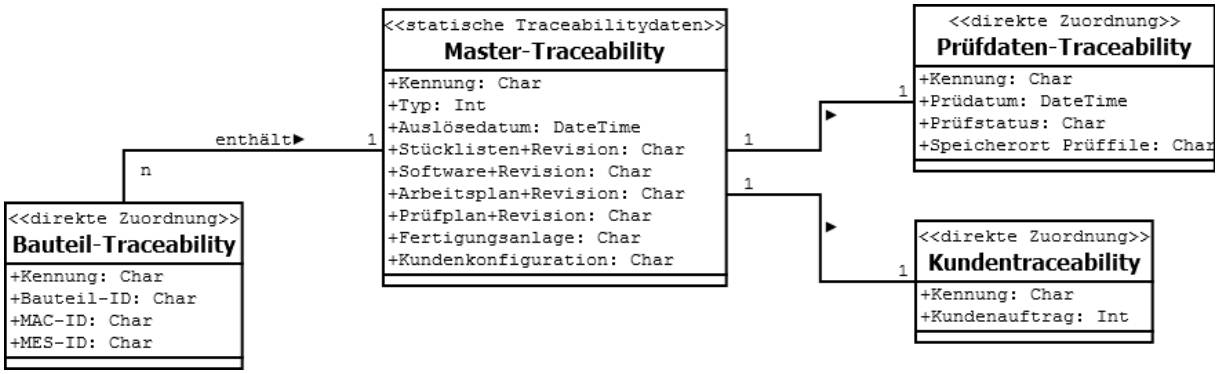



Abbildung 63: Traceabilitytabellen der Traceabilitydatenbank

Die *Prozesstraceability* wird aufgrund der unterschiedlichen Prozessdaten an Montage- und Fertigungsanlagen gänzlich außerhalb des zentralen Systems durchgeführt. Über die Daten der Fertigungsanlage in der Master-*Traceabilitytabelle* lässt sich nachvollziehen, auf welcher Anlage das Produkt gefertigt wurde und an welcher Fertigungsanlage die Prozessdaten des Produktes aufzufinden sind.

Dieselbe Vorgehensweise wurde bei spezifischen Prüfdaten gewählt, da sich diese Prüfdaten von Produkt zu Produkt unterscheiden und sich nur schwer in einer zentralen Datenbank abbilden lassen. In der zentralen Prüfdaten-*Traceabilitytabelle* wird nur der allgemein interpretierbare Prüfstatus (passed/failed) eines Produktes abgelegt.

Die Module der zeitlichen Zuordnung wurden in Subsysteme gegliedert. Die Module „zeitliche Zuordnung“ der *Bauteiltraceability* und „Kunde wurde mit Charge beliefert“ wurden in das Logistiksystem integriert. Die zeitliche Zuordnung von Prozess- und Prüfdaten wurde bei Bedarf über Subsysteme am Montage- und Fertigungsplatz umgesetzt.

Das Modul der *Bauteiltraceability* „Lieferantenzuordnung“ und das Modul „Kunde wurde beliefert“ wurden im ERP-System des Unternehmens umgesetzt, da die Bestell- und Kundenauftragsabwicklung wesentliche Bestandteile eines ERP-Systems sind.

Die Rückverfolgbarkeit von Messmittel und Werkzeugen wurde mit Messmittel- und Werkzeugverwaltungssystemen in Form von Subsystemen umgesetzt.

Um die Daten mit der Kennzeichnung zu verknüpfen wurden Schnittstellen zwischen der Datenbank und den Montage-, Prüf-, Verpack- und Versandplätzen erstellt. Dies soll durch das unterhalb abgebildete Schaubild dargestellt werden.

Ablauf eines Produktionsablaufes mit Verknüpfung zum Traceabilitysystem:

Im ersten Schritt bezieht der Montageplatz über den Kennzeichnungsgenerator die gültige Kennung. In diesem Fall ist dies die eineindeutige Seriennummer N59ZR. Am Montageplatz wird das Produkt gefertigt und die endgültigen statischen *Traceabilitydaten* werden in der zentralen Datenbank hinterlegt. Am Prüfplatz wird die Seriennummer erfasst, womit das passende Prüfprogramm geladen wird. Wenn die Prüfung erfolgreich durchgeführt wurde, wird in der Datenbank der Prüfstatus „passed“ hinterlegt. Am Verpackplatz wird das Produkt erneut erfasst, der Prüfstatus geprüft und falls dieser „passed“ ist, das Produkt zum Versand freigegeben.

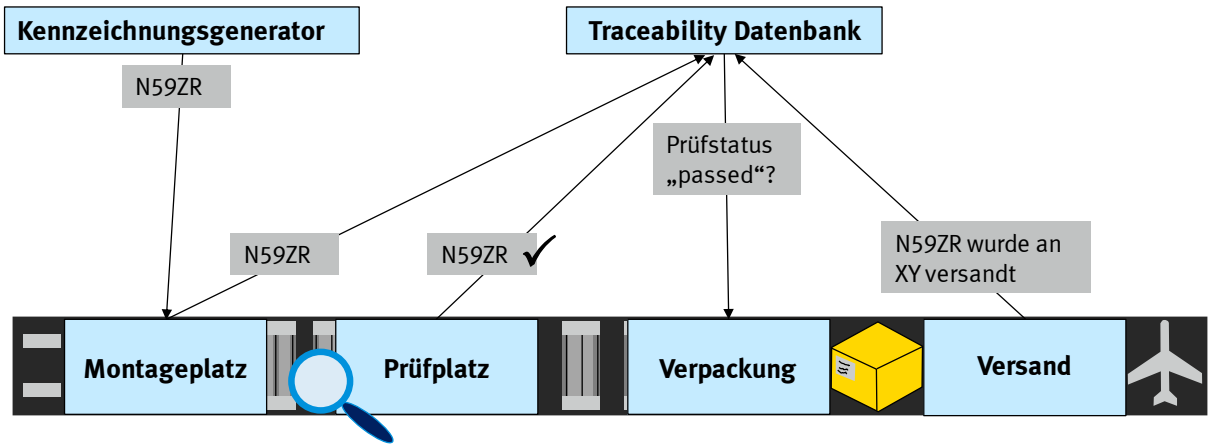



Abbildung 64: Ablauf eines Montagevorgangs mit Kommunikation zur Traceabilitydatenbank

## 8.3 Umsetzung der statischen Traceability

Um die gewünschten Daten im *Traceabilitysystem* zu hinterlegen, wurden Schnittstellen für Montage- und Fertigungsanlagen und Prüfplätze erstellt. Diese Funktionen werden entweder beim Beziehen der Kennzeichnung am Montageplatz oder am Prüfplatz des Produktes ausgeführt. Das System stellt sicher, dass Daten (außer Prüfdaten) nur einmalig hinterlegt werden. Dies erfordert jedoch eine eineindeutige Kennzeichnung von Produkten.

| **Funktionsname** | **Mögliche Kennzeichnung** | **Beschreibung** |
|---|---|---|
| Link identifier with type | Seriennr., Charge, Hersteller+ Typ | Verknüpft die Kennzeichnung mit dem Produkttyp |
| Link identifier with BOM_REV (Bill of Material) | Seriennr., Charge | Verknüpft die Kennzeichnung mit der Zeichnungsnummer + Revision |
| Link identifier with SOF_REV | Seriennr., Charge | Verknüpft die Kennzeichnung mit der Software + Revision |
| Link identifier with WP_REV (Working Plan) | Seriennr., Charge | Verknüpft die Kennzeichnung mit dem Arbeitsplan +Revision |
| Link identifier with IP_REV (Inspection plan) | Seriennr., Charge | Verknüpft die Kennzeichnung mit dem Prüfplan + Revision |

| | | |
|---|---|---|
| Link identifier with site | Seriennr., Charge | Verknüpft die Kennzeichnung der Fertigungsanlage |
| Link identifier with configuration | Seriennr. | Verknüpft die Kennzeichnung mit der Kundenkonfiguration |

Tabelle 8: Traceabilityfunktionen für die statische Traceability

Weitere Funktionen, die mehrere in Tabelle 8 angeführte Funktionen kombinieren, wurden ebenfalls implementiert.

Zusätzlich wurden Abfragefunktionen implementiert, die von den Montage- und Fertigungsanlagen ausgeführt werden können, um z.B. den Produkttyp einer Kennung abzufragen.

| | | |
|---|---|---|
| Get type of identifier | Seriennr., Charge, Hersteller+ Typ | Abfrage der Teilenummer zur Produktidentifizierung |

Tabelle 9: Abfragefunktion für Traceabilitydaten aus Traceabilitysystem

Bewertung der statischen Traceability

Da im Unternehmen bereits ein ERP-System für die Fertigungsauftragssteuerung genutzt wurde und die Daten der Fertigungsaufträge zum Produktionszeitpunkt bekannt waren, konnte mit der Schnittstelle zum *Traceabilitysystem* ein großer Nutzen erzielt werden.

Bei der Rückrufanalyse in Kapitel „7.1.7 Rückrufanalyse im Maschinen- und Anlagenbau“ zeigte sich, dass insbesondere die Möglichkeit zum Rückschluss auf den Stücklisten- und Softwarestand großes Einsparungspotenzial bei der Eingrenzung von Rückrufen bietet. Durch die Umsetzung der statischen *Traceability* werden automatisch die Anforderungen anderer *Traceabilityanwendungen* (wie beispielsweise der Rückrufeingrenzung) erfüllt, wodurch diese ohne zusätzliche Mühen umgesetzt werden können.

Die Datenmengen, die durch die statische *Traceability* entstehen, sind gering, sodass die Herstellkosten durch die Datenhaltung nicht beeinflusst wurden.

Die Umsetzung der Messmittel- und Werkzeugtraceability ist aufgrund des zusätzlichen administrativen Aufwands in der Messmittel- und Werkzeugverwaltung gesondert zu bewerten.

## 8.4 Umsetzung der dynamischen Traceability

Im folgenden Kapitel werden mehrere Möglichkeiten der Umsetzung der *Bauteil-, Prozess-, Prüfdaten- und Vertriebstraceability* beschrieben.

### 8.4.1 Umsetzung der Bauteiltraceability

Die *Bauteiltraceability* wird im *Traceabilitymodell* in drei Stufen eingeteilt. Bei der gröbsten Stufe handelt es sich lediglich um eine Lieferantenzuordnung. Die zeitliche Zuordnung, welche sich nochmals in vier Untergruppen gliedert, stellt die mittlere Stufe dar. Die präziseste Stufe wird durch eine direkte Zuordnung erreicht.

#### 8.4.1.1 Lieferantenzuordnung

Durch die Lieferantenzuordnung lässt sich nachvollziehen, von welchem Lieferanten Bauteile geliefert wurden. Diese Mindestanforderung an die *Bauteiltraceability* wird meist durch ein ERP-System im Wareneingang erfüllt, kann aber auch bei Herstellern ohne ERP-System durch ein Wareneingangsbuch oder eine Software, die dies erfüllt, erfolgen.

Bei der Lieferantenzuordnung über ein Wareneingangsbuch sollten zumindest folgende Daten erfasst werden[47]:

- Eindeutiger Name des Lieferant
- Bezeichnung der Bauteile
- Menge der Lieferung

Die Dokumentation kann durch das Ablegen der Lieferscheine erfolgen, wenn die oben genannten Informationen enthalten sind.

[47] Das Wareneingangsdatum wird bei diesem Modul nicht erfasst, da das Datum bereits eine zeitliche Zuordnung, wie im nächsten Kapitel beschrieben, zulässt.

Bewertung Lieferantenzuordnung:

Die Lieferantenzuordnung ist eine einfache Möglichkeit, die *Bauteiltraceability* umzusetzen. Des Öfteren wird das Modul der Lieferantenzuordnung bereits aus anderen Gründen umgesetzt. Es ist z.B. vorgeschrieben, für die Einnahmen-Ausgabenrechnung Wareneingangsbücher zu führen. Diese Wareneingangsbücher lassen sich für die Lieferantenzuordnung nutzen.

Ein Nachteil des Modules ist der niedrige Detaillierungsgrad. Im Falle von Qualitätsproblemen bei einem vorgelagerten Lieferant, die zum Rückruf führen, lassen sich keine Produktionschargen eingrenzen, da sich die Lieferchargeninformationen nach dem Wareneingang verlieren. Im Falle von Zweit- bzw. Mehrfachlieferanten (Second-Source-Strategie) lässt sich bei der Lieferantenzuordnung nicht eingrenzen, welche Endprodukte betroffen sind.

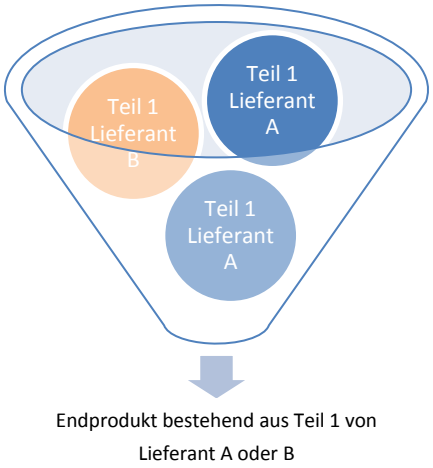



Abbildung 65: Bauteilvermischung

Im Fall eines Produktrückrufes müssen somit alle Endprodukte, in denen betroffene Bauteile verbaut wurden, vom Markt rückgeholt werden. Wenn zwei Lieferanten jeweils 50% des Teiles 1 liefern, führt dies zu einer Verdopplung der Rückrufmenge, da 50% der Endprodukte unnötig zurückgerufen werden müssen.

Um den Detaillierungsgrad zu erhöhen, kann die *Bauteiltraceability* über eine zeitliche Zuordnung von Bauteilen umgesetzt werden.

### 8.4.1.2 Zeitliche Zuordnung

Die zeitliche Zuordnung gliedert sich in mehrere Detailierungsstufen. Abhängig von der Anzahl der Produktionsstufen in der Produktion, der Möglichkeit die Lagerdauer abzuschätzen, der Möglichkeit des FIFO-Prinzips in den betroffenen Lagern und der Anzahl an Wiedereinlagerungen sind die Aufwände dem Nutzen gegenüber zu stellen, um die optimale Stufe der zeitlichen Zuordnung anzuwenden.

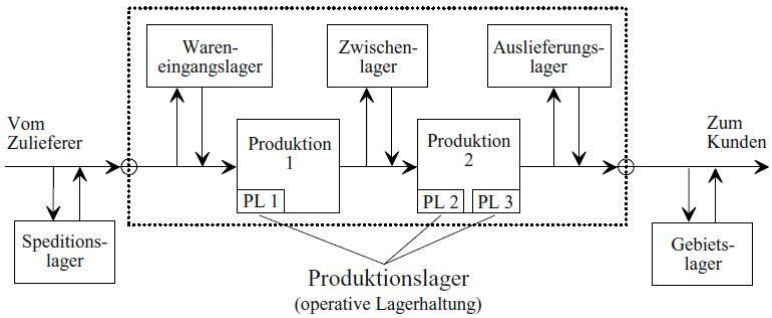



Bild 23: Materialfluss in der Produktion

(Arnold und Furmans 2009)

Arnold beschreibt den typischen Materialfluss in der Produktion. Vom Speditionslager werden Bauteile an den Hersteller geliefert, der diese im Wareneingangslager lagert. Bei einem Nachschubbedarf in der Produktion 1 werden Bauteile aus dem Wareneingangslager in das Produktionslager der Produktion 1 geliefert. Nachfolgende Zwischenlager, Produktionslager, Auslieferungslager und Gebietslager mit schwankenden Verbräuchen erschweren das Eingrenzen des Verbrauchszeitraumes.

In Abbildung 66 wird ein typischer Zeitablauf zwischen dem Wareneingangszeitpunkt und dem Verbrauchszeitpunkt dargestellt. Nach dem Wareneingang erfolgt eine Lagerung über die Dauer $t_L$ im Lager. Wenn der Bedarf für die Bauteile in der Produktion entsteht, wird im Lager die nötige Menge an Bauteilen kommissioniert. Danach erfolgt eine Lagerung über die Lagerdauer $t_{PL}$ im Produktionslager, welches nur geringe Lagermengen beinhaltet. Die Verbrauchszeit $t_{Ver}$ beginnt mit der ersten Entnahme eines Bauteiles aus der Charge und endet mit der letzten.

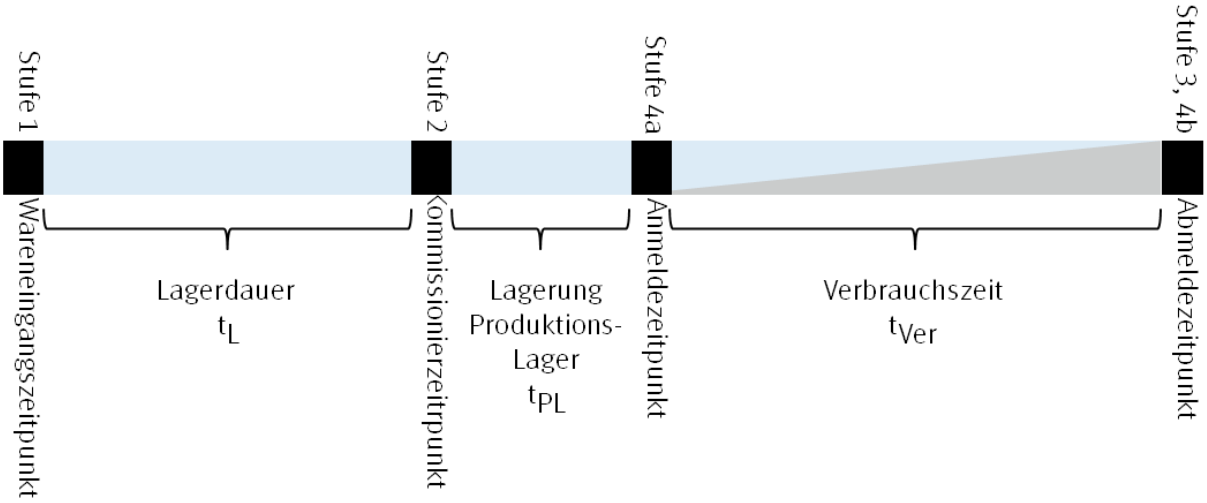



Abbildung 66: Zeitliche Abfolge vom Wareneingang bis zum Ende der Verbrauchszeit

**Stufe 1: Ergänzung im Wareneingangsbuch**

Die einfachste Möglichkeit der zeitlichen Zuordnung ist die Erweiterung des Wareneingangsbuches. Im "Leitfaden für gute Herstellungspraxis" wird die Ergänzung des Wareneingangsbuchs um folgende Punkte empfohlen:

- Datum Wareneingang
- Name des Herstellers wenn möglich (falls Hersteller und Lieferant unterschiedlich sind)
- Chargenbezeichnung oder Referenznummer des Herstellers
- Die der Liefercharge zugewiesene interne Chargenbezeichnung (z.B. Prüflos, Einlagerungslos usw.)
- Belegnummer (Lieferscheinnummer, Rechnungsnummer)

(Vgl. Leitfaden der Guten Herstellungspraxis 2005)

Anhand des Datums des Wareneingangs und der Chargenbezeichnung lässt sich der Teileverwendungszeitraum in der Produktion abschätzen und somit betroffene Endprodukte eingrenzen (Chargenkennzeichnung für Endprodukte erforderlich).

Umsetzungsbeispiel:

| **Datum WE** | **Bauteil Name** | **Lieferant DUNS-NR** | **Hersteller DUNS-NR** | **Menge** | **Externe Chargenbez.** | **Interne Chargenbez.** | **Belegnr.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12.8. 2014 | Kolben | Distributor AG 4839939 | Producer AG | 5.000 | Einkaufsbeleg 1044781 | LOSNR 81762835 | 1044781 |

Tabelle 10: Umsetzungsbeispiel Wareneingangsbuch

Bewertung Stufe 1:

Die zeitliche Zuordnung mittels Ergänzungen im Wareneingangsbuch kann ausreichend sein, wenn folgende Punkte erfüllt sind:

- Striktes FIFO-Prinzip im Lager
- Kontinuierlicher Warenfluss durch das Lager
- Abschätzbare Lagerdauer
- Keine Wiedereinlagerungen von Bauteilen

Da die Stufe 1 nur den Wareneingang dokumentiert, sind die Zeiten $t_L$ (Lagerdauer) und $t_{PL}$ (Lagerdauer im Produktionslager) abzuschätzen, um den tatsächlichen Verbrauchszeitraum ($t_{Ver}$) festzustellen. Besonders in der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus, wo Bauteile häufig über eine große Zeitspanne hinweg vorrätig sein müssen, unterliegt die Lagerdauer hohen Schwankungen. Dies führt insbesondere bei der zeitlichen Abschätzung des Verbrauchszeitraumes aufgrund des Wareneingangsbuches zu Ungenauigkeiten, die große Zeitpuffer für den Eingrenzungszeitraum nötig machen.

Wiedereinlagerungen von Bauteilen zwischen dem Produktionslager und dem Wareneingangs- oder Zwischenlager führen ebenso zu Chargenvermischungen, die es kaum möglich machen, den Chargenverwendungszeitraum realitätsgetreu abzuschätzen.

**Stufe 2: Chargenverwaltung im Lager mit Kommissionierdokumentation**

Bei der Stufe 2 wird der Kommissionierzeitpunkt zu den Chargendaten dokumentiert. Da die Kommissionierung zeitnah zum Produktionszeitpunkt des Endproduktes durchgeführt wird, lassen sich Chargenverwendungszeiträume detaillierter

eingrenzen. Da die Kommissionierung bereits bei einigen Unternehmen über ein WMS[48] gesteuert wird, in dem auch Chargendaten hinterlegt sind, lässt sich diese Art der Dokumentation meist mit dem WMS und Zusatzmodulen umsetzen.

Im Umsetzungsfall werden zum Zeitpunkt der Kommissionierung die Daten des WMS in einer Tabelle zur langfristigen Speicherung abgelegt.

Umsetzungsbeispiel:

| **Chargennummer** | **Kommissionierzeitpunkt** | **Pick-Menge** | **Anlieferungsziel** |
|---|---|---|---|
| 1758877969 | 12.2.2015/10:25 | 600 | P8215 |
| 1758877969 | 16.2.2015/11:27 | 1200 | P8215 |
| 1729496184 | 18.2.2015/13:12 | 1600 | P7670 |

Tabelle 11: Umsetzungsbeispiel Kommissionierzeitpunkt

Bewertung der Stufe 2:

Mit der Dokumentation des Kommissionierzeitpunktes und der Chargendaten lässt sich der Verwendungszeitraum im Vergleich zur Stufe 1 erheblich eingrenzen. Abzuschätzen sind hierbei nur noch die Lagerung im Produktionslager $t_{PL}$ und die Verbrauchszeit $t_{Ver}$. Einflüsse durch ein nicht strikt durchgeführtes FIFO-Prinzip im Lager oder nicht abschätzbare Lagerdauer werden reduziert. Die Stufe 2 erlaubt ebenso das Wiedereinlagern von Bauteilen, welche in der Produktion trotz vorheriger Bestellung nicht verwendet wurden, solange noch ein Chargenbezug besteht. Da bereits viele WMS die Dokumentation von Chargendaten und Kommissionierdaten unterstützen, lässt sich dies mit überschaubarem Aufwand umsetzen.

Kopplung des Kanban-Systems mit dem *Traceabilitysystem* (Stufe 3 und 4):

Im Falle eines IT-gestützten Kanban-Systems, lassen sich die dabei anfallenden Daten zur zeitlichen Zuordnung von Bauteilen im Unternehmen nutzen.

Die Steuerung eines Kanban-Systems erfolgt durch die Abmeldung eines Kanban-Behälters. Diese Abmeldung generiert einen Bedarf in den vorgelagerten Produktionen oder Lagern.

[48] *Warehousemanagementsystem*

Die Voraussetzungen für eine Kanban-Kopplung sind:

- Chargeninformation zu den Bauteilen in der Kanban-Kiste
- Eindeutigkeit der Kanban-Lieferung (Bei Mehrwegkanbankarten ist sicher zu stellen, dass die Informationen aktualisiert werden).

Beispiel einer maschinell lesbaren Kanban-Karte:

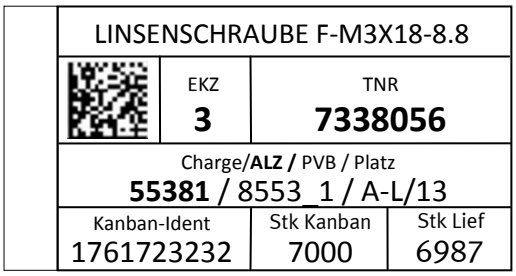



Abbildung 67: Beispiel einer maschinell lesbaren Kanban-Karte

**Stufe 3: Verknüpfung mit herkömmlichen Kanban-Funktionen**

Wenn die genannten Forderungen erfüllt sind, lassen sich die Chargendaten beim Abmelden (= leer melden der Kanban-Kiste) der Kanban-Kiste in die *Traceabilitytabelle* übernehmen. Als Zeitstempel dient hierbei der Abmeldezeitpunkt.

Umsetzungsbeispiel:

Wie Stufe 4, jedoch ohne „Anmeldezeitpunkt“ in Tabelle 12: Umsetzungsbeispiel Chargenverfolgung mit Kanban-Funktionen.

Bewertung der Stufe 3:

Der Vorteil von Stufe 3 ist, dass keine zusätzlichen manuellen Tätigkeiten für die Produktionsmitarbeiter hinzukommen, wenn das Kanban-System bereits IT-gestützt läuft. Über die zeitliche Zuordnung der Stufe 3 lässt sich das Ende der Verbrauchszeit $t_{Ver}$ bestimmen. Nötig hierfür ist jedoch, dass die Abmeldung der Kanban-Kisten zeitnah zum tatsächlichen Aufbrauch des Kisteninhaltes erfolgt. Unbekannt bleibt weiterhin der tatsächliche Beginn der Verbrauchszeit. Hierfür muss die Lagerdauer im Produktionslager $T_{PI}$ abgeschätzt werden, um den Beginn des Verbrauches abzuschätzen. Die Lagerdauer $t_{PL}$ im Produktionslager ist verglichen mit der Lagerdauer $t_L$ jedoch um einiges kürzer.

**Stufe 4: Verknüpfung mit erweiterten Kanban-Funktionen**

Detaillierter als die oben genannten Stufen der zeitlichen Zuordnung ist das An- und Abmelden der Kanban-Kisten. Bevor die ersten Teile aus der Kiste entnommen werden, muss die Kanban-Kiste angemeldet werden. Dies kann durch den Scan der Kanban-Karte und durch eine Transaktion erfolgen, die den Zeitpunkt der ersten Entnahme in der *Traceabilitytabelle* dokumentiert. Das Abmelden der Kanban-Kiste erfolgt wie bei Stufe 3, womit der Abmeldezeitpunkt und somit der Verbrauchszeitraum dokumentiert werden.

Umsetzungsbeispiel:

| Chargen-Nummer | Kommissionierzeitpunkt | Pick-Menge | Anlieferungs-Ziel | Anmeldung | Abmeldung |
|---|---|---|---|---|---|
| 1758877969 | 12.2.2015/10:25 | 600 | P8215 | 14.2.2015/16:02 | 15.2.2015/09:48 |
| 1758877969 | 16.2.2015/11:27 | 1200 | P8215 | 20.2.2015/09:56 | 24.2.2015/10:36 |
| 1729496184 | 18.2.2015/13:12 | 1600 | P7670 | 24.2.2015/11:14 | 28.2.2015/15:28 |

Tabelle 12: Umsetzungsbeispiel Chargenverfolgung mit Kanban-Funktionen

Bewertung der Stufe 4:

Die Stufe 4 ist die detaillierteste Möglichkeit, den Verbrauchszeitraum $t_{Ver}$ abzugrenzen, da sowohl der Beginn, als auch die Endzeit der Entnahme dokumentiert werden. Alle Teile, die während der Verbrauchszeit gefertigt werden, sind im Falle von Qualitätsproblemen der Bauteilcharge betroffen. Verglichen mit den Stufen 1-3 sind zusätzliche manuelle Tätigkeiten durch das Montagepersonal erforderlich. Diese manuelle Tätigkeit lässt sich zum Beispiel mit der Rüstkontrolle kombinieren und erhöht somit die Prozesssicherheit des Fertigungsprozesses.

**Abschließende Betrachtung der zeitlichen Zuordnung:**

Die unterhalb angeführte Entscheidungsmatrix soll bei der Auswahl der Stufe der zeitlichen Zuordnung unterstützen. Dazu sind die fünf Kriterien anhand ihrer Relevanz zu bewerten, wobei die Bewertung mit 1 oder 2 einer vollen oder teilweisen Zustimmung mit den Kriterien der linken Seite und die Bewertung mit 3 oder 4 mit den Kriterien der rechten Seite übereinstimmen. Je nachdem, auf welchen Stufen die

Punkte verteilt sind, ergibt sich eine Empfehlung für die nötige Umsetzungsstufe. Im angeführten Beispiel wird die Stufe 3 oder 4 empfohlen.

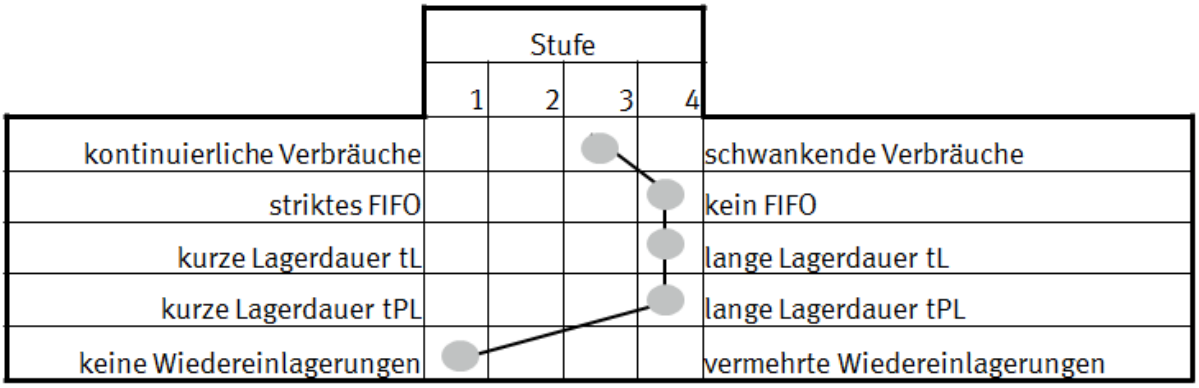



Abbildung 68: Bewertung der zeitlichen Zuordnung

#### 8.4.1.3 Direkte Zuordnung

Die direkte Zuordnung der *Bauteiltraceability* überschneidet sich bei den möglichen Kennungen mit den Varianten Charge (Fertigungsauftrag) und eineindeutiger Seriennummer. Diese Zuordnung ergibt sich, da sowohl Bauteilchargen direkt einem Produkt oder einer Produktcharge oder eindeutige Bauteile einem Produkt zuordenbar sind.

Direkte Zuordnung - Verknüpfung von Chargen:

Bei der direkten Zuordnung durch die Verknüpfung von Chargen wird eine Verknüpfung zwischen der Produktcharge und der Bauteilcharge erstellt.

Direkte Zuordnung - Verknüpfung von Bauteilchargen mit Produkt:

Hierbei werden Bauteile auf Chargenebene mit dem Produkt, das eine eineindeutige Kennzeichnung hat, verknüpft.

##### 8.4.1.3.1 Direkte Zuordnung – Bauteil mit Produkt

Bei der Verknüpfung eines Bauteils mit dem Produkt werden auch Bauteile, die mit einer eineindeutigen Seriennummer gekennzeichnet sind, mit dem Produkt, das ebenfalls mit einer eineindeutigen Seriennummer gekennzeichnet ist, verknüpft.

Umsetzungsbeispiel:

| | | Sekundäre Identifizierungsmerkmale | | |
|---|---|---|---|---|
| **Master ID** | **Slave ID** | **MAC ID** | **MES-ID** | **ähnliches** |
| 11112222 | 1454411 | | | |
| 11112222 | | 10-1F-74-56-4D-E4 | | |
| 11112222 | | | ES448MP52 | |

Tabelle 13: Umsetzungsbeispiel Hierarchie

Technische Umsetzung:

In einer Tabelle wird während des Montageprozesses die Slave-ID mit der Master-ID verknüpft. Darin lassen sich alle drei Variante der direkten Verknüpfung abbilden.

Da die Slave-ID während der Montage nicht immer zur Verfügung steht oder nur mit erhöhtem Aufwand zu erfassen ist, können in der Tabelle sekundäre Identifizierungsmerkmale erfasst werden. Hierzu zählen z.B. MAC-IDs oder MES-IDs (IDs von Subsystemen).

| **Funktionsname** | **Mögliche Kennzeichnung** | **Beschreibung** |
|---|---|---|
| Link part with product*<br><br>Product =Einzelprodukt oder Produktcharge | Serien- oder Chargennummer | Verknüpft Chargen an Teile oder Einzelteile mit Produktchargen oder Produkten. |

Bewertung der direkten Zuordnung:

Die direkte Zuordnung erfordert das Erfassen der eineindeutigen Produktseriennummer für das Erfassen der Bauteilkennung, womit die Aufwände für die Umsetzung steigen. Trotzdem bietet sich dadurch die Möglichkeit, eine *Bauteiltraceability* bei fehlender Chargenverwaltung im Unternehmen umsetzen zu können, wenn die Bauteile einzeln gekennzeichnet sind. Aufgrund von Anforderungen der QMS kann es vereinzelt nötig sein, kritische Bauteile rückzuverfolgen. Um sich die Aufwände für ein Chargenrückverfolgbarkeitssystem

(Stufe 1-4) zu ersparen, kann die direkte Verknüpfung von Bauteilen mit eineindeutigen Seriennummern umgesetzt werden. Da hierbei ohne Rücksicht auf eine vorherige Chargenvermischung Bauteile direkt erfasst und dem Produkt zugeordnet werden.

## 8.4.2 Umsetzung der Prozesstraceability und Prüfdatentraceability

Zumal es sich bei Prozess- und Prüfdaten um ähnliche Daten handelt, werden diese im *Traceabilitysystem* gleich behandelt. Da sich Prozess- und Prüfdaten von Produkttyp zu Produkttyp unterscheiden, ist es sinnvoll, diese Daten lokal (z.B. direkt an den Montageplätzen oder Fertigungsanlagen) in Tabellen zu sammeln und zu verwalten.

### 8.4.2.1 Keine Zuordnung

Beim Modul „keine Zuordnung“ werden Prozess- und Prüfdaten ohne zeitlichen Bezug dokumentiert.

Umsetzungsbeispiel:

| **Nr.** | **Wert Prüf-/Prozessmerkmal M** |
|---|---|
| n | 30,25 |
| n+1 | 29,89 |

Tabelle 14: Umsetzungsbeispiel „Keine Zuordnung von Prüf- und Prozessmerkmalen“

Technische Umsetzung:

Für die Umsetzung des Moduls „Keine Zuordnung“ ist das Erfassen und Dokumentieren der Daten notwendig. Die Datenablage kann über Tabellen (wie oben im Umsetzungsbeispiel dargestellt) oder über Files auf lokalen Rechnern erfolgen.

Bewertung keiner Zuordnung:

Das Sammeln der Daten ohne jeglichen Bezug zum Produkt ist nur bei wenigen Anwendungen sinnvoll. Über das folgende Modul der zeitlichen Zuordnung lässt sich

ein zeitlicher Bezug zwischen den Daten und dem Produkt herstellen, wenn zu den erfassten Daten ein Zeitstempel hinzugefügt wird.

#### 8.4.2.2 Zeitliche Zuordnung

Prozess- und Prüfdaten, die über das Modul „zeitliche Zuordnung“ dokumentiert sind, werden, ähnlich wie im vorhergehenden Modul, lokal dokumentiert. Zusätzlich werden die Daten mit einem Zeitstempel versehen, um einen Rückschluss auf die gefertigten Produktchargen zu ermöglichen.

| **Nr.** | **Zeitstempel** | **Wert Prüf-/Prozessmerkmal M** |
|---|---|---|
| n | 201504231659 | 30,25 |
| n+1 | 201504231702 | 29,89 |

Tabelle 15: Umsetzungsbeispiel „Zeitliche Zuordnung“

Technische Umsetzung:

Neben den erfassten Daten wird noch ein Zeitstempel mit einer sinnvollen Genauigkeit zum Prüfwert hinterlegt. Im Umsetzungsbeispiel sind auf die Minute genaue Zeitangaben ausreichend, um die Daten den Produktchargen zuzuordnen.

Bewertung der zeitlichen Zuordnung:

Um bei Qualitätsproblemen, die sich anhand von Prozess- oder Prüfergebnissen eingrenzen lassen, einen Rückschluss auf betroffene Produkte zu ermöglichen, ist das Hinterlegen eines Zeitstempels sinnvoll. Zusätzlich lassen sich die Werte über den Zeitverlauf auswerten, um Fertigungsprozesse zu analysieren.

#### 8.4.2.3 Direkte Zuordnung von Prozess- und Prüfdaten

Bei der direkten Zuordnung von Prozess- und Prüfdaten werden die erfassten Daten direkt mit dem Produkt verknüpft.

| Seriennummer | Wert Prozess-/Prüfmerkmal M |
|---|---|
| 84684558 | 30,25 |
| 84684559 | 29,89 |

Tabelle 16: Umsetzungsbeispiel „Direkte Zuordnung“ von Prozess- und Prüfdaten

Technische Umsetzung:

Für die Umsetzung sind das Produkt und der Messwert zu erfassen. Die Daten dazu wurden ebenfalls lokal hinterlegt.

Bewertung der direkten Zuordnung von Prüf- und Messdaten:

Durch das Erfassen der eineindeutigen Seriennummer des Produktes und der Prüf- oder Prozessmerkmale entstehen höhere Aufwände in der Produktion als bei der zeitlichen Zuordnung.

#### 8.4.2.4 Direkte Zuordnung Prüfstatus

Für die Anwendung der Prozessverriegelung ist die zentrale Abfrage des Prüfstatus notwendig. Aus diesem Grund wird der Prüfstatus (passed/failed) im zentralen *Traceabilitysystem* abgelegt, um einen Zugriff durch die nachfolgenden Fertigungsanlagen und Montageplätze zu ermöglichen.

| Seriennummer | Prüfstatus |
|---|---|
| 84684558 | passed |
| 84684559 | passed |

Tabelle 17: Umsetzungsbeispiel „Direkte Zuordnung Prüfstatus“

Technische Umsetzung:

Um den Prüfstatus eines Produktes zu setzen, wird an der ausführenden Anlage oder am Montageplatz das Bauteil erfasst und bei erfolgreicher Prüfung wird über die Funktion der Prüfstatus des Produktes als „passed“ gesetzt.

| Funktionsname | Mögliche Kennzeichnung | Beschreibung |
|---|---|---|
| Set status of part | Seriennummer | Setzt den Prüfstatus eines Teiles |

Bewertung der direkten Zuordnung des Prüfstatus:

Die Funktion der Zuordnung des Prüfstatus lässt sich mit der Funktion der direkten Zuordnung von Prozess- und Prüfdaten kombinieren, da für beide Funktionen die Produktkennung zu erfassen ist. Dazu muss zusätzlich zur lokalen Datenablage eine Verbindung mit dem zentralen *Traceabilitysystem* bestehen, um dort den Prüfstatus zu hinterlegen.

### 8.4.3 Umsetzung der Vertriebstraceability

Wie alle oberhalb beschriebenen Arten der dynamischen *Traceability* lässt sich auch die *Vertriebstraceability* über drei Detailierungsstufen umsetzen.

#### 8.4.3.1 Kunde wurde beliefert

Beim Modul „Kunde wurde beliefert“ wird der Kunde erfasst, der mit einem Produkttyp beliefert wird.

Umsetzungsbeispiel:

| **Typ** | **Kundennummer** |
|---|---|
| 550700 | 855468 |
| 550696 | 884684 |

Tabelle 18: Umsetzungsbeispiel „Kunde wurde beliefert“

Technische Umsetzung:

Die technische Umsetzung kann durch Standard ERP-Systeme erfolgen, in denen Kundenbestellungen abgewickelt werden. Durch die Bestellungen oder Lieferscheine lässt sich nachvollziehen, welcher Kunde mit welchen Typen beliefert wurde.

Bewertung des Moduls "Kunde wurde beliefert":

Durch die Umsetzung durch ein Standard ERP-System lässt sich das Modul „Kunde wurde beliefert“ ohne zusätzliche manuelle Tätigkeit umsetzen.

#### 8.4.3.2 Kunde mit Charge X beliefert

Beim Modul „Kunde mit Charge X beliefert“ wird dokumentiert, mit welcher Charge eine Kundenbestellung erfüllt wird. Dies ermöglicht eine Eingrenzung der betroffenen Kunden bei Qualitätsproblemen innerhalb einer Charge.

Umsetzungsbeispiel:

| **Typ** | **Charge** | **Kundennummer** |
|---|---|---|
| 550700 | 2032178400 | 855468 |
| 550700 | 2032178400 | 884684 |

Tabelle 19: Umsetzungsbeispiel „Kunde mit Charge X beliefert“

Technische Umsetzung:

Für die Umsetzung ist das Erfassen und dokumentieren der Chargen, mit denen ein Kundenauftrag erfüllt wird, beim Ausliefern eines Kundenauftrages nötig. In automatischen Lagersystemen, in denen bereits eine Chargenverwaltung im Einsatz ist, lassen sich diese Daten archivieren, um im Bedarfsfall darauf zugreifen zu können. Wenn noch keine automatische Chargenverwaltung besteht, müssen für die Umsetzung die Chargendaten bei der Pickung erfasst werden, womit sich der Aufwand für den Picker zur nächst höheren Detaillierungsstufe kaum noch unterscheidet.

Bewertung des Moduls "Kunde mit Charge X beliefert":

Das Modul „Kunde mit Charge X beliefert“ ist bei einem bestehenden automatischen Lagersystemen mit geringen Aufwänden umzusetzen, da die nötigen Daten in gängigen Lagersystemen bereits vorhanden sind. Für die Umsetzung im untersuchten Unternehmen mussten diese Daten nur noch in ein Archiv für die langfristige Datenspeicherung transferiert werden.

#### 8.4.3.3 Kunde mit Seriennummer Y beliefert

Beim Modul „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“ wird dokumentiert, mit welchem eineindeutigen Produkt der Kunde beliefert wurde.

Umsetzungsbeispiel:

| Typ | Seriennummer | Kundennummer |
|---|---|---|
| 550700 | 4587112 | 855468 |
| 550700 | 4587113 | 884684 |

Tabelle 20: Umsetzungsbeispiel „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“

Technische Umsetzung:

Im Zuge der Pickung muss die eineindeutige Seriennummer erfasst werden und mit dem Kundenauftrag verknüpft werden. Das zusätzliche Erfassen bedeutet jedoch einen Mehraufwand während der Pickung, der zu zusätzlichen Kosten beim Pickprozess führt. Die Datenablage erfolgt in der zentralen *Traceabilitydatenbank*.

| Funktionsname | Mögliche Kennzeichnung | Beschreibung |
|---|---|---|
| Link ident with customer | Seriennr | Verknüpft das Produkt mit einem Kunden. |

Bewertung des Moduls "Kunde mit Seriennummer Y beliefert":

Der Nachteil des Moduls liegt in den Aufwänden für das Erfassen der Produkte bei der Auslieferung. Auch im Zuge der Rückrufanalyse trat kein Fall auf, bei dem einzelne Produkte innerhalb einer Charge gezielt zurückgerufen werden mussten und das Modul „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“ einen höheren Nutzen als das Modul „ Kunde mit Charge X beliefert“ gehabt hätte.

Bei der *Traceabilityanwendung* der Garantie- und Gewährleistungsabgrenzung kann das Modul „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“ sinnvoll sein, um den exakten Auslieferungszeitpunkt festzuhalten.

Eine weitere Möglichkeit, ein Produkt eineindeutig einem Kunden zuzuordnen, ist die selbstständige Registrierung der Kunden auf der Herstellerhomepage. Über diese Vorgehensweise lassen sich die Aufwände für die eineindeutige Zuordnung auf den Kunden umwälzen. Hersteller bieten dem Kunden im Gegenzug z.B. die Verlängerung der Garantie oder Gewährleistung an.

# 9 Produktmarkierung

Das *Traceabilitymodell* baut auf unterschiedliche Produktmarkierungen auf. Um diese Kennzeichnungen aufzubringen, müssen die Produkte markiert werden. Dazu gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die hier kurz vorgestellt werden. Da bereits genügend Literatur zu diesem Thema vorhanden ist, wird hier nur auf häufig aufgetretene Fragen bei der Bearbeitung des Themas *Traceability* eingegangen. Für weitere Informationen empfiehlt sich der Abschlussbericht "Trace4Valve" (siehe Richter 2013).

## 9.1 Technische Umsetzbarkeit

Prinzipiell gibt es vier gängige Möglichkeiten, um Produktmarkierungen aufzubringen. Diese sind das Aufbringen eines Klartextes, das Aufbringen eines 1D-Codes, 2D-Codes oder RFID am Produkt. Auf Standards für die Inhalte der Markierung wird im Kapitel 9.2 „Markierungsinhalte“ in der „Tabelle 21: Bewertung von Produktmarkierungen“ eingegangen.

### 9.1.1 Klartext

Die Produktmarkierung wird in Form eines Klartextes am Produkt aufgebracht. Der Vorteil des Klartextes ist die Lesbarkeit ohne technische Hilfsmittel, nachteilig ist die fehlende maschinelle Lesbarkeit, wobei OCR[49]-Lösungen hier Abhilfe schaffen können. Im Serieneinsatz sind jedoch Markierungen, die die maschinelle Lesbarkeit ermöglichen, effizienter. Diese Systeme werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

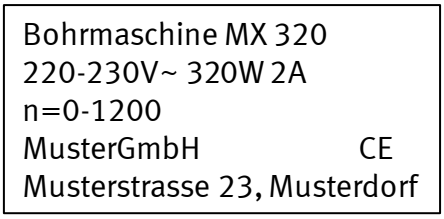



Abbildung 69: Typenschild mit Seriennummer als Klartext

[49] Optical Character Recognition (dt. optische Zeichenerkennung)

### 9.1.2 1D-Code (Barcode)

Eine Möglichkeit für maschinell lesbare Produktmarkierungen ist der eindimensionale Barcode. Dazu werden Daten anhand von Strichen mit unterschiedlicher Strichstärke codiert. Mittels optischen Lesegeräten können die Daten erfasst werden. Solche Geräte können sowohl Barcodescanner, Industriekameras oder Kameras von Mobiltelefonen sein. Aufgrund der geringen Datenmenge, die in einem Barcode codiert werden können, ergeben sich häufig mehrere Barcodes auf einem zu kennzeichnenden Produkt, wenn sowohl Teilenummer und eineindeutige Seriennummer aufgebracht werden.

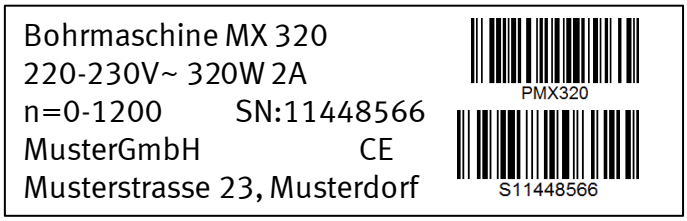



Abbildung 70: Typenschild mit Typ und Seriennummer als Barcode

### 9.1.3 2D-Code

Bei den 2-dimensionalen Codes werden mehrere Reihen von 1-dimensionalen Codes untereinander angebracht und ergeben somit einen 2-dimensinoalen Code. Der Vorteil des 2D-Codes ist die deutlich höhere Menge an abbildbaren Daten. Gemäß der ISO/IEC 16022:2006 lässt der kleinste 2D-Code mit 10x10 Spalten und Reihen 6 nummerische oder 3 alphanummerische Zeichen zu. Der größte 2D-Code erlaubt 144x144 Spalten und Reihen, was 3116 nummerische oder 2335 alphanummerische Zeichen ergibt. Die Größe eines Moduls ist nicht definiert, ist jedoch vom Druckverfahren abhängig. Bei Thermo-Transfer-Druckern mit 300dpi kommt häufig eine Modulgröße von 0,34mm zum Einsatz, um mindestens 4 Punkte je Modul zu gewährleisten. Direkte Markierungsverfahren, wie das Lasern oder Systeme mit einer höheren Auflösung, lassen auch kleinere Modulgrößen zu. Daraus ergibt sich z.B., dass auf einem DMC-Code[50] mit einer Größe von 6,8x6,8mm

[50] Datamatrix-Code (2D-Code)

44 nummerische oder 31 alphanummerische Zeichen bei einer Modulgröße von 0,34mm untergebracht werden können (vgl. ZVEI 2009).

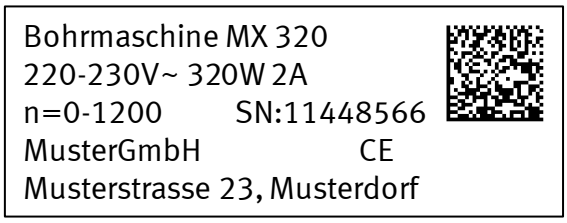



Abbildung 71: Typenschild mit Seriennummer als 2D-Code

### 9.1.4 RFID

Im Unterschied zu den vorherigen Produktmarkierungen ist bei RFID keine direkte Sichtverbindung zwischen der Markierung und dem Lesegerät notwendig. Zusätzlich ist der Leseabstand zwischen dem RFID-Transponder und dem RFID-Lesegerät vom System abhängig, was einen Leseabstand von wenigen Zentimetern bis hin zu wenigen Metern ermöglicht. Die Datenmenge, die auf einem RFID-Transponder hinterlegt werden kann, ist im Vergleich zu den vorher beschrieben Varianten deutlich höher, jedoch sind auch die Kosten für den RFID-Tag höher.

In Bild 24 ist ein typisches RFID-System aufgebaut. Das RFID-Lesegerät regt die RFID-Transponder an, woraufhin dieser die gespeicherten Daten an das Lesegerät senden.

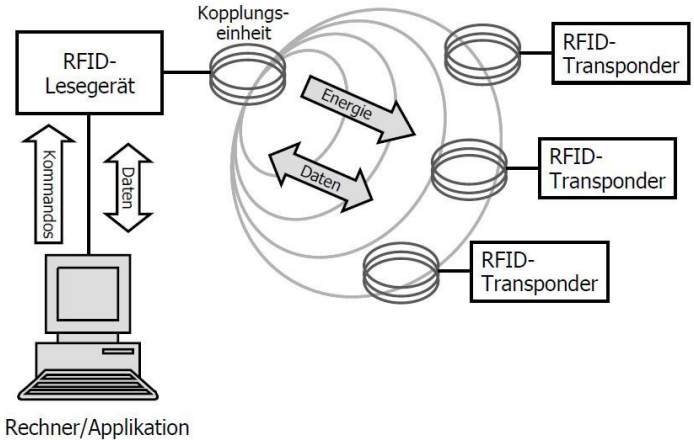



Bild 24: Komponenten eines RFID-Systems

(Fleisch 2005)

Die folgende Tabelle stellt die Eigenschaften typischer RFID-Systeme dar. Aufgezeigt wird die typische Lesereichweite, die bei LF[51]- und HF[52]-Systemen unter einem Meter liegt.

| | LF<br>0–135 kHz | HF<br>3–30 MHz | UHF<br>200 MHz–2 GHz | MW<br>> 2 GHz |
|---|---|---|---|---|
| Art der Kopplung | Induktive Kopplung<br>(wirkt im Nahfeld) | | Elektromagnetische Kopplung<br>(wirkt im Fernfeld) | |
| Typische Frequenz | 134,2 kHz | 13,56 MHz | 868 MHz (EU)<br>915 MHz (USA) | 2,45 GHz<br>5,8 GHz |
| Typische Lesereichweite | < 1,5 m | < 1,0 m | Passive Transponder:<br>< 3 m (EU bei 0,4 W)<br>ca. 3–5 m (EU bei 2 W, geplant)<br>ca. 5–7 m (USA bei 4 W) | |
| Negative Umgebungseinflüsse | • Abschirmung<br>• leitfähige Materialien (z.B. Metall) | | • Abschirmung<br>• Absorption, Reflexion, Brechung | |
| Einflüsse der Transponder untereinander | Antennen-Verstimmung bei eng liegenden Transpondern | | Verzerrung der Funkmuster aufgrund von Antennenkopplung | |

Bild 25: RFID-Eigenschaften

(Fleisch 2005)

## 9.1.5 Zusammenfassung

Wie die beschriebenen Beispiele aufzeigen, ist in den häufigsten Fällen das Aufbringen eines 2D-Codes für die *Traceabilityanwendungen* am kostengünstigsten und auch ausreichend. Erst wenn Markierungsinhalte über eine größere Distanz oder die Markierung gleichzeitig als Datenträger für umfangreiche Daten dienen soll, fallen die Vorteile eines RFID-Systems ins Gewicht.

| | **Klartext** | **1D-Code** | **2D-Code** | **RFID** |
|---|---|---|---|---|
| Datenmenge | - | - | + | ++ |
| Kosten | ++ | ++ | ++ | -- |
| Aufbringen per Druck oder Laser | + | + | + | -- |
| Lesedistanz | - | - | - | ++ |

Tabelle 21: Bewertung von Produktmarkierungen

[51] Langwelle-Frequenz (LF low frequency)

[52] Kurzwelle-Frequenz (HF high frequency)

## 9.2 Markierungsinhalte

Im vorherigen Kapitel wurde beschrieben, wie die Markierung auf Produkte aufgebracht werden kann. Im folgenden Kapitel soll gezeigt werden, wie der Datenaufbau für den Inhalt der Markierung erfolgen kann. Dazu werden zwei typische Standards die im Maschinenbau angewendet werden, aufgezeigt. Diese Standards kommen zur Anwendung, wenn maschinell lesbare Markierungen (1D, 2D und RFID) im Einsatz sind. Die beiden angeführten Standards haben gegenüber proprietären Markierungsinhalten den Vorteil, dass sie von gängigen IT-Systemen ohne Anpassung interpretiert werden können.

### 9.2.1 ISO 15418

Der ISO 15418-Standard definiert „Identifier“, die im Datenstring enthalten sind, um nachfolgende Inhalte zu definieren. Nach dem ISO-Standard beinhaltet der String in Abbildung 72...

[)>RS06GS13V9999999GSP19846GSTF202GSS123482545RS EOT

Abbildung 72: Datenstring nach ISO 15418

... die Informationen in Tabelle 22.

| | **Identifier** | **Beschreibung** | **Dateninhalt** |
|---|---|---|---|
| Hersteller+ Typ | 13V | DUNS[53] Nummer des Lieferanten | 9999999 |
| | P | Typ/Teilenummer | 1234567 |
| Chargen | T | Chargennummer | F202 |
| Serien-Nummer | S | Seriennummer | 123482545 |

Tabelle 22: Kennzeichnung nach ISO 15418

[53] Eindeutige Unternehmensidentifikationsnummer, vergeben durch Dun & Bradstreet

Neben dem hier angewendeten Datenidentifier lässt die ISO 15418 weitere Daten zu, die es ermöglichen, Daten des *Traceabilitysystems* in der Produktmarkierung abzulegen, wenn die mögliche Datenmenge der Markierung ausreichend ist.

### 9.2.2 GS1

Eine Alternative zur Kennzeichnung nach ISO 15418 ist die Kennzeichnung nach dem GS1-Standard. Bekannt ist der Standard durch Barcodes bei Consumerprodukten. Im GS1-Format definiert ein 14-stelliger GTIN[54] den Hersteller und den Produkttyp. Dieser 14-stellige Code setzt sich aus einer 8-stelligen Basisnummer, die den Hersteller definiert, und einer 5-stelligen Nummer zusammen, die den Artikelbezug herstellt. Zusätzlich ist noch eine Prüfziffer im Code integriert. Weitere *Identifier* lassen zusätzliche Daten im Code integrieren (vgl. Sehorz et al. 2013).

Datenstring nach GS1:

0104051323000013 10F202 21123482545

Abbildung 73: Datenstring nach GS1 (vgl. Dünnebacke 2013)

| | **Identifier** | **Beschreibung** | **Dateninhalt** |
|---|---|---|---|
| Hersteller+ Typ | 01 | Basisnummer | 04051323 |
| | | Typ/Teilenummer | 00001 |
| Chargen | 10 | Chargennummer | F202 |
| Serien-Nummer | 21 | Seriennummer | 123482545 |

Tabelle 23: Kennzeichnung nach GS1

[54] *Global Trade Item Number*

# 10 Abschließende Betrachtung

Ausgangspunkt für diese Dissertation waren fünf Forschungsfragen. Die 1. Forschungsfrage deckte das Verständnis von Akteuren auf, die sich mit *Traceability* und deren Umsetzung beschäftigen. Um die 2. Forschungsfrage zu beantworten, wurde ein so genanntes Kommunikationsmodell, in dem sich Anwendungsfälle von *Traceability* darstellen lassen, entwickelt. Gleichzeitig wurde das *Traceabilitymodell* anhand aufgedeckter *Traceabilityanwendungen* verifiziert und damit aufgezeigt, welche *Traceabilitydaten* in welchem Detaillierungsgrad für die Anwendungsfälle notwendig sind. Zusätzlich wurde demonstriert, welche *Traceabilityanwendungen* in welchen Fachbereichen wie Qualitätsmanagement, Produktion, After Sales und Logistik umgesetzt werden können. Für einzelne *Traceabilityanwendungen* wurde der Nutzen der Anwendung im Unternehmen aufgezeigt. So lässt sich z.B. durch den Zugriff auf *Traceabilitydaten* die Reklamationsabwicklung beschleunigen. Bei der Anwendung der Rückrufeingrenzung können, in Abhängigkeit der Ausprägung der *Traceability*, bis zu 80% der Rückrufkosten eingespart werden. Über die Produktauthentifizierung lassen sich gefälschte Produkte aufgrund von *Traceabilitydaten* aufdecken. Im Bereich der Produktion lassen sich auf Basis von *Traceability* Prozesse analysieren und optimieren, Prozessverriegelungen durchführen oder einfache Produktionssteuerungsanwendungen, die ein MES-System ersetzen können, umsetzen. Auch im Bereich des After Sales ist der Einsatz einiger Anwendungen auf Basis von *Traceabilitydaten* möglich. So können Support Portale im Internet bei der Wartung und Instandhaltung unterstützen, Kundendienstleistungen auf Basis der *Traceabilitydaten* angeboten oder Vertriebsnetzwerke aufgedeckt werden. Im Bereich der Logistik ermöglicht die Koppelung von physischem und virtuellem Warenfluss eine genauere Abbildung der Wirklichkeit in den IT Systemen. Dadurch entstehen bessere Entscheidungsgrundlagen für die Steuerung von Produktionsunternehmen. Auf einem ähnlichen Prinzip basiert das Stock Management, bei dem Prüfdaten der *Traceability* bereits zum Buchen von zusätzlichen Lagerbeständen führen, wodurch auch die Bestandsführung im Unternehmen besser an die tatsächlichen Bestände angepasst werden kann.

Mit der Beantwortung der 3. Forschungsfrage wurde aufgezeigt, wie ein *Traceabilitysystem* in einem typischen Unternehmen des Anlagen- und

Maschinebaus umgesetzt wurde. Auch in diesen Themenbereich flossen die Anregungen aus den unterschiedlichsten Unternehmen ein,

Die 4. und somit letzte Forschungsfrage beschäftigt sich damit, welche *Traceabilitydaten* bei bereits abgewickelten Rückrufen zu einer Rückrufumfangsreduzierung erforderlich gewesen wären. Dieser Bereich soll Unternehmen helfen, *Traceabilitydaten* für den Rückrufanwendungsfall anhand ihrer eigenen Bedürfnisse festzulegen.

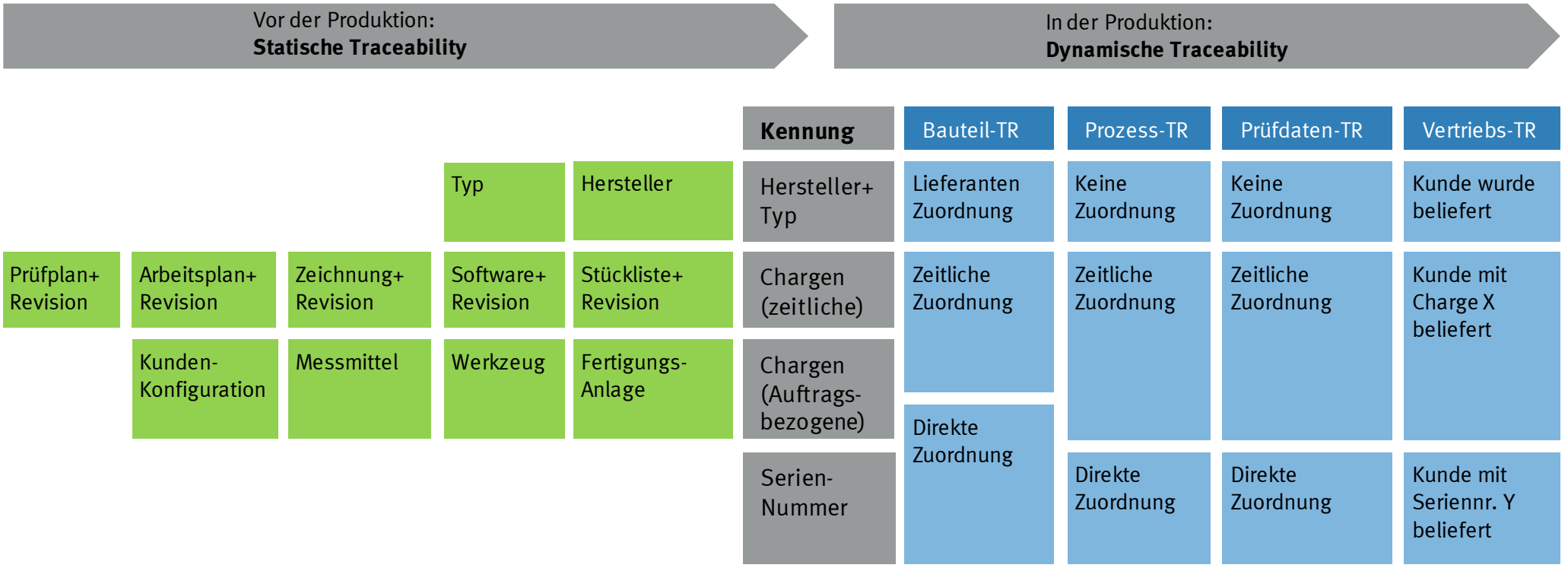
Durch den permanenten Praxisbezug währender der Erstellung dieser Dissertation konnte das *Traceabilitymodell* im tagtäglichen Einsatz seine Tauglichkeit beweisen. Der Verband Deutscher Anlagen- und Maschinenbauer druckt das *Traceabilitymodell* und dessen Beschreibung voraussichtlich Anfang 2016 in einer Sonderausgabe zum Thema *Traceability* ab, was ebenfalls den Praxisbezug dieser Arbeit bestätigt.

Zum Zeitpunkt der Endphase dieser Arbeit war das Modell aktiv zur Auswahl der *Traceabilitydaten* bei der *Traceabilityanwendung* Prozessanalyse im Einsatz.

Ich möchte mich zum Abschluss nochmals bei all jenen Unterstützern bedanken, die mir in der Zeit der Erstellung dieser Dissertation mit Rat und Tat zur Seite standen.

# 11 Anhang

## 11.1 Das Traceabilitymodell



# 12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit ..... 7

Abbildung 2: Traceability - Begriffserklärung ..... 14

Abbildung 3: Einteilung von *Traceabilityanwendungen* ..... 25

Abbildung 4: Geschäftsfall- Garantie & Gewährleistungsabgrenzung ..... 30

Abbildung 5: Grauer Markt ..... 42

Abbildung 6: Umfrageauswertung Bsp. Kennzeichnung ..... 58

Abbildung 7: Kennzeichnung der Produkte ..... 61

Abbildung 8: Chargenkennung ..... 64

Abbildung 9: Zeitlich bedingte Chargenkennzeichnung ..... 65

Abbildung 10: Mengenabhängige Chargenkennzeichnung ..... 66

Abbildung 11: Auslösungsabhängige Chargenkennzeichnung ..... 67

Abbildung 12: Kombinierter Chargenkennzeichnungswechsel ..... 68

Abbildung 13: Chargenkennzeichnung Fertigungsauftrag ..... 68

Abbildung 15: Kennzeichnung mit Hersteller+Typ+Seriennummer ..... 69

Abbildung 14: Kennzeichnung mit Seriennummer ..... 69

Abbildung 16: Das Traceabilitymodell ..... 72

Abbildung 17: Übersicht - Dynamische Traceability ..... 77

Abbildung 18: Bauteiltraceability ..... 78

Abbildung 19: Prozess- und Prüfdatentraceability ..... 79

Abbildung 20: Vertriebstraceability ..... 79

Abbildung 21: Farben der Modelldarstellung ..... 81

Abbildung 22: Alternative Modellbeschreibung mit Nummerncodes 3112 ..... 82

Abbildung 23: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ ..... 83

Abbildung 24: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube ..... 84

Abbildung 25: Typenschild ..... 85

Abbildung 26: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ ..... 85

Abbildung 27: Typenschild mit Seriennummer ..... 86
Abbildung 28: Hierarchie der Bohrmaschine ..... 86
Abbildung 29: Traceabilitymodell bei einer Bohrmaschine ..... 87
Abbildung 30: Traceabilitymodell Produkthaftungsgesetz ..... 89
Abbildung 31: Traceabilitymodell Herkunftsnachweis ..... 90
Abbildung 32: Traceabilitymodell - Produktauthentifizierung ..... 92
Abbildung 33: Traceabilitymodell - Produktauthentifizierung schwer fälschbare Merkmale ..... 99
Abbildung 34: Traceabilitymodell - Reklamationsabwicklung ..... 101
Abbildung 35: Reklamationen je Produktcharge ..... 102
Abbildung 36: Traceabilitymodell - Garantie und Gewährleistungsabgrenzung ..... 104
Abbildung 37: Traceabilityanforderungen bei unternehmensübergreifenden Rückrufen ..... 109
Abbildung 38: Traceabilitymodell – ISO/TS 16949 ..... 119
Abbildung 39: Traceabilitymodell - DIN 80079-34 ..... 121
Abbildung 40: Traceabilitymodell - DIN 13485 ..... 122
Abbildung 41: Traceabilitymodell - Druckgerät bis zur Endprüfung ..... 125
Abbildung 42: Traceabilitymodell - EG 1935/2004 ..... 125
Abbildung 43: Traceabilitymodell - Branchenforderung ..... 126
Abbildung 44: Traceabilitymodell - Prozessanalyse ..... 128
Abbildung 45: Traceabilitymodell Prozessverbesserung 1 ..... 131
Abbildung 46: Traceabilitymodell - Prozessverriegelung I ..... 132
Abbildung 47: Traceabilitymodell - Ausgeprägte Prozessverriegelung ..... 134
Abbildung 48: Fertigungsablauf mit Traceabilityunterstützung ..... 135
Abbildung 49: Traceabilitymodell - Produktionsunterstützung ..... 137
Abbildung 50: Traceabilitymodell - Wartung und Instandhaltung durch den Kunden ..... 138
Abbildung 51: Vertriebsnetzwerk aufdecken - Händlernetz ..... 140
Abbildung 52: Vertriebsnetzwerk aufdecken - Marketingmaßnahmen ..... 140
Abbildung 53: Traceabilitymodell - Kundendienstleistungen ..... 142
Abbildung 54: Abfrage von Produktdaten ..... 144

Abbildung 55: Traceabilitymodell - Kopplung des Warenflusses ..... 146
Abbildung 56: Traceabilitymodell - Stock Management ..... 148
Abbildung 57: Kennzeichnung mit Hersteller und Typ ..... 151
Abbildung 58: Chargennummerngenerierung 1 ..... 152
Abbildung 59: Chargennummerngenerierung 2 ..... 153
Abbildung 60: Chargennummerngenerierung 3 ..... 154
Abbildung 61: Kennzeichnungsgenerierung ..... 155
Abbildung 62: Schema eines Traceabilitysystems ..... 156
Abbildung 63: Traceabilitytabellen der Traceabilitydatenbank ..... 156
Abbildung 64: Ablauf eines Montagevorgangs mit Kommunikation zur Traceabilitydatenbank ..... 158
Abbildung 65: Bauteilvermischung ..... 161
Abbildung 66: Zeitliche Abfolge vom Wareneingang bis zum Ende der Verbrauchszeit ..... 163
Abbildung 67: Beispiel einer maschinell lesbaren Kanban-Karte ..... 166
Abbildung 68: Bewertung der zeitlichen Zuordnung ..... 168
Abbildung 69: Typenschild mit Seriennummer als Klartext ..... 177
Abbildung 70: Typenschild mit Typ und Seriennummer als Barcode ..... 178
Abbildung 71: Typenschild mit Seriennummer als 2D-Code ..... 179
Abbildung 72: Datenstring nach ISO 15418 ..... 181
Abbildung 73: Datenstring nach GS1 (vgl. Dünnebacke 2013) ..... 182

# 13 Bildverzeichnis

Bild 1: Upstreaming-Traceability ..... 11
Bild 2: Downstreaming-Traceability ..... 12
Bild 3: Traceability-Definitionen und deren Anwendungen der Wissenschaft ..... 16
Bild 4: Gefälschter Ventilator ..... 28
Bild 5: Qualitätskosten ..... 38
Bild 6: Materialmanagement im MES ..... 44
Bild 7: Kostenentstehung in der Produktion ..... 45
Bild 8: Bestandsverläufe bei gleichmäßigem Verbrauch und geschlossener Anlieferung ..... 46
Bild 9: Gießuhr mit Produktionsmonat 1=Januar, 10= 2010 ..... 66
Bild 10: Beispiel eines Prüfplans ..... 75
Bild 11: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube 1 ..... 83
Bild 12: Rückverfolgbarkeit Bsp. Schraube 2 ..... 84
Bild 13: Produktauthentifizierung ..... 94
Bild 14: Medikamentenverifikation ..... 94
Bild 15: Abgleich mit Produkttyp ..... 95
Bild 16: Rauschmuster ..... 98
Bild 17: Last Mile Problem ..... 105
Bild 18: Rückrufanalyse bei Automobilprodukten ..... 116
Bild 19: Manuelle Prozessverriegelung mit Q.C.-PASSED-Etikett ..... 132
Bild 20: Qualitygate – Ablagekisten mit Lichtschranken zur Überwachung ..... 133
Bild 21: Pick by light-System ..... 136
Bild 22: Smartphone-App von Siemens, Festo und Endress & Hauser ..... 142
Bild 23: Materialfluss in der Produktion ..... 162
Bild 24: Komponenten eines RFID-Systems ..... 179
Bild 25: RFID-Eigenschaften ..... 180

# 14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Qualitätsmanagementsysteme ..... 35

Tabelle 2: Arten von Prüfbescheinigungen ..... 51

Tabelle 3: Fachbereiche der Interviewpartner ..... 55

Tabelle 4: Rückrufanalyse ..... 117

Tabelle 5: ANOVA-Analyse ..... 130

Tabelle 6: Herkömmliche Schaltschrankstückliste ..... 144

Tabelle 7: Erweiterte Schaltschrankstückliste auf Basis zentraler Informationsserver ..... 145

Tabelle 8: Traceabilityfunktionen für die statische Traceability ..... 159

Tabelle 9: Abfragefunktion für Traceabilitydaten aus Traceabilitysystem ..... 159

Tabelle 10: Umsetzungsbeispiel Wareneingangsbuch ..... 164

Tabelle 11: Umsetzungsbeispiel Kommissionierzeitpunkt ..... 165

Tabelle 12: Umsetzungsbeispiel Chargenverfolgung mit Kanban-Funktionen ..... 167

Tabelle 13: Umsetzungsbeispiel Hierarchie ..... 169

Tabelle 14: Umsetzungsbeispiel „Keine Zuordnung von Prüf- und Prozessmerkmalen“ ..... 170

Tabelle 15: Umsetzungsbeispiel „Zeitliche Zuordnung“ ..... 171

Tabelle 16: Umsetzungsbeispiel „Direkte Zuordnung“ von Prozess- und Prüfdaten ..... 172

Tabelle 17: Umsetzungsbeispiel „Direkte Zuordnung Prüfstatus“ ..... 172

Tabelle 18: Umsetzungsbeispiel „Kunde wurde beliefert“ ..... 173

Tabelle 19: Umsetzungsbeispiel „Kunde mit Charge X beliefert“ ..... 174

Tabelle 20: Umsetzungsbeispiel „Kunde mit Seriennummer Y beliefert“ ..... 175

Tabelle 21: Bewertung von Produktmarkierungen ..... 180

Tabelle 22: Kennzeichnung nach ISO 15418 ..... 181

Tabelle 23: Kennzeichnung nach GS1 ..... 182

# 15 Literaturverzeichnis


Abele, Eberhard; Ksuke, Philipp; Lang, Horst (2011): Schutz vor Produktpiraterie. Ein Handbuch für den Maschinen- und Anlagenbau: Springer Berlin Heidelberg.

Abramovici, Michael; Bellalounam, Fahmi; Flohr, Matthias (2008): Integrated Product Traceability along the Supply Chain in the Automotive Industry. Ruhr-University, Bochum. Chair of Information Technology in Mechanical Engineering (ITM).

Ahsan, Kamrul (2010): Understanding Trends of Car Recalls. Proceedings of the 2010 IEEE IEEM. University of Technology, New Zealand. Department of Management.

Alfaro, José A.; Rábade, Luis A. (2009): Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. In: *International Journal of Production Economics*.

Altran (2010): Wie Traceability Unternehmen hilft, teuren Rückrufaktionen vorzubeugen. In: *http://www.pressetext.com*.

Industrial Guideline. Apeal: Industrial Guideline on Traceability of Materials and Articles for Food contact, zuletzt geprüft am 16.10.2013.

Arnold, Dieter; Furmans, Kai (2009): Materialfluss in Logistiksystemen. 6. Aufl. Springer Heidelberg Dordrecht London New York: Springer.

Berman, Barry (1999): Planning for the inevitable product recall. In: *Business Horizons* 42 (2), S. 69–78. DOI: 10.1016/S0007-6813(99)80011-1.

Leitfaden der Guten Herstellungspraxis 2005. BMG: Bundesministerium für Gesundheit: Leitfaden der Guten Herstellungspraxis, 2005.

Böse, Felix; Uckelmann, Dieter (2010): Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung- Veränderungen in der logistischen Rückverfolgung auf Basis innovativer Identifikationstechnologien. In: Corinna Engelhardt-Nowitzki (Hg.): Supply-Chain-Network-Management. Gestaltungskonzepte und Stand der praktischen Anwendung.

Brüggemann, Holger; Bremer, Peik (2012): Grundlagen Qualitätsmanagement. Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM: Springer Vieweg.

ABGB §922. Bundeskanzleramt: ABGB, 2002. Online verfügbar unter Gesetzesnummer 10001622.

Chao, Gary H.; Iravani, Seyed M. R.; Savaskan, R. Canan (2009): Quality Improvement Incentives and Product Recall Cost Sharing Contracts. In: *Management Science* 55/7, S. 1122–1138.

Cheng, M. J.; Simmons, J.E.L. (1994): Traceability in Manufacturing Systems. In: *International Journal of Operations & Production Management* 10, S. 4–16.

Chongwatpol, Jongsawas; Sharda, Ramesh (2013): RFID-enabled track and traceability in job-shop scheduling environment. In: *European Journal of Operational Research* 227 (3), S. 453–463.

Craig, Smith; Robert, Thomas; John, Quelch (1996): A Strategic Approach to Managing Product Recalls. In: *Harvard Business Review* Sep. - Okt. 1996, S. 102–112.

Davidow, Moshe (2003): Organizational Responses to Customer Complaints: What Works and What Doesn't. In: *Journal of Service Research* 5(3), S. 225–250.

Demattio, Nora (2007): Auseinandersetzung mit den 'Qualitativen Forschungsmethoden' der Kultur- und Sozialanthropologie'. Studienarbeit: GRIN Verlag.

RL 85/374/EWG. DER RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Richtlinie 85/374/EWG des Rates vom 25. Juli 1985 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Haftung für fehlerhafte Produkte, 1985.

Diallo, Thierno M.L.; Sébastien, Henry; Yacine, Ouzrout (2014): "Using Unitary Traceability for an Optimal Product Recall.". In: *Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World,* S. 159–166.

Dickstein, Jason (2013a): ASA Wins Traceability Case. Online verfügbar unter https://aviationsuppliers.wordpress.com/2013/07/18/ASA-WINS-TRACEABILITY-CASE/, zuletzt geprüft am 01.10.2015.

Dickstein, Jason (2013b): The Parts Traceability Puzzle. Online verfügbar unter http://www.avm-mag.com/the-parts-traceability-puzzle/.

Dietrich, Edgar; Schulze, Alfred (2014): Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation. 7. Aufl.: Hanser.

CEN ISO/TR 14969. DIN: Medizinprodukte - Qualitätsmanagementsysteme Anleitung zur Anwendung von ISO 13485:2003, 2005.

DIN EN 10204. DIN: Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen;, 2005.

DIN EN ISO 9000. DIN: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, 2005.

DIN EN ISO 9001. DIN: Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen, 2008.

DIN SPEC 1115. DIN: Qualitätsmanagementsysteme – Besondere Anforderungen bei Anwendung von ISO 9001:2008 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie (ISO/TS 16949:2009), 2009.

DIN EN 9100. DIN: Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen an Organisationen der Luftfahrt, Raumfahrt und Verteidigung, 2010.

DIN EN ISO 80079-34. DIN: Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen für die Herstellung von Geräten, 2011.

DIN EN ISO 13485. DIN: Medizinprodukte – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen für regulatorische Zwecke, 2012.

Drews, Frank (2010): Stufenübergreifende Rückverfolgbarkeit. Online verfügbar unter http://risikomanager.org/2010/03/01/stufenubergreifende-ruckverfolgbarkeit/.

Dünnebacke, Daniel (2013): Rückverfolgbarkeit von Ersatzteilen und Transportsendungen. Praxisbeispiele aus der Zuliefererbranche. VDMA. Frankfurt, 05.06.2013.

Eccarius, Michael Dr.-Ing. (2014): Produktpiraterie: Erfolgreich gegen organisierte Fälscher aus China. Frankfurt, 11.03.2014.

Edler, Andreas (2001): Nutzung von Felddaten in der qualitätsgetriebenen Produktentwicklung und im Service. Dissertation. Technische Universität Berlin, Berlin. Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme.

Endress + Hauser (2014): Endress+Hauser Operations App.

Leitlinien DGRL 2013. Europäische Kommission: Leitlinien zur Druckgeräte Richtlinie (DGRL) 97/23/EG Leitlinien.

RL 2011/62/EU. Europäische Union: Richtlinie 2011/62/EU zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel hinsichtlich der Verhinderung des Eindringens von gefälschten Arzneimitteln in die legale Lieferkette, 2011, zuletzt geprüft am 20.02.2015.

RL 1999/44/EG. Europäisches Parlament und der Rat: Richtlinie zu bestimmten Aspekten des Verbrauchsgüterkaufs und der Garantie für Verbrauchsgüter, 1999, zuletzt geprüft am 03.02.2015.

RL 2001/95/EG. Europäisches Parlament und der Rat: Richtlinie über die allgemeine Produktsicherheit, 2002, zuletzt geprüft am 20.03.2015.

VO 1935/2004. Europäisches Parlament und der Rat: Verordnung Nr. 1935/2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmittel in Berührung zu kommen, 2004, zuletzt geprüft am 11.11.2014.

RL 2006/42/EG. Europäisches Parlament und der Rat: Richtlinie 2006/42/EG über Maschinen, 2006.

RL 97/23/EG. Europäisches Parlament und der Rat: Richtline 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte, 2007, zuletzt geprüft am 20.04.2015.

VO Vorschlag 2012/0266. Europäisches Parlament und der Rat: Änderung der Richtlinie 2001/83/EG, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009, 2012, zuletzt geprüft am 20.01.2015.

RL 85/374/EWG. Europarat: Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Haftung für fehlerhafte Produkte, 1985, zuletzt geprüft am 01.10.2015.

Federal Aviation Administration (2013): FAA_AC_00-56A Voluntary industry distributor accreditation programm. Advisory.

Fisk, George; Chandran, Rajan (1975): How to trace and recall products. In: *Harvard Business Review* Nov-Dez (53), S. 90–96.

Fleisch, Elgar (Hg.) (2005): Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen: Springer.

Fritz, Melanie; Schiefer, Gerhard (2009): Tracking, tracing, and business process interests in food commodities. A multi-level decision complexity. In: *International Journal of Production Economics* (117), S. 317–329.

Ganesh, Hegde (2011): Global Traceability: Key Drivers, Challenges, and Solutions for Today's Manufacturers. Hg. v. SAP insider. Online verfügbar unter http://sapinsider.wispubs.com.

Gausemeier, Jürgen; Glötz, Rainer; Lindemann, Udo (2012): Präventiver Produktschutz. Leitfaden und Aufwendungsbeispiele: Hanser.

Geitner, Martin (2013): Traceability aus Sicht der Medizintechnik. ZVEI. Frankfurt, 29.09.2013.

Gerberich, Thorsten (2011): Lean oder MES in der Automobilzulieferindustrie. Ein Vorgehensmodell zur fallspezifischen Auswahl. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2010): Experteninterviews und Qualitative Inhaltsanalyse: VS Verlag für Sozialwissenschaften Springer Fachmedien Wiesbaden.

GMA (2011): Capturing Recall Costs. Measuring and Recovering the Losses.

Gönül, Kaletunç; Ferhan, Özadali: Understanding the Recall Concept in the Food Industry. Ohio State University.

Gudehus, Timm (2012): Logistik 1. Grundlagen, Verfahren und Strategien. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Gudela, Grote (2000): Empirische Methoden für betriebliche Untersuchungen. Skript zur Vorlesung.

Helva, Aslihan (2008): Die Identifikation von Kundenproblemen als Grundlage zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit : Theorien, Methoden und Instrumente. Masterarbeit.

Hesseler, Martin; Görtz, Marcus (2009): ERP-Systeme im Einsatz: W3L- Verlag.

Hofmann, Karin (2009): Die strafrechtliche Produkthaftung im Anwendungsbereich des Verbandsverantwortlichkeitsgesetzes. Diplomarbeit. Karl-Franzens-Universität Graz.

Hsiu-Li, Cheng (2002): Gray marketing and unfair competition. In: *Atlantic Economic Journal* 30.2, S. 196–204.

Huber, Beate; Hienerth, Claudia; Güssenbacher, Daniela (2009): Wissenschaftliches Arbeiten kompakt: Bachelor- und Masterarbeiten. Bachelor- und Masterarbeiten erfolgreich erstellen: Linde.

Interview (2013): Nahrungsmittelberührende Bauteile. Interview mit geheim. Deutschland.

IT Production: Übersicht über Manufacturing Execution Systems 2013/14. 2013.

Jolly, David W.; Mowen, John C. (1985): Product Recall Communications: the Effects of Source, Media, and Social Responsibility Information. In: *Advances in Consumer Research* (12).

Karlsen, Kine Mari; Dreyer, Bent; Olsen, Petter; Elvevoll, Edel O. (2013): Does a common theoretical framework to implement food traceability exist? In: *Food Control* 32 (2), S. 409–417. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.12.011.

Keller, Gustl (2011): Schritte zur Traceability. Erläuterungen - Standards - Realisierung, 01.04.2011.

Kittl, Burkard (2014): Einsatz von PPS- und Leitsystemen. Skript zur Vorlesung. Technische Universität Wien, Wien.

Koch, Susanne (2011): Einführung in das Management von Geschäftsprozessen. Six Sigma, Kaizen und TQM: Springer.

Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2004): Jahresbericht 2004.

Krell; Weyland; Grube (2006): Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelbedarfsgegenständen. Hg. v. KWG Rechtsanwälte. Online verfügbar unter http://www.kwg.eu/rueckverfolgbarkeit-von-lebensmittelbedarfsgegenstaenden/.

Kropik, Markus (2009): Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung: Springer.

Lang, Horst; Lichtenberger, Sebastian (2014): Das Traceabilitymodell für den Maschinenbau. In: Friedrich Bleicher und Karl Lammer (Hg.): Industrie 4.0 - die intelligente Fabrik der Zukunft.

Lindemann, Udo (2012): Know-how-Schutz im Wettbewerb. Gegen Produktpiraterie und unerwünschten Wissenstransfer: Springer Vieweg (VDI-Buch).

Ludwig-Mayerhofer, Wolfgang: Methoden der empirischen Sozialforschung I. Qualitative Interviewverfahren. Universität Siegen, zuletzt geprüft am 09.11.2015.

Marotzki, Winfried Prof. Dr. (2012): Einführung in qualitative Forschungsmethoden der Erziehungswissenschaft.

Matsui, Kenji (2014): Gray-market trade with product information service in global supply chains. In: *International Journal of Production Economics* 147, S. 351–361.

Messner, Robert (2008): Anforderungsgetriebene Szenarienevaluierung zur Modernisierung von Qualitätsystemen in der Fertigungsindustrie: Vdm Verlag Dr. Müller.

Meuser, Michael; Nagel, Ulrike (1991): ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Detlef Garz und Klaus Kraimer (Hg.): Qualitativ-empirische Sozialforschung : Konzepte, Methoden, Analysen. Opladen: Westdt. Verl., S. 441–471.

Mittag, Hans-Joachim (2014): Statistik. Eine Einführung mit interaktiven Elementen: Springer Spektrum.

Moe, T. (1998): Perspectives on traceability in food manufacture. In: *Trends in Food Science & Technology* (9), S. 211–214.

Mowen, John; Jolly, David; Nickell, Gary (1981): Factors Influencing Consumer Responses to Product Recalls: a Regression Analysis Approach. In: *Advances in Consumer Research* 8, S. 405–407.

Müller, Andreas (2013): Track and Trace im Kontext von Industrie 4.0. VDMA. Denkendorf, 15.10.2013.

Neemann, Christoph; Schuh, Günther (Hg.) (2011): Technologieschutz. Unter Mitarbeit von Günther Schuh und Sascha Klappert.

Neubauer, R; Kreppenhofer, D; Langer, T (2010): Determination of the Overall Equipment Effectiveness for assembly systems on the base of product data.

Neugebauer, Reimund; Kreppenhofer, Dietmar; Langer, Tino (2008): A model for product data tracking and tracing in production networks. In: *Proceedings of the 9th Cairo University International Conference on Mechanical Design and Production*.

Olsen, Petter; Borit, Melania (2013): How to define traceability. In: *Trends in Food Science & Technology*, S. 142–150.

Ophey, Lothar (2005): Entwicklungsmanagement. Methoden in der Produktentwicklung: Springer.

Plumer, Brad (2014): GM has already recalled more cars this year than it sold all last year. Hg. v. VOX, zuletzt geprüft am 23.09.2015.

Pouwan, Lai; Claret-Tournier, Claret; Chatwin, Chris; Young, Rupert (2005): A Secure Mobile Track and Trace System for Anti-counterfeiting. Proceedings. In: *The 2005 IEEE International Conference on. IEEE*.

Prosecure (2015): BitSecure - Die Copy Detection Technologie.

Prüfer, Peter; Stiegler, Angelika: Die Durchführung standardisierter Interviews: Ein Leitfaden, zuletzt geprüft am 09.11.2015.

Razali, Razulaimi; Jaafar, Jafreezal (2012): Complaint Handling Theoretical Framework. In: *International Conference on Computer & Information Science (ICCIS)*, S. 382–385.

Loskennzeichnungsverordnung 2014. Republik Österreich: Verordnung des Bundesministers für Gesundheit über Angaben, mit denen sich das Los, zu dem ein Lebensmittel gehört, feststellen lässt (Loskennzeichnungsverordnung), 2014.

Richter, Klaus Prof. Dr.-Ing. (2013): Trace4Valve - Elektonische Typenschilder für die durchgängige Identifikation und Traceability von Industriearmaturen. Schlussbericht, zuletzt geprüft am 01.07.2015.

Ringsberg, Henrik; Jönson, Gunilla (2011): Traceability in food supply chains.

Scharm, Jana (2015): Produkthaftung und Lieferantenmanagement aus rechtlichen Perspektiven, 08.07.2015.

Scheuermann, Gerhard Dr. (2013): Aktuelles aus dem bauaufsichtlichen Bereich. Arbeitstagung der Baurechtsbehörden und Prüfingenieure. Leonberg, 2013.

Schönsleben, Paul (2011): Integrales Logistikmanagement. Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. 6. Aufl.: Springer.

securPharma (2013): Regeln zur Codierung verifizierungspflichtiger Arzneimittel im deutschen Markt.

Sehorz; Müller; Machemer (2013): Allgemeine GS1 Spezifikationen.

Six Sigma TC GmbH (2010): Hypothesen-Test. Green Belt Training, 07.2010.

Smith, Craig; Thomas, Robert; Quelch, John (1997): A strategic approach to managing product recalls. In: *Harvard Business Review*, S. 228–229.

Sohal, Amrik (1997): Computerised parts traceability: an implementation case studay. In: *Technovation* 17, S. 583–591.

Störmer, Andreas (2013): Qualitätspartnerschaft für nachhaltige Kundenorientierung. ZVEI Traceability Konferenz. ZVEI. Frankfurt, 24.09.2013.

Stradley, Jack; Karraker, Dale (2006): The Electronic Part Supply Chain and Risks of Counterfeit Parts in Defense Applications. In: *IEEE Trans. Comp. Packag. Technol.* 29.

Strunz, Matthias (2012): Instandhaltung. Grundlagen, Strategien, Werkstätten: Springer Vieweg.

Sun, Chuan-Heng (2014): Anti-counterfeit code for aquatic product identification for traceability and supervision in China. In: *Food Control* 37, S. 126–134.

Taillard, Diane (2011): Discussion Paper on Voluntary Product Traceability Schemes.

Töyrylä, Ilkka (1999): Realising the Potential of Traceability. A case study research on usage and impacts of product traceability. Dissertation. Helsinki University of Technology.

VDMA (2014): Studie Produktpiraterie 2014. Hg. v. VDMA.

VDI 5600. Verein deutscher Ingenieure: Fertigungsmanagementsysteme - Manufacturing Execution Systems (MES), 2007.

VDI 3423. Verein deutscher Ingenieure: Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen Begriffe, Zeiterfassung und Berechnung, 2011.

Yuan, M.; Yeh, Lu (2011): The Development of Products Traceability for Enterprise Resource Planning System. In: *IEEE 18Th- International Conference on IEEE*.

Zenith Aviation Inc. (2013): Traceability: What does it mean? Hg. v. Zenith Aviation Inc. Online verfügbar unter http://www.zenithaviation.com/parts/traceability-defined/, zuletzt geprüft am 01.10.2015.

ZLG 2007. Zentralstelle der Länder für Gesundheitsschutz bei Arzneimitteln und Medizinprodukten: Definition Charge im Zusammenhang mit der Überprüfung der hergestellten Produkte.

Zhang, Qinghua; Cheng, Guoquan; Wang, Zhuan; Yan, Dawei; Wang, Bo (2010): Development of Pick-to-light Communication Middleware. In: *2010 the 5th IEEE Conference on IEEE*.

Zöchling-Jud, Brigitta Univ.-Prof. Dr.: Gewährleistung. Skript zur Vorlesung, zuletzt geprüft am 06.11.2014.

ZVEI (Hg.) (2009): Identifikation und Traceability in der Elektro- und Elektronikindustrie.

ZVEI (2010): Manufacturing Execution Systems (MES). Hg. v. ZVEI, zuletzt geprüft am 25.09.2013.

## 16 Lebenslauf

# Sebastian Lichtenberger
# Curriculum Vitae

**Persönliche Daten**

| | |
|---|---|
| Geburtsdatum: | 27. Februar 1987 |
| Geburtsort: | Wien |
| Staatsangehörigkeit: | Österreich |
| Familienstand: | ledig |
| Wehrdienst: | abgeleistet |
| Führerschein: | A, B, C, E, F |

**Ausbildung**

| | |
|---|---|
| 3/2013-dato | **TU Wien, Wien:**<br>Dr.-Studium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau<br>Dissertationsthema: Traceability<br>Forschungsprojekt mit Festo AG & Co. KG |
| 11/2011 – 02/2013 | **TU Wien, Wien:**<br>Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau<br>Abschluss 2013 als Diplom-Ingenieur |
| 2/2012-6/2012 | **State Polytechnical University St. Petersburg, St. Petersburg:**<br>International Business Semester |
| 10/2007 – 11/2011 | **TU Wien, Wien:**<br>Bachelorstudium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau |
| 06/2006 | **Matura an der Höheren Technischen Bundeslehranstalt (HTL) WIEN 3, Rennweg 89B** |

# 17 Veröffentlichungen

**Beiträge in Tagungsbänden:**

H. Lang, S. Lichtenberger
„Das Traceabilitymodell für den Maschinenbau“
In: Industrie 4.0 – die intelligente Fabrik der Zukunft, 2014 ISBN: 978390301550

**Vorträge:**

S. Lichtenberger „Anforderungen an Traceability im Maschinenbau“
Vortrag: VDMA Track and Trace- Nutzen für den Maschinen - und Anlagenbau, Denkendorf, 15.10.2013

S. Lichtenberger „Traceability und Rückrufmanagement“
Vortrag: Vorlesung Qualitätsmanagement Universität Stuttgart, Stuttgart, 6.2.2015

S. Lichtenberger „Traceability und Rückrufmanagement“
Vortrag: Qualitätsmanagement beim Zulieferer, München, 9.7.2015

S. Lichtenberger „Traceability erfolgreich einführen“
Vortrag: Inhouse Seminar der Stuttgarter Produktionsakademie, Schweinfurt, 14.9.2015

S. Lichtenberger „Traceability“
Vortrag: Industrie und Handelskammer Reutlingen, Rottenburg, 08.10.2015

S. Lichtenberger „Von der Idee zum Modell“
Vortrag: Traceability – Rückverfolgbarkeit in Wertschöpfungsnetzwerken, Frankfurt, 3.11.2015

S. Lichtenberger „Prozessverriegelung/Qualitätssicherung“
Vortrag: Traceability – Rückverfolgbarkeit in Wertschöpfungsnetzwerken, Frankfurt, 3.11.2015

**Mitarbeit in Arbeitskreisen:**

Arbeitskreis des VDMA, „Track und Trace“ in den Jahren 2014-2015

**Mitarbeit in Leitfäden:**

Traceabilityleitfaden des VDMA, zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit noch nicht veröffentlicht.