

# **Zielgerichteter Einsatz von Digital Leadership und Real-Time Business Analytics zur Verbesserung des Shopfloor Managements im Zuge der Industrie 4.0**

## **Masterarbeit**

Eingereicht von: **Lukas Maximilian Gernoth, BEng**

Matrikelnummer: 52006112

im Fachhochschul-Masterstudiengang Wirtschaftsinformatik

der Ferdinand Porsche FernFH

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Arts in Business**

Betreuung und Beurteilung: Mag. Michael Hamberger, MA

Zweitgutachten: Daniela Wolf, Bakk. MSc MA MA

Wiener Neustadt, Februar 2022

# Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit,

1. dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Inhalte, die direkt oder indirekt aus fremden Quellen entnommen sind, sind durch entsprechende Quellenangaben gekennzeichnet.
2. dass ich diese Masterarbeit bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit zur Beurteilung vorgelegt oder veröffentlicht habe.
3. dass die vorliegende Fassung der Arbeit mit der eingereichten elektronischen Version in allen Teilen übereinstimmt.

München, den 15.02.2022

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

**Kurzzusammenfassung:**

Zielgerichteter Einsatz von Digital Leadership und Real-Time Business Analytics zur Verbesserung des Shopfloor Managements im Zuge der Industrie 4.0

Die vorliegende Masterarbeit hat das Ziel, aufzuzeigen, wie produzierende Unternehmen mittels Real-Time-Analytics und der Digitalisierung des Shopfloor Managements Verbesserungspotentiale erzielen können.

Dabei wurde ein Framework zur Reifegradeinstufung von Kennzahlen entwickelt. Mithilfe dieser Einstufung konnte ein Konzept zur digitalen Transformation des Shopfloor Managements erstellt und im Anschluss ein Demonstrationsprototyp für das digitale Shopfloor Management entwickelt werden. Der Nutzen von Real-Time-Analytics wurde in einem Feldexperiment festgestellt.

Die mittels einer konzeptionell-deduktiven Analyse erarbeiteten Ergebnisse zeigen auf, wie Real-Time-Analytics und das digitale Shopfloor Management für produzierende Unternehmen Erfolgsfaktoren darstellen.

Die digitale Transformation im Zuge des Megatrends Industrie 4.0 befindet sich im Anfangsstadium. Deshalb bedarf es zur Umsetzung von digitalen und globalen Ökosystemen einer Intensivierung von Forschungsvorhaben in diesem Themenfeld.

**Schlagwörter:**

Industrie 4.0, Shopfloor Management, Big Data Analytics, Digitaler Zwilling, Digital Leadership, Echtzeitdaten

**Abstract:**

Improvement of Shopfloor Management, through the use of Digital Leadership and Real-Time Business Analytics in the course of Industry 4.0

This master's thesis aims to show how manufacturing companies can use real-time analytics and the digitalisation of shopfloor management to achieve potential improvements.

A framework for the maturity classification of key figures was developed. With the help of this classification, a concept for the digital transformation of shopfloor management was created and a demonstration prototype for digital shopfloor management was subsequently developed. The benefits of real-time analytics were proven in a field experiment.

The results obtained with the help of a conceptual-deductive analysis show how real-time analytics and digital shopfloor management represent success factors for manufacturing companies.

The digital transformation in the course of the megatrend Industry 4.0 is in its early stages. Therefore, research projects in this field need to be intensified in order to implement digital and global ecosystems.

**Keywords:**

Industry 4.0, Shopfloor Management, Big Data Analytics, Digital Twin, Digital Leadership, Real-Time Analytics

## **Danksagung**

Hier an dieser Stelle will ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während des Studiums als auch bei der Erstellung dieser Abschlussarbeit unterstützt, motiviert und auch aufgemuntert haben.

Mein erster Dank geht an meinen Betreuer und Erstkorrektor Herrn Mag. Michael Hamberger MA, welcher für Rückfragen stets zur Verfügung stand und mit seiner Kritik maßgeblich zur Arbeit beisteuerte. Natürlich bedanke ich mich auch bei der Zweitkorrektorin Frau Daniela Wolf, Bakk. MSc MA MA, welche mit ihrem Feedback einen wichtigen Beitrag zur Qualität dieser Arbeit leistete.

Auch danke ich Herrn Ing. Peter Völkl MA MSc, als auch Frau Daniela Klausner und Frau Martina Plöchl für die Organisation des Studiengangs WIMA20.

Desweiteren bedanke ich mich bei allen Interviewpartner:innen für die Zeit und Mühen die aufgebracht worden sind.

Ein weiterer Dank geht an die Kommilitonen Frau Julia Eberlein MA und Frau Verena Zauner MA, welche mit mir viele Gruppenarbeiten erfolgreich absolviert haben.

Ein besonderer Dank geht auch an meine Korrekturleserin und Freundin Chantal Gräff MA, die mich in meinem Studium stets herzlichst unterstützte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Einführung . . . . .	1
1.2. Problemstellung . . . . .	2
1.3. Aufbau und Zielsetzung . . . . .	5
1.3.1. Aufbau . . . . .	5
1.3.2. Ziel der Arbeit . . . . .	7
1.3.3. Praxisbezug . . . . .	8
<b>2. Stand der Technik</b>	<b>9</b>
2.1. Shopfloor Management . . . . .	9
2.1.1. Begriffsbestimmung Lean Management . . . . .	9
2.1.2. Begriffsbestimmung SFM . . . . .	10
2.1.3. Prinzipien SFM . . . . .	11
2.1.4. Probleme nachhaltig lösen . . . . .	11
2.1.5. Führung vor Ort . . . . .	12
2.1.6. Abweichungen erkennen . . . . .	14
2.1.7. Optimierung Ressourceneinsatz . . . . .	15
2.2. Industrie 4.0 . . . . .	17
2.2.1. Business Analytics . . . . .	19
2.2.2. Digital Leadership . . . . .	20
2.3. Kennzahlen und Echtzeitdaten in der Produktion . . . . .	22
2.3.1. Echtzeitdaten im Unternehmenskontext . . . . .	24
2.3.2. Business Analytics SFM . . . . .	26
<b>3. Methodik</b>	<b>28</b>
3.1. Forschungsdesign . . . . .	28
3.2. Primärmethodik: Konzeptionell-deduktive Analyse . . . . .	29
3.3. Sekundärmethodik . . . . .	31
3.3.1. Feldexperiment . . . . .	31
3.3.2. Prototyping . . . . .	32
3.4. Methoden zur Datenerhebung . . . . .	33
3.4.1. Ist-Analyse . . . . .	33
3.4.2. Expert:innen-Interviews . . . . .	33
3.4.3. Fragebogen . . . . .	34
3.4.4. Dokumentenanalyse und -auswertung . . . . .	35
3.4.5. Messungen . . . . .	35

<b>4. Optimierung SFM</b>	<b>37</b>
4.1. Identifikation der Kennzahlen SFM . . . . .	37
4.1.1. Vorgehen . . . . .	37
4.1.2. Aktueller Stand SFM im Unternehmen . . . . .	40
4.1.3. Bewertung SFM-Kennzahlen . . . . .	45
4.2. Bewertung Shopfloor Management . . . . .	46
4.3. Potentiale & Entwicklungsmöglichkeiten . . . . .	47
4.3.1. Potentiale . . . . .	47
4.3.2. Weiterentwicklungsmöglichkeiten . . . . .	49
4.4. Handlungsempfehlungen SFM . . . . .	50
4.4.1. Anforderungen . . . . .	50
4.4.2. Gestaltungsprinzipien . . . . .	52
4.5. Einfluss Echtzeit-Analyse . . . . .	53
4.5.1. Ziel des Experiments . . . . .	53
4.5.2. Experimentdesign . . . . .	53
4.5.3. Unterstützung durch Echtzeitdaten . . . . .	54
4.5.4. Ermittlung der Kennzahlen . . . . .	55
4.5.5. Auswertung . . . . .	55
4.5.6. Berechnung der Teststatistik . . . . .	58
4.5.7. Interpretation . . . . .	59
4.6. Validierung des Vorgehens . . . . .	59
4.6.1. Validierung des Ist-Zustands . . . . .	59
4.6.2. Validierung des Experiments . . . . .	61
4.7. Grenzen des Experiments . . . . .	63
<b>5. Umsetzung Prototyp digitales SFM</b>	<b>64</b>
5.1. Vorgehen . . . . .	64
5.2. Anforderungsanalyse . . . . .	65
5.2.1. Funktionale Anforderungen . . . . .	65
5.2.2. Nicht funktionale Anforderungen . . . . .	67
5.2.3. User:innenspezifische Anforderungen . . . . .	68
5.2.4. Technische Anforderungen . . . . .	69
5.2.5. Organisatorische Anforderungen . . . . .	70
5.3. Prototyping: digitales SFM . . . . .	71
5.3.1. Design Thinking . . . . .	71
5.3.2. UX-Workshop . . . . .	72
5.3.3. Ergebnisse . . . . .	73
5.4. Validierung des Prototyps . . . . .	78
<b>6. Abschließende Betrachtung</b>	<b>80</b>
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	80
6.2. Diskussion . . . . .	81
6.2.1. Interpretation der Ergebnisse . . . . .	81
6.2.2. Grenzen der Untersuchung . . . . .	82
6.3. Ausblick . . . . .	83

<b>A. Ergänzende Materialien</b>	<b>xiv</b>
A.1. Fragebögen . . . . .	xiv
A.2. Prozess-Skizzen . . . . .	xvii
A.3. Programmierung R . . . . .	xviii
A.3.1. Quellcodes . . . . .	xviii
A.3.2. Outputs . . . . .	xxi
A.4. Erweiterung SFM Demonstrationsprototypen . . . . .	xxiv

# Abbildungsverzeichnis

1.1.	Aufbau der Arbeit . . . . .	6
2.1.	Führung am Ort der Wertschöpfung . . . . .	10
2.2.	Zentrale Elemente SFM . . . . .	11
2.3.	KVP Schema und A3 Problemlösungsblatt . . . . .	12
2.4.	Tätigkeitsstruktur-Analyse . . . . .	13
2.5.	Konventionelle Shopfloor Tafel . . . . .	14
2.6.	Beispiel T-Card . . . . .	15
2.7.	Vorgehen betriebliches Vorschlagswesen . . . . .	16
2.8.	Vier Phasen der industriellen Revolution . . . . .	18
2.9.	Vorgehensmodell des CRISP-DM für KDD . . . . .	20
2.10.	Balanced Scorecard eines fiktiven Unternehmens . . . . .	24
2.11.	7. Säulen Modell eines Reporting-Systems . . . . .	26
2.12.	Anwendungsbeispiel: Reporting Dashboard . . . . .	27
3.1.	Triangulationsdesign . . . . .	29
3.2.	Zusammenhang Induktion und Deduktion . . . . .	29
3.3.	Methodisches Rahmenwerk . . . . .	30
3.4.	Methodik dieser Arbeit . . . . .	31
4.1.	Framework zur Einstufung des SFM . . . . .	39
4.2.	Maturity Index Industrie 4.0 . . . . .	39
4.3.	Betrachtete Kennzahlen im Unternehmen . . . . .	41
4.4.	Analyse der Kennzahlen nach Maturity Index . . . . .	42
4.5.	Mitarbeiter:innen-Dashboard im Experiment . . . . .	54
4.6.	SAP-Dashboard im Experiment . . . . .	55
4.7.	Boxplots Experiment . . . . .	56
4.8.	Vergleich normalverteilte Daten . . . . .	57
4.9.	Histogramme des Experiments . . . . .	57
4.10.	Vorgehen IST-Analyse . . . . .	60
5.1.	Vorgehen Prototyping . . . . .	65
5.2.	Design Thinking Prozess . . . . .	72
5.3.	Mock-UP Management-Cockpit . . . . .	74
5.4.	Mock-UP Betriebsdaten . . . . .	74
5.5.	Mock-UP Sicherheit . . . . .	75
5.6.	Mock-UP Fluktuation . . . . .	75

5.7.	Mock-UP Receiving-Cockpit . . . . .	76
5.8.	Mock-UP Störungen . . . . .	76
5.9.	Mock-UP Übersicht Niederlassung . . . . .	76
5.10.	Mock-UP Benachrichtigungen . . . . .	77
5.11.	Mock-UP Mitarbeiter:innen-Cockpit . . . . .	77
5.12.	Auswertung Validierung Prototyp . . . . .	79
A.1.1.	Interviewleitfaden . . . . .	xiv
A.1.2.	Interview Experiment . . . . .	xv
A.1.3.	Interview Validierung . . . . .	xvi
A.2.1.	Wareneingangsprozess . . . . .	xvii
A.3.2.1.	Output R Code: DLZ . . . . .	xxi
A.3.2.2.	Output R Code: Fehler . . . . .	xxi
A.3.2.3.	Output R Code: Arbeitsvorrat . . . . .	xxii
A.3.2.4.	Output R Code: Arbeitseinteilung . . . . .	xxii
A.3.2.5.	Output R Code: Motivation . . . . .	xxiii
A.3.2.6.	Output R Code: Stress . . . . .	xxiii
A.4.1.	Wochenthema . . . . .	xxiv
A.4.2.	Status Betriebsmittel . . . . .	xxiv
A.4.3.	Personalverschiebung . . . . .	xxv
A.4.4.	Betriebsmittel . . . . .	xxv
A.4.5.	Maßnahmenblatt . . . . .	xxvi
A.4.6.	Wiedervorlage . . . . .	xxvi
A.4.7.	6S Qick-Check . . . . .	xxvii
A.4.8.	Video Anwendung Smartboard . . . . .	xxvii

# Tabellenverzeichnis

2.1. Strukturiertes Tagesablauf Logistikunternehmen . . . . .	14
4.1. Übersicht Optimierungspotentiale . . . . .	48
4.2. Vorteile durch Steigerung des Industrie 4.0 Reifegrades . . . . .	50
4.3. Im Experiment betrachtete Kennzahlen . . . . .	53
4.4. Berechnung der p-Werte . . . . .	58
5.1. Übersicht UseCases für Mock-UPs . . . . .	74

# Quellcodeverzeichnis

A.3.1.1. R Code DLZ . . . . .	xviii
A.3.1.2. R Code Fehler . . . . .	xviii
A.3.1.3. R Code Arbeitsvorrat . . . . .	xix
A.3.1.4. R Code Einteilung . . . . .	xix
A.3.1.5. R Code Motivation . . . . .	xx
A.3.1.6. R Code Stress . . . . .	xx

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AOG</b>	Aircraft On Ground
<b>BA</b>	Business Analytics
<b>BI</b>	Business Intelligence
<b>BSC</b>	Balanced Scorecard
<b>BVW</b>	Betriebliches Vorschlagswesen
<b>CRISP-DM</b>	Cross Industry Standard Process for Data Mining
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DLZ</b>	Durchlaufzeit
<b>EPA</b>	Extended Performance Analyse
<b>ERP</b>	Enterprise Ressource Planning
<b>ETL</b>	Extract, Transfer, Load
<b>IMRaD</b>	Introduction, Methods, Results and Discussion
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>KDD</b>	Knowledge Discovery in Databases
<b>KPI</b>	Key Performance Indicators
<b>KVP</b>	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
<b>MES</b>	Manufacturing Execution System
<b>MS</b>	Microsoft
<b>OAS</b>	Operatives Abbildungssystem
<b>SFM</b>	Shopfloor Management
<b>UI</b>	User Interface
<b>UX</b>	User Experience
<b>VUCA</b>	Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity

# 1. Einleitung

## 1.1. Einführung

Die digitale Transformation wird in diesem Jahrhundert Produktionsprozesse grundlegend verändern. Die enorme Bedeutung dieser Entwicklung fasst Jeff Bezos, CEO Amazon wie folgt zusammen:

*There is no alternative to digital transformation. Visionary companies will carve out new strategic options for themselves — those that don't adapt, will fail.* - Jeff Bezos, Amazon CEO

Veränderungen in den Bereichen der Digitalisierung und Transformation in der Industrie werden mit dem Schlagwort Industrie 4.0 bezeichnet. Diese neuen Entwicklungen stoßen auf breites öffentliches Interesse, besonders in einem stark industrialisierten Land wie Deutschland. Diese Entwicklung bringt aber auch Gefahren durch digitale Disruption mit sich, wie das einleitende Zitat zeigt. Hierzu signalisieren bereits Wissenschaftler:innen und Unternehmensverbände ein Zurückfallen Deutschlands und warnen vor einer Schwächung durch die Digital Disruption. [BMa]

Veränderungsprozesse im Zuge des Trends Industrie 4.0 finden in allen Wertschöpfungsstufen eines Unternehmens statt. Somit müssen sich alle Bereiche von Unternehmen verändern, um die Wettbewerbsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Der Begriff Industrie 4.0 impliziert eine Begrenztheit dieser Entwicklung auf den industriellen Bereich, was jedoch nicht zutreffend ist. Beispielsweise sind auch die Branchen Militär, Gesundheitswesen, Energie, wie auch Mobilität betroffen.

In der Pflege gibt es bereits Pilotprojekte zur Einführung von Pflegerobotern, die menschliche Arbeitskräfte ersetzen sollen, mit dem Ziel, trotz des demografischen Wandels eine ausreichende medizinische und pflegerische Versorgung sicherzustellen. [Be18]

Auch der Militärssektor nutzt Roboter zur Entschärfung von Minen, oder Drohnen zur Luftaufklärung. [FL15, Au]

Im Energiesektor werden intelligente Stromnetze, auch Smart Grid genannt, entwickelt, welche eine Kommunikation und Steuerung untereinander ermöglichen. Ziel ist es hier, eine maximale Effizienz und hohe Ausfallsicherheit zu erreichen. [Fa12]

Im Mobilitätssektor werden intelligente Verkehrssteuersysteme mit dem Ziel entwickelt, die Sicherheit auf den Straßen zu erhöhen und damit eine optimale Nutzung von Straßen-, Verkehrs-, und Reisedaten sicher zustellen. [BMb]

Der von Industrie 4.0 getriebene Wandel wirkt sich neben der technischen Implementierung von Innovationen auch auf den Menschen aus. So werden mithilfe von Digitalisierungsprozessen neue Kommunikationswege und ein anderes psychologisches Bewusstsein entwickelt. Aus diesem Grund stellt sich im Zeitalter der vierten industriellen Revolution die Frage, inwieweit vorhandene Führungs- und Steuerungskonzepte überdacht werden müssen?

## 1.2. Problemstellung

Eines der bekanntesten Führungs- und Steuerungskonzepte in der Industrie ist das Shopfloor Management Konzept, welches seinen Ursprung in Japan hat. Entwickelt wurde das Shopfloor Management (SFM) in den 50er-Jahren vom Automobilhersteller Toyota, wobei das SFM-Konzept nur ein Teilaspekt der unternehmensweiten Lean Management Strategie darstellte. [Br17, S. 62] Das Lean Management wurde konzipiert, um hohen Wettbewerbsdruck und häufig wechselnden Anforderungen stand zu halten. [Ha14, S. 89] Der Einsatz erfolgte zunächst in der Großserienfertigung in der Automobilindustrie, später erfolgte die Adaption auf andere Branchen und Industriesektoren. Mittlerweile ist das Lean Management weltweit anerkannt und verbreitet, auch außerhalb der Automobilindustrie. [AM06, S. 9 ff.]

Durch kontinuierliche Weiterentwicklung entwickelte sich das Lean Management hin zu einer allumfassenden Methode, welche die Unternehmenskultur und -philosophie mit einbezieht. Mittlerweile gilt Lean Management als zeitgemäßes Managementsystem und wird in vielen Unternehmen als Grundlage für ganzheitliche Produktionssysteme und zur Entwicklung von Unternehmensstrukturen verwendet. [Ro10, SSS15, S. 1; S. 527] Der Begriff Ganzheitlichkeit meint hier die Verknüpfung von elementaristischen und holistischen Elementen. [Eg94, S. 77] Elementaristische Vorgehensweisen zielen darauf ab, einzelne Elemente zu analysieren, dabei aber den Gesamtzusammenhang zu vernachlässigen. Dagegen sehen holistische Ansätze das Ganze, vernachlässigen aber die Wechselbeziehung der Einzelelemente. [St15, S. 20 f.]

Seit dieser Entwicklung in den 50er-Jahren gab es keine grundlegenden Veränderungen an dem SFM-Prinzip, eher geringfügige Anpassungen, die das SFM-Konzept nicht veränderten. Konzeptänderungen waren bislang auch nicht notwendig, da sich die Rahmenbedingungen der Produktion nicht signifikant geändert haben. [JHQ16, S. 493 f.] Die Rahmenbedingungen der klassischen Produktion haben sich durch digitale Transformationsprozesse im Zuge der Industrie 4.0 signifikant verändert. Aus diesem Grund muss überprüft werden, ob sich das SFM-Konzept an diese Entwicklung anpassen muss.

Das Shopfloor Management ist die Verbindung von Produktions- und Managementebene. Meist wird SFM als Führung am Ort der Wertschöpfung angesehen. [LP18, S. 24] Generell findet durch SFM eine Überwachung der Produktion oder von produktionsnahen Bereichen wie z.B. der Logistik statt. Mithilfe von visuellen Entscheidungshilfen werden Beschäftigte zur Optimierung von Prozessen am Ort der Wertschöpfung eingebunden. In der Regel werden im SFM definierte Management-Kennzahlen, auch Key Performance Indicators (KPI) genannt, auf einer physischen Tafel (z.B. Whiteboard) visualisiert. Diese Kennzahlen zeigen positive oder negative Abweichungen vom Soll-Wert auf und dienen somit als Entscheidungsgrundlage, um Potentiale und Probleme zu erkennen. Die Evaluierung dieser KPIs wird meist als Shopfloor Management Meeting bezeichnet und findet morgens und im Stehen statt. Hier werden innerhalb von 15 Minuten tagesaktuelle Herausforderungen besprochen und die Kennzahlen evaluiert. Teilnehmer:innen sind Führungskräfte und operative Mitarbeiter:innen. Dieses Konzept ermöglicht eine effiziente und effektive Problemlösung, sowie Erkennung von Verbesserungspotentialen. Üblicherweise erfolgt die Visualisierung mithilfe einer Magnet- oder Pinnwand. Die KPIs werden von den einzelnen Fachbereichen ermittelt und jeden morgen an die Pinn- bzw. Magnetwand geheftet.

Die meist analoge Erstellung von KPIs erfolgt mit hohem manuellen Aufwand. Inkorrekte Kennzahlen können zu nicht konsistenten und fehlerbehafteten Entscheidungen führen. Die Gründe hierfür sind:

- Abwesenheit.
- Falsche Definition der Kennzahl.
- Inkorrekte Darstellung der Kennzahl.

Auch werden Mitarbeiter:innen, die unmittelbar an der Wertschöpfung beteiligt sind, oftmals nicht direkt informiert.

Besonders im Zuge der Globalisierung stehen Unternehmen unter hohem Wettbewerbs- und Kostendruck. Aus diesem Grund müssen ständig neue Potentiale zur Kostenreduzierung entwickelt werden. [Mr00, S.1 ff.] Denn das Treffen von falschen Entscheidungen erzeugt Fehler, welche wiederum Fehlerkosten verursachen. Mit jeder Wertschöpfungsstufe erhöhen sich die Fehlerkosten um den Faktor zehn. Je früher ein Fehler entdeckt wird, desto weniger Fehlerkosten können entstehen. [VDI94]

Um einer Fehlerentstehung entgegen zu wirken, muss das Management fundierte und nachvollziehbare Entscheidungen treffen. [Mu15] Jedoch birgt die analoge Darstellungsweise von Kennzahlen folgende Fehlerpotentiale:

- Intransparenz der Kennzahlen.
- Fehlende Rückmeldung.
- Reaktion auf Probleme, anstatt vorausschauendes Agieren.
- Unübersichtlichkeit der Aufgaben, Ziele und Kennzahlen.

- Hoher manueller Aufwand.
- Beschäftigte müssen aktiv Informationen beziehen.

Diese Fehlerpotentiale erzeugen folgendes Resultat:

- Ineffiziente und ineffektive Auswertung erzeugt Verschwendung.
- Beschäftigte sind nicht richtig oder nicht informiert, agieren daher falsch und sehen keine Resultate ihrer geleisteten Arbeit.
- Entscheidungen werden auf Basis fehlerhafter, unzureichender, intransparenter Kennzahlen getroffen und verursachen Fehler und damit auch Fehlerkosten.

Das analoge Shopfloor Management trägt durch die hohe Fehleranfälligkeit, Ausfallhäufigkeit, Trägheit, sowie die geringe Transparenz erheblich zu Fehlentscheidungen bei. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, zu untersuchen, wie man das analoge SFM zu einem digitalen, echtzeitbasierten SFM transformieren kann.

## 1.3. Aufbau und Zielsetzung

### 1.3.1. Aufbau

Die Ausarbeitung dieser Arbeit erfolgt in sechs Abschnitten, deren Ausrichtung und inhaltliche Verknüpfung nach dem IMRaD<sup>1</sup>-Schema implementiert wird. Das IMRaD-Schema sorgt für Unterstützung bei der Strukturfindung, verringert Unordnung und ermöglicht eine kompetente, logische Präsentation von relevanten Informationen für den:die Rezipient:in. [Wu11]

Das erste Kapitel, die Einleitung, führt zum Thema hin, begründet die Relevanz und zeigt die Problem- und Fragestellung, sowie den Aufbau der Arbeit auf.

Der Abschnitt zwei behandelt den aktuellen Stand der Technik in den Themengebieten Industrie 4.0, Shopfloor Management und Kennzahlensysteme. In diesem Abschnitt werden Begriffe definiert, Konzepte und relevante Kernpunkte erklärt, sowie erläutert. Dieses Kapitel dient als Ausgangsbasis für die spätere praxisorientierte Konzeption.

Teil drei gibt einen Überblick über die methodische Vorgehensweise, im Genaueren werden hier die Primär- und Sekundärmethodiken, sowie die Datenerhebungsmaßnahmen aufgezeigt. Der Abschluss des Kapitels leitet über zum konzeptionellen Teil vier der Arbeit.

Die Ausarbeitung eines Frameworks zur Umsetzung einer digitalisierten Shopfloor Management Lösung folgt in Teil vier. Die Identifikation der Kennzahlen erfolgt durch eine Ist-Analyse und schließt mit einem Ausblick auf Potentiale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten ab. Im nächsten Schritt werden die echtzeitbasierten Kennzahlen in einem Feldexperiment bewertet. Die Validierung und die Grenzen dieses Vorgehens schließt Kapitel vier ab.

Die Erstellung und Validierung eines Demonstrationsprototypen stellt den Abschnitt fünf dar. Mithilfe einer Anforderungsanalyse werden die Rahmenbedingungen abgesteckt und im nächsten Schritt in einem Darstellungsprototypen für die Zielgruppen Management, operationelle Führung und Mitarbeiter:innen implementiert. Abgeschlossen wird das Kapitel fünf mit der Validierung des Prototypen.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung. Hier werden die zentralen Ergebnisse und Potentiale aufgezeigt. Eine wissenschaftliche Diskussion der Arbeit erfasst offene Fragestellungen und weist auf zukünftige Forschungsbedarfe hin. Das Fazit reflektiert diese wissenschaftliche Arbeit.

Die Abbildung 1.1 gibt einen schematischen Überblick der Arbeit.

---

<sup>1</sup>Introduction, Methods, Results, and Discussion

Abschnitt 1	<b>Einleitung</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Problemstellung und Zielsetzung</li> <li>• Aufbau der Arbeit</li> </ul>		
Abschnitt 2	<b>Stand der Technik</b>		
	<b>Shopfloor Management</b>	<b>Industrie 4.0</b>	<b>KPIs</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriffsbestimmung</li> <li>• Kernpunkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Business Analytics</li> <li>• Digital Leadership</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Echtzeitdaten im Unternehmen</li> <li>• Business Analytics SFM</li> </ul>
Abschnitt 3	<b>Methodik</b>		
	<b>Primärmethodik</b>	<b>Sekundärmethodik</b>	<b>Datenerhebung</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeptionell-deduktive Analyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldexperiment</li> <li>• Prototyping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experten-Interviews</li> <li>• Business Analytics SFM</li> <li>• Ist-Analyse</li> </ul>
Abschnitt 4	<b>Optimierung SFM</b>		
	<b>Identifikation Kennzahlen</b>	<b>Bewertung Kennzahlen</b>	<b>Integration</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgehen</li> <li>• Ist-Analyse</li> <li>• Potentiale &amp; Möglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgehen</li> <li>• Bewertung</li> <li>• Experiment Real-Time Analytics (Feldexperiment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgehen</li> <li>• Adaption</li> <li>• Anforderungen</li> </ul>
	Validierung der Vorgehensweise		
Abschnitt 5	<b>Demonstrations-Prototypen digitales SFM</b>		
	<b>Vorgehen</b>	<b>Anforderungsanalyse</b>	<b>Prototyping</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management</li> <li>• Operationelle Führung</li> <li>• Mitarbeiter</li> </ul>
	Validierung des Prototypen		
Abschnitt 6	<b>Abschließende Bewertung</b>		
	<b>Zusammenfassung d. Ergebnisse</b>	<b>Diskussion</b>	<b>Fazit</b>

Abbildung 1.1.: Aufbau der Arbeit  
Quelle: eigene Darstellung

### **1.3.2. Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein potentielle Verbesserung im Bereich Lean Management, genauer Shopfloor Management, zu entwickeln.

Die Forschungsfrage der Masterthesis lautet:

**Wie können produzierende Unternehmen durch Big Data Analytics im Bereich des Shopfloor Managements Verbesserungspotentiale erzielen?**

Mithilfe dieser wissenschaftlichen Arbeit wird folgender wissenschaftliche Mehrwert und Innovationsbeitrag geliefert:

- Analyse von Einsatzmöglichkeiten der Industrie 4.0 im Bereich digitales Shopfloor Management.
- Erarbeitung eines Vorgehens zur Einführung eines echtzeitbasierten digitalen SFM, welches hilft, zeitnah richtige Entscheidungen zu treffen. Das Vorgehen kann auch auf andere Branchen übertragen werden und besitzt somit ein hohes Innovationspotential.
- Diese Masterthesis bietet eine sofortige industrielle Anwendungsmöglichkeit, durch die Entwicklung eines Demonstrations-Prototypen für ein visuelles Informationssystem zur Entscheidungsfindung und Information von Beteiligten, Berechtigten und (berechtigt) interessierten Personen.
- Unternehmen können durch dieses Forschungsvorhaben unterstützt werden, Optimierungen in den Bereichen Prozessen, Führung und Verhalten zu erreichen und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

Im Genaueren wird in dieser Arbeit ein praxisbezogenes Verbesserungspotential erarbeitet, mit welchem Unternehmen und Organisationen die Lücke zwischen analogem und digitalem Shopfloor Management schließen können. Es wird dargestellt, wie wichtig definierte Kennzahlen für eine konsistente Entscheidungsfindung sind. Zusätzlich wird aufgezeigt, wie Beschäftigte im Spannungsfeld von Digitalisierung und Industrie 4.0 mithilfe eines visuellen Informationssystems in digitale Prozesslandschaften eingebunden werden können.

### **1.3.3. Praxisbezug**

Diese Masterthesis wurde bei einem deutschen Luftfahrtlogistikunternehmen durchgeführt, welches ein breites Spektrum an Logistikkomplettlösungen anbietet. Das Prinzip des (analogen) Shopfloor Managements wird hier konsequent angewendet, um im Spannungsfeld von stringenten Luftfahrtregularien und hohem Wettbewerbsdruck zu bestehen. Dabei fällt auf, dass die Erstellung der KPIs meist nicht automatisiert, sowie nicht standardisiert, sondern analog abläuft. Das Ergebnis ist ein hoher manueller Aufwand, hohes Fehlerpotential und ein geringer Grad an Transparenz für Beschäftigte und Führungskräfte. Aus diesem Grund lag es nahe, ein Projekt mit dem Ziel, Verbesserungspotentiale herauszustellen, zu initiieren.

Im Folgenden werden aus Datenschutzgründen unternehmensbezogene Daten leicht abgeändert, ohne aber die Größenordnung des Ergebnisses und die dahinter liegende Berechnungslogik zu ändern.

## **2. Stand der Technik**

Im folgenden Kapitel wird der Stand der Technik der resultierenden Frage- und Aufgabenstellung erläutert.

Kapitel 2.1 gibt einen Überblick über die Geschichte, Entstehung und die Kernpunkte des Shopfloor Management. Hierbei wird im besonderen Maße auf die vier Kernpunkte Führung vor Ort, Abweichungen erkennen, nachhaltige Problemlösung und effizienter Ressourceneinsatz eingegangen.

Anschließend, im Kapitel 2.2, erfolgt eine Vorstellung des Themengebiets Industrie 4.0. Nach der Einführung in das Thema wird der Fokus auf die für dieses Forschungsvorhaben relevanten Kernpunkte Digital Leadership und Business Analytics gelegt.

Das Kapitel 2.3 gibt einen Einblick in die Nutzung von Kennzahlen und Echtzeitdaten in der Produktion, genauer werden die Funktionen von Kennzahlen innerhalb unternehmerischer Prozessen, bzw. Produktionsprozessen aufgezeigt. Des Weiteren werden Kennzahlarten, -systeme und -ziele erläutert. Im Speziellen wird die Bedeutung und der Aufbau von Kennzahl(systemen) im Shopfloor Management konkretisiert.

### **2.1. Shopfloor Management**

#### **2.1.1. Begriffsbestimmung Lean Management**

Das Lean Management umfasst eine effiziente Gestaltung der kompletten Wertschöpfungskette, mittels einer ganzheitlichen Prozessoptimierung. Eine Beschränkung auf spezifische Unternehmensbereiche erfolgt nicht. Das Ziel ist es, ein schlankes Management mithilfe von Lean-Methoden, Verfahren und Denkprinzipien zu implementieren und somit Prozesse zu verschlanken und ein Produktionssystem ohne Verschwendung zu erschaffen. Hierfür werden interne Prozesse ständig verbessert, aber auch einer Neuorientierung ausgesetzt. [Br08, S. 61 ff.]

Die zentralen Aspekte sind die Kostensenkung sowie die Kundenorientierung. Dabei werden Einsparpotentiale erkannt und eliminiert. Letztendlich werden so Prozesse ohne Verschwendung eingeführt. [Br08, S. 61 ff.]

Zur Umsetzung der kontinuierlichen Verbesserung, Verminderung der Verschwendung und Realisierung von Einsparpotentialen wurden im Zuge des Lean Management, unterschiedliche Methoden und Werkzeuge entwickelt, wie z.B. das Shopfloor Management.

### 2.1.2. Begriffsbestimmung SFM

Das Wort Shopfloor Management besteht aus den beiden Wörtern Management, sprich Führung und Verwaltung und Shopfloor, der Produktion. In einer Hierarchiepyramide dargestellt, befindet sich das Management an oberster Stelle und der Shopfloor unten. Die Vergütung nimmt i.d.R. mit der Höhe der Hierarchieebene zu, konträr dazu die direkte Wertschöpfung. Jedoch ist die Produktion, jene Ebene mit der höchsten Wertschöpfung. Hier werden die Produkte geschaffen die als Grundlage des Unternehmenserfolgs dienen. Aus diesem Grund lag es nahe, ein effektives und effizientes Produktions-Managementsystem für Unternehmen zu entwickeln, um den langfristigen Unternehmenserfolg zu sichern. Das Shopfloor Management wird oft auch als Führung am Ort der Wertschöpfung bezeichnet. [Pe09, S. 28]

Die Abbildung 2.1 zeigt die Wortherkunft des SFM auf.

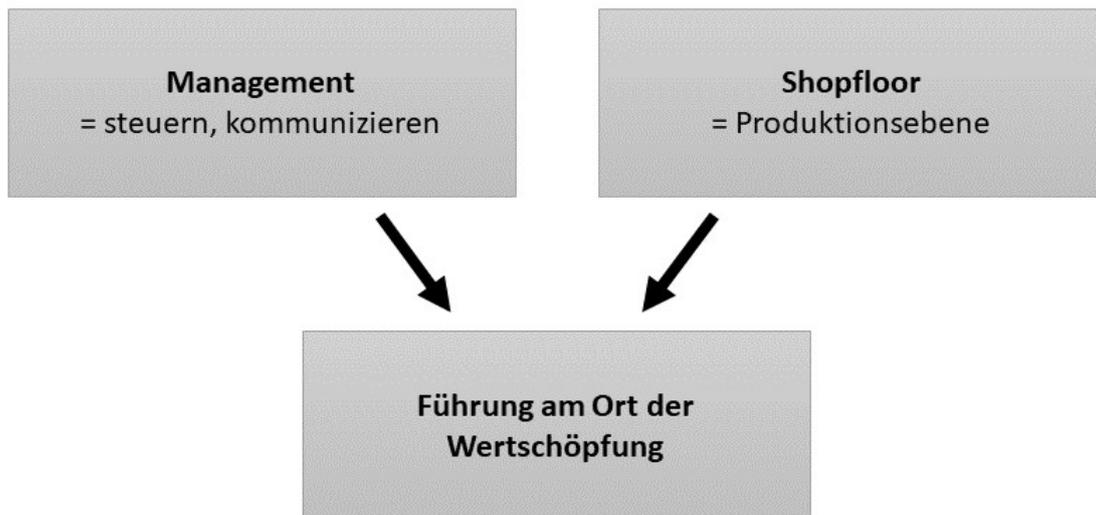


Abbildung 2.1.: Führung am Ort der Wertschöpfung

Quelle: Anlehnung an [Pe09, S. 28]; eigene Darstellung

Das Shopfloor Management bewirkt eine Verringerung einer undifferenzierten, engstirnigen Denkweise. Somit sind Führungskräfte stärker an die Produktion und das Tagesgeschehen gekoppelt. Andererseits wird hier auch die Eigenverantwortung der Mitarbeiter:innen gefordert und gefördert, um deren Weiterentwicklung zu unterstützen. [Br08, S. 99 f.]

### 2.1.3. Prinzipien SFM

Das Shopfloor Management besteht aus vier zentralen Elementen: Führung vor Ort, Abweichungen erkennen, Probleme nachhaltig lösen und Ressourceneinsatz optimieren. Im Folgenden Abschnitt werden Werkzeuge und Methoden vorgestellt, welche charakteristisch für die jeweiligen Kernelemente sind. Die Abbildung 2.2 zeigt die Kernelemente des SFM grafisch auf.

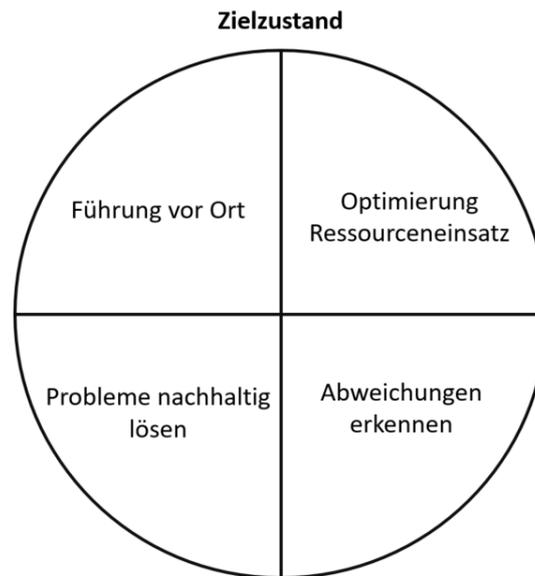


Abbildung 2.2.: Zentrale Elemente SFM

Quelle: Anlehnung an [Pe09, S. 40]; eigene Darstellung

### 2.1.4. Probleme nachhaltig lösen

Ziel dieses Kernelements ist es, strukturierte Problemlösungszyklen in der Produktion zu manifestieren. Hierbei wird der Fokus auf die Suche nach der Problemursache und der Beseitigung gelegt. Eine Clusterung von gleichen oder ähnlichen Ursachen hilft, neuen Problemen vorzubeugen.

Kern des Shopfloor Gedanken ist es, die Beschäftigten in den gesamten Prozess mit einzubinden. Dies steigert die Akzeptanz und das bereichsübergreifende Wissen der Beschäftigten. Durch die Visualisierung des gesamten Problemlösungsprozesses an dem Shopfloor Board wird eine durchgehende Transparenz erzeugt.

Der grundlegende Ansatz der Problemlösung ist immer gleich, denn mithilfe von standardisierten Methoden und Werkzeugen werden Probleme detailliert beschrieben und schließlich die Problemursache(n) gefunden. Die Auswahlmöglichkeiten der Methoden und Werkzeuge sind vielfältig. Bekannte Beispiele hierfür sind: 5-Warum Methode, Fischgrätendiagramm oder Histogramme. Ist die Ursachenfindung abgeschlossen, werden Maßnahmen definiert, welche regelmäßig in den SFM-Terminen nachverfolgt und bei Bedarf korrigiert werden.

Konnte eine Problem dauerhaft eliminiert werden, findet eine Verankerung der Maßnahme statt. Diese Standardisierung sichert Erkenntnisse ab und sorgt für Fortschritt im Unternehmen. Dieser Prozess wird auch als Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) oder Kaizen (japanisch: Veränderung zum Besseren hin) bezeichnet. Der iterative KVP-Prozess besteht aus den Schritten Plan, Do, Check, Act (kurz: PDCA), mit dem Ziel, Verbesserungen zu erzielen und zu manifestieren. [Pe09, S.94-101]

Zur Visualisierung und Archivierung dieses Prozesses hat sich die Darstellung auf einem A3-Problemlösungsblatt bewährt. Hier werden alle Schritte, von Problemdefinition bis hin zum Ergebnis, abgebildet. Den Beschäftigten wird so ein durchweg transparenter Prozess gewährleistet. Die Abbildung 2.3 zeigt das KVP Schema und das A3-Blatt zur Problemlösung grafisch auf.

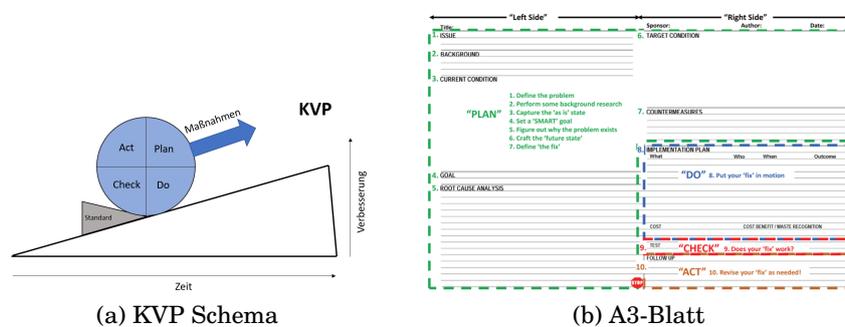


Abbildung 2.3.: KVP Schema und A3 Problemlösungsblatt

Quelle: in Anlehnung an [BW13] (a,b); eigene Darstellung (a)

### 2.1.5. Führung vor Ort

Das Führen am Ort der Wertschöpfung ist das wichtigste der vier SFM-Prinzipien. Das Ziel dieses Konzeptes ist es, die Distanz zwischen Produktion und Management signifikant zu reduzieren. In produzierenden Unternehmen ist das mittlere und obere Management sehr stark von den Produktionsprozessen abgekoppelt. Somit werden Entscheidungen anhand von Kennzahlen getroffen, ohne dabei die Hintergründe, gar die Produktionsprozesse, zu kennen. Dieser Inhaltsverlust führt zu fehlerhaften Entscheidungen und damit zu vermeidbaren Fehlerkosten.

In der Literatur findet sich eine passende Metapher zu dieser Thematik. So beschreibt Remco Peters [Pe09, S. 27-28] die Situation mit einer Analogie aus dem Medizinwesen. Das Treffen von Entscheidungen in produzierenden Unternehmen, nur anhand von Kennzahlen, ist vergleichbar mit der Telefondiagnose einer Person im ärztlichen Dienst. Diese verschreibt der zu behandelnden Person ein Medikament, ohne sie vorher gesehen und untersucht zu haben. Ein solches Vorgehen ist nicht akzeptabel. Dahingegen ist eine solche Vorgehensweise in produzierenden Unternehmen häufig anzutreffen.

Im Weiteren werden durch die fehlende Präsenz von Führungskräften nicht nur falsche Entscheidungen getroffen, es bleiben auch Verbesserungspotentiale unerkannt. Diese Problematik trifft nicht nur auf das mittlere und obere Management zu, sondern auch auf die operationelle Führung. So verwenden betriebliche Führungskräfte 95% ihrer Zeit mit Bürotätigkeiten oder Terminen [Pe09]. Somit ist die Führungskraft nur zu fünf Prozent direkt an der Wertschöpfung, in der Produktion tätig. Die Abbildung 2.4 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar. Eine ausgewogene Führung, sowie die Erkennung von Potentialen ist so nicht möglich. Aus diesem Grund zielt die SFM-Philosophie darauf ab, die Arbeitsinhalte wieder in Richtung Wertschöpfung zu lenken. Im folgenden werden zwei grundlegende SFM-Methoden erklärt, die es Führungskräften ermöglichen, mehr Zeit an der Wertschöpfung zu investieren, ohne dabei andere Teilbereiche zu vernachlässigen.

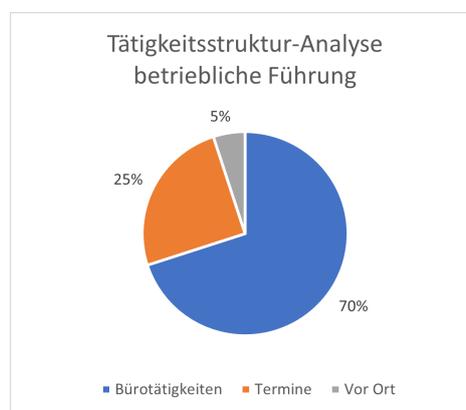


Abbildung 2.4.: Tätigkeitsstruktur-Analyse betriebliche Führung  
Quelle: Anlehnung an [Pe09, S. 26]; eigene Darstellung

**Shopfloor Meetings** finden zwingend in der Produktion statt, so können Entscheidungen über die Produktion auch direkt an dem Ort der Wertschöpfung getroffen werden. Somit können 25% der Arbeitszeit der betrieblichen Führung in die Produktion gesetzt werden. Der zentrale Mittelpunkt der SFM-Meetings ist die Shopfloor Tafel. Auf dieser werden wichtige, tagesaktuelle Informationen eingetragen, wie z.B. Schichtbelegung, kritische Termine oder Auslastung der Vortage. Dabei ist es essentiell, dass die Visualisierung kurz und prägnant gestaltet ist. Ziel ist es hier, in etwa 15 Minuten das ganze Produktionsgeschehen zu überblicken. Die Abbildung 2.5 zeigt eine konventionelle Shopfloor Tafel mit unterschiedlichen Elementen. Ein **strukturierter Tagesablauf** sorgt für eine transparente, definierte, zielgerichtete Kommunikation durch feste Abläufe mit vordefinierten Inhaltsblöcken, Teilnehmer:innen, Zeit, Ziel und Ort. Die Zeitblöcke für das SFM sind stets reserviert und haben die höchste Priorität, alle anderen Besprechungen finden nur in den anderen freien Zeitfenstern statt. Die Tabelle 2.1 zeigt einen strukturierten Tagesablauf eines Logistikunternehmens.

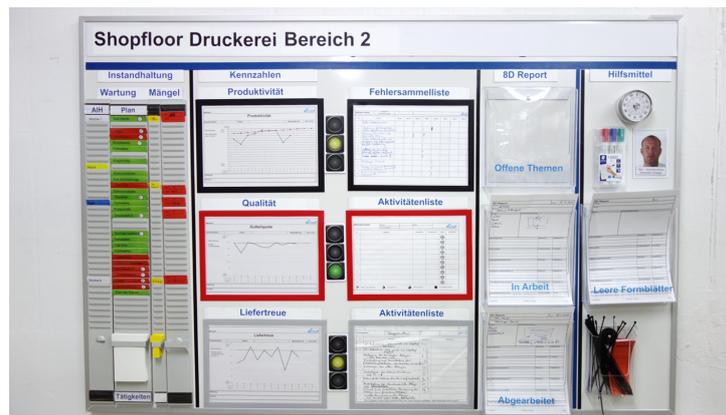


Abbildung 2.5.: Konventionelle Shopfloor Tafel  
Quelle: [Si]

Uhrzeit	Termin
6:30-6:40	Shopfloor Frühschicht (z.B. Übergabe Nachtschicht)
6:40-9:00	Zeitfenster Besprechungen
9:00-9:15	Shopfloor Management (z.B. Wochenthemen, Audits)
10:15-11:15	Prozessbeobachtung KVP
11:30-14:15	Zeitfenster Besprechungen
14:30-14:40	Shopfloor Spätschicht (z.B. Übergabe Spätschicht)
15:30-15:45	Shopfloor Tagesreview

Tabelle 2.1.: Strukturierter Tagesablauf Logistikunternehmen  
Quelle: eigene Darstellung

**T-Cards** sind physische oder digitale Karten, welche die Aufgaben der Führungskräfte visualisieren und transparent darstellen. Nach Erledigung der Aufgaben werden die Karten wieder umgedreht. Es können jederzeit neue Aufgaben bzw. Karten hinzugefügt oder entfernt werden. Dies erzeugt Transparenz und Verbindlichkeit. Verwendet werden T-Cards für regelmäßige Aufgaben mit dem Zweck der Fehlerprävention und zur Ermittlung von KVP-Bedarfen. Mögliche Aufgaben wären: Arbeitssicherheit, Sauberkeit, Prozessbeobachtungen. Die Abbildung 2.6 zeigt ein Beispiel für eine T-Card aus einem Logistikunternehmen.

### 2.1.6. Abweichungen erkennen

Das Kernelement **Abweichungen erkennen**, ermöglicht es, Soll-Ist Vergleiche durchzuführen und somit die aktuelle Lage zu bestimmen. Für eine derartige Lagebestimmung ist es obligatorisch, Standardisierungen vorzunehmen. Als Standard wird die zu einem definierten Zeitpunkt bestmögliche Ausführung einer Tätigkeit, genauer deren Arbeitsinhalt, Abfolge, zeitliche Dauer und Ergebnis, bezeichnet. Eine Standardisierung ermöglicht somit eine Unterscheidung zwischen gewünschtem und nichtgewünschtem Zustand. [Pe09, S. 86]

Betriebsmittel I.
Überprüfen der Betriebsmittel I.
Prüfung durch: _____
Erfolgt am: _____

Abbildung 2.6.: Beispiel T-Card  
Quelle: eigene Darstellung

Eine Standardisierung ist somit zwingend notwendig, um Abweichungen zu erkennen. Eine der effektivsten und effizientesten Methoden, Abweichungen zu erkennen, sind Visualisierungen. Abweichungen sind hier auf einen Blick erkennbar. Es sollen dennoch nur die Informationen dargestellt werden, die sofortiges, prozess- und erfolgsbezogenes Feedback ermöglichen. Eine zu hohe Anzahl an visualisierten Kennzahlen führt dahingegen durch eine Informationsüberflutung zu einer Ablenkung von Kernpunkten. [Pe09, S. 88]

Eine Visualisierung von Produktionsprozessen kann z.B. durch folgende Werkzeuge erfolgen:

- Prozessabläufe (Standardarbeitsblätter)
- Prozesszustände (Andon-Board)
- Sauberkeit und Ordnung (6S-Check)
- Arbeitspaketsteuerung (Kanban-Board)

Eine weitere Möglichkeit, Abweichungen in der Produktion zu erkennen, ist das so genannte Gamba (japanisch: Ort des Geschehens). Bei dieser Methode durchlaufen Führungskräfte die Produktion bzw. die Produktionsprozesse und können somit Abweichungen von Standards erkennen oder ob Verbesserungen umgesetzt wurden. Zugleich wird ein Verständnis für Abläufe in der Produktion bei den Führungskräften etabliert. Das Gamba bietet Führungskräften somit die Möglichkeit, Informationen von direkt an der Wertschöpfung Beteiligten zu beziehen und auch eigene, ungefilterte Informationen direkt an die Beteiligten weiterzugeben, bzw. direkt Feedback zu erhalten. [Pe09, S. 90 ff.]

### 2.1.7. Optimierung Ressourceneinsatz

Mithilfe des Shopfloor Management Konzepts können aktiv Prozesse in der Wertschöpfung gesteuert und optimiert werden. Die iterative Optimierung von Produktionsressourcen und die Erkennung von Abweichungen, durch transparente Steuerungsprozesse, trägt signifikant zu einer Verbesserung der Gesamtprozesse bei. Die Optimierung des Ressourceneinsatzes lässt sich in drei Hauptkomponenten aufteilen:

**Mitarbeiter:innen** sind eine der wichtigsten Ressourcen eines Unternehmens. Umso wichtiger ist es, diese effizient einzusetzen. Der effiziente Einsatz dieser Ressource kann durch Visualisierungswerkzeuge, wie einer Belegungstafel, sichergestellt werden. Sie gibt Überblick über die Ist-, Soll- und Mindestbelegung der Mitarbeiter:innen. Für jede:n Mitarbeiter:in wird eine Karte mit Namen, Qualifikation und potentiellen Arbeitsfeldern erstellt. Diese Karten werden vor dem Schichtbeginn den jeweiligen Arbeitsbereichen zugeordnet. Somit ist eine vollständige Transparenz gewährleistet, welche es ermöglicht, Abweichungen sofort zu identifizieren und die Personalplanung zu optimieren. Neben der Auslastung der Mitarbeiter:innen ist auch die Mitarbeiter:innenqualifikation zu betrachten. Hier wird zuerst eine sogenannte Qualifizierungsmatrix, zur systematischen Ermittlung von Qualifikationsbedarfen, bestimmt. Daraus wird ein mittel- und langfristiger Schulungsplan, gemäß den Anforderungen, erstellt. Diese ist Grundlage für die aktive und zielgerichtete Förderung von Mitarbeiter:innen. So werden aktive und qualifizierte Mitarbeiter:innen, die das Grundgerüst des SFM-Konzepts darstellen, ausgebildet. Das proaktive Einbringen von Ideen der Mitarbeiter:innen ist ein weiterer Grundgedanke des Shopfloor Management. Ein Werkzeug hierfür ist die Implementierung eines Mitarbeiter:innen-Ideenportals, auch betriebliches Vorschlagswesen (BVW) genannt. Hier können Mitarbeiter:innen aktiv Ideen zur Prozessoptimierung einbringen. Die Abbildung 2.7 zeigt den systematischen Ablauf eines BVW. Auch können Führungskräfte durch ihren Führungs- und Fragenstil Mitarbeiter:innen aktiv zum Mitdenken bewegen.



Abbildung 2.7.: Vorgehen betriebliches Vorschlagswesen

Quelle: Anlehnung an [Bi00, S. 140]; eigene Darstellung

Die Ressource **Zeit** stellt sicher, wie effizient, aber auch wie effektiv, das Shopfloor Management umgesetzt wird. Damit die unterschiedlichen Methodiken des SFM angewendet werden können, bedarf es einem guten Zeitmanagement. Zur Ermittlung der Effizienz kann eine Tätigkeitsstrukturanalyse angewendet werden. Diese zeigt, welche Tätigkeiten wie viel Zeit in Anspruch nehmen, siehe Abb. 2.4. So lassen sich zeitintensive, nicht relevante Tätigkeiten identifizieren und daraus eine Neustrukturierung ableiten. Bei jeder Analyse müssen

die folgenden beiden Grundfragen der Effektivität und Effizienz beantwortet werden:

- Werden die richtigen Dinge gemacht? Effektivität.[Ma09, S. 20]
- Werden die Dinge richtig gemacht? Effizienz.[Ma09, S. 20]

Dadurch kann erst sichergestellt werden, dass die eingesetzte Zeit effektiv und effizient genutzt wird. Letztendlich wird so Zeit geschaffen, um SFM-Methoden zu implementieren und anzuwenden.

Als letzter Aspekt dieses Abschnitts wird die Ressource **Maschinen und Anlagen** betrachtet. Eine der populärsten Methoden der Produktionsprozesssteuerung ist Kanban (japanisch: Karte). Diese Methode orientiert sich am realen Verbrauch von Materialien, ermöglicht somit eine maximale Reduktion von Beständen in allen Wertschöpfungsstufen. Kanban hilft damit die Produktivität des Unternehmens zu verbessern, bei gleichzeitiger Reduzierung der Verschwendung. Die Produktion erfolgt nur, wenn ein Bedarf vorhanden ist, auch Pull-Verfahren genannt. Somit wird konsequent eine Überproduktion vermieden. Umgesetzt wird Kanban z.B. in den Ausführungen, Flächen-Kanban, Behälter-Kanban oder am populärsten, Karten-Kanban. [RSE13, S. 175 f.]

## 2.2. Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 bezeichnet die vierte industrielle Revolution, welche zukunftsorientierte Technologien, Prinzipien der Cyber-Physischen Systeme und intelligente Mensch-Maschine-Interaktionen anwendet. Diese Paradigmen ermöglichen eine Identifizierung und Kommunikation mit jeder Entität in der Wertschöpfungskette und führt somit zu einer IT-gestützten individualisierten Massenfertigung. [La14, Po15]

Das erste Mal erwähnt wurde der Begriff Industrie 4.0 von Siegfried Dais und Henning Kagermann auf der Hannover Messe 2011. Daraufhin wurde unter deren Leitung eine Arbeitsgruppe Industrie 4.0 gegründet.

Ziel von Industrie 4.0 ist es, die gesamte Fabrik mithilfe von Internet of Things und vernetzten Services zu einer smarten Umgebung zu transformieren. Zusätzlich ermöglichen intelligente Maschinen, Produktionsanlagen und Lagersysteme eine konsistente Informations- und Kommunikationskette, die alle Bereiche von der Logistik bis hin zum Marketing integriert. Industrie 4.0 sorgt mithilfe von gesteigerter Transparenz für eine bessere Zusammenarbeit zwischen Mitarbeiter:innen und Geschäftspartner:innen. [KWH13]

Die erste industrielle Revolution begann Ende des 18. Jahrhunderts mit der Einführung von mechanischen Fertigungsanlagen, wie z.B. der mechanische Webstuhl. Zur Wende des 20. Jahrhunderts folgte die zweite industrielle Revolution, welche die elektrisch-betriebene Massenproduktion von Gütern auf Basis der Arbeitsteilung beinhaltete. Diese wurde in den 1970er-Jahren durch die dritte industrielle Revolution abgelöst. Diese dritte Revolution

nutzt Elektronik und Informationstechnologie, um Fertigungsprozesse zu automatisieren. Die vierte industrielle Revolution setzt auf Vernetzung von allen Teilen der Wertschöpfungskette mithilfe von Cyber-Physischen Systemen. [KWH13]

Die Abbildung 2.8 zeigt die vier Phasen der industriellen Revolution grafisch auf.

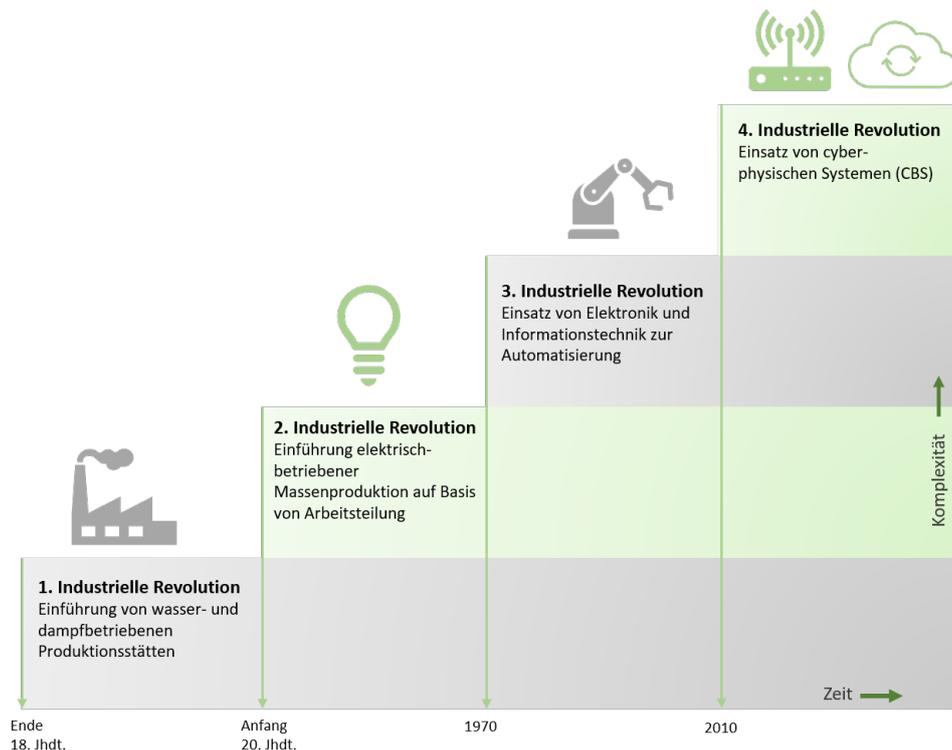


Abbildung 2.8.: Vier Phasen der industriellen Revolution

Quelle: Anlehnung an [DFK]; eigene Darstellung

Industrie 4.0 beeinflusst das Produktionsumfeld mit Änderungen in den Prozessabläufen maßgeblich. Konträr zur konservativen prognosebasierten Produktionsplanung schafft es Industrie 4.0, Produktionspläne in Echtzeit zu berechnen. Ermöglicht wird die Entwicklung hin zu einer Smart Factory vor Allem durch neue Technologien und intelligente Algorithmen. [BHVH14]

Mit der Einführung von Informations- und Kommunikationssystemen in industriellen Netzwerken stieg auch der Automatisierungsgrad der Fabriken enorm an. Intelligente und selbstlernende Maschinen in der Produktion synchronisieren sich mit der gesamten Wertschöpfungskette, von der Bestellung des Materials vom Lieferanten bis hin zur Auslieferung der Ware an den Kunden. [Ga13]

Auch die Simulation von Prozessen z.B. in den Bereichen Bestand, Logistik und Transport sowie die Nutzungshistorie von Produkten hilft, die Produktionsprozesse positiv zu lenken. [WCZ15]

Die Bereitschaft zur Umsetzung von Industrie 4.0 in Deutschland ist vorhanden, 41 Prozent der deutschen Unternehmen sind sich dem Wandel bewusst und haben bereits konkrete Projekte mit Bezug auf Industrie 4.0 gestartet. Trotzdem ist es noch ein weiter Weg bis zur vollständigen Erschließung des Themas in der Industrie. Vor Allem für kleine und mittelständische Betriebe ist der Wandel weitestgehend unbekannt, denn nur 44 Prozent geben an, von dem Begriff Industrie 4.0 gehört zu haben. Andererseits haben nur 17 Prozent der Großunternehmen den Term noch nicht gehört. [We14]

Die Industrie muss die Möglichkeiten und Vorteile, die mit der Vernetzung all ihrer Fabrikabläufe verbunden sind, ausschöpfen. Dies betrifft nicht nur technische Fragen, sondern wirft auch wichtige Management- und Führungsfragen auf. [SW15]

Die vierte industrielle Revolution ist auf der ganzen Welt verbreitet und besitzt in verschiedenen Ländern unterschiedliche Bezeichnungen. In vielen englischsprachigen Ländern wird der Begriff Industrie 4.0 auch mit dem Internet of Things (IoT) gleichgesetzt. Daher sind Erkenntnisse der Forschung im Bereich Industrie 4.0 oder IoT auf Fertigungspraktiken weltweit einsetzbar.

Die Integration der beiden Dimensionen Lean Management und Industrie 4.0 ist ein wichtiges Forschungsfeld, das in dieser Arbeit ausgiebig beleuchtet wird. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Aspekte der Industrie 4.0 genauer betrachtet.

### **2.2.1. Business Analytics**

Business Analytics (BA) beschreibt systematische, iterative Untersuchungsmethoden von Unternehmensdaten. BA hilft dabei, datenbasierte Erkenntnisse zu gewinnen und somit Geschäftsentscheidungen zu beeinflussen und zu optimieren.

Dahingegen konzentriert sich Business Intelligence (BI) auf die Verwendung von konsistenten Daten und Metriken, um die vergangene Leistung zu messen, als auch Geschäftssteuerungsfunktionen zu übernehmen. BI setzt die Beschreibung von Daten in den Vordergrund, währenddessen sich BA auf die Vorhersage von Ereignissen bzw. Daten konzentriert. Somit beantwortet Business Analytics die Fragen: „Warum ist es passiert?“. Währenddessen Business Intelligence Fragen wie, „Was ist passiert?“ oder „Wann ist es passiert?“ beantwortet. Viele BI-Anwendungen integrieren sukzessive BA-Funktionen in bereits vorhandene Systemlösungen. [BSG14]

Business Analytics bearbeitet Daten mithilfe von analytischer Modellierung und numerischer Analyse, inklusive prädiktiver und erklärender Modellierung. BA nutzt als Eingabeparameter menschliche Entscheidungen oder automatisierte Entscheidungsalgorithmen.

Typische Anwendungsgebiete für Business Analytics sind [BSG14]:

- Untersuchung von Datenmustern und Zusammenhängen (Data Mining).
- Quantitative und statistische Analyse.
- Tests zur Entscheidungsüberprüfung (A/B-Test).
- Vorhersage von Ereignissen (Predictive Analytics).

Nach der Durchführung der Geschäftsziel-Analyse (Business Understanding) wird eine Untersuchungsmethodik festgelegt. Im ersten Schritt wird die Datenbasis aus einem oder mehreren Systemen extrahiert (Data Understanding und Preparation). Daraufhin folgt das Bereinigen und die Integration der Daten in ein Data Warehouse (Modeling). Die eigentliche Analyse an sich erfolgt mittels kleineren Datenstichproben. Die daraus entstehenden Analysemodelle werden durch weitere Fragen bzw. zusätzliche Parameter optimiert (Evaluation). Die erzeugten Analysemodelle können genutzt werden, um Echtzeitentscheidungen zu optimieren, zu treffen oder zu automatisieren (Deployment). [BSG14]

Zusammengefasst wird dieser Prozess als Vorgehensmodell im Cross-Industry Standard Process for Data-Mining (CRISP-DM). Die Abbildung 2.9 zeigt den typischen Ablauf eines Knowledge-Discovery-in-Database Prozess auf.[DJ18]

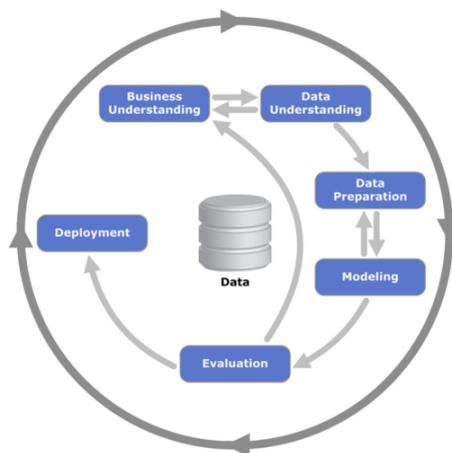


Abbildung 2.9.: Vorgehensmodell des CRISP-DM für KDD  
Quelle: [DJ18]

## 2.2.2. Digital Leadership

Die vierte industrielle Revolution und die daraus resultierende Digitalisierung und Vernetzung bewirken eine starke, teils disruptive Veränderung der Umwelt und Produktionsprozesse. Auch Führungs- und Managementansätze müssen an dieses neue Zeitalter angepasst werden. Das aktuelle Zeitalter wird auch gerne mit dem Akronym VUCA (Volatile,

Uncertain, Complex, Ambiguous) beschrieben, so suchen Mitarbeiter:innen nach Orientierung, wollen aber den Wandel auch aktiv mitgestalten. Es geht vor Allem darum, welche Umstände im Zeitalter der Digitalisierung beachtet werden sollen und welche Eigenschaften eine gute Führungskraft haben soll. [AH17, S. 167]

Das folgende Kapitel geht auf die zentralen Fähigkeiten von Führungskräften im Zuge der Digitalisierung ein. Auf etwaige technische Neuerungen, wie z.B. Microsoft Teams wird hier kaum eingegangen, da diese einen geringen Bestandteil der digitalen Transformation darstellen. Die erfolgreiche Durchführung der digitalen Transformation ist signifikant von den Führungseigenschaften des Vorgesetzten abhängig. [AH17, S. 184-185]

Primär geht es hier um ein Führungsverhalten, um Mitarbeiter:innen erfolgreich durch neue Herausforderungen zu begleiten und zu führen. Damit ein Führungsstil erfolgreich sein kann, ist es unabdingbar, das Vertrauen der Mitarbeiter:innen zu gewinnen. Ohne gegenseitiges Vertrauen ist das gesamte Führungskonzept zum Scheitern verurteilt. [AH17, S. 167-178]

Die Anforderungen an Führungskräfte haben sich stark gewandelt, es werden andere Charaktereigenschaften und Fähigkeiten abverlangt als bei analogen Führungskräften. Laut Andelfinger/Hänisch ergab eine Studie folgende fünf grundlegende Führungsqualitäten: Entschlossenheit, Sozialkompetenz, Führung, Innovation und Disruption. [AH17, S. 186]

### **1. Entschlossenheit**

Führungskräfte sollen eine klare Vision aufweisen und diese auch verfolgen. Eine digitale Führungskraft gibt besonders in schwierigen Phasen Halt, fungiert als Vorbild und ermutigt, Ruhe zu behalten. Diese Eigenschaften sind besonders in der sich ständig wandelnden VUCA Welt von hoher Relevanz. [AH17, S. 186-192]

### **2. Sozialkompetenz**

Eine der wichtigsten Kompetenzen im Zeitalter der Digitalisierung ist die Sozialkompetenz. Gerade in digitalen Konferenzen ist es wichtig, den anderen Teilnehmer:innen aktiv zuzuhören und diese wahrzunehmen. Eine gute Führungskraft kennt die Stärken und Schwächen der Teammitglieder und kann diese Diskrepanzen zum Vorteil des ganzen Teams nutzen. Teams können sich beispielsweise anhand folgender Merkmale unterscheiden: Kultur, Sprache, Alter, Religion, Werte und Lebensweisen. Die Kompetenz, Menschen mit unterschiedlichen Merkmalen in eine Organisation zu vereinen, ist eine der wichtigsten Fähigkeiten einer Führungskraft. Auch zeigt z.B. die Studie des Instituts für Führungskultur im digitalen Zeitalter, dass Teams mit sozial kompetenten Führungskräften auch engagierter und anpassungsfähiger als Teams mit klassischen Top-Down Führungskräften sind. [Li]

### **3. Führung**

Führung bedeutet, als Vorbild zu handeln und auch selbst an die Vision des Unternehmens zu glauben und so die Mitarbeiter:innen über intrinsische Faktoren zu motivieren. Diese

Eigenschaft ist besonders bei räumlich verteilten, digitalen Teams wichtig, um so Mitarbeiter:innen ohne physische Präsenz zu motivieren.

#### **4. Innovation**

Führungskräfte sollen den Mitarbeiter:innen neue innovative Wege zur Problemlösung aufzeigen. Ein erfolgreicher Innovationsprozess setzt voraus, dass nur wenige Struktur- und Sicherheitsbedenken vorhanden sind. Neue Problemlösungsansätze, wie z.B. das Design Thinking können somit zielführend eingesetzt werden und erlauben es den Mitarbeiter:innen, ihren Horizont zu erweitern.

#### **5. Disruption**

Eine Führungskraft muss auch bereits bestehende Prozesse oder Abläufe unterbrechen oder zerschlagen können. Nur so können neue innovative Prozesse hin zum digitalen Wandel entstehen. Dazu wird von den Führungskräften viel Mut verlangt, um Widerstände im Unternehmen zu überwinden.

Zusammenfassend werden von guten Digital Leaders folgende Charaktereigenschaften verlangt:

- Empathie.
- Durchsetzungsvermögen.
- Fachliches Verständnis von relevanten Themengebieten.
- Sozialkompetenz.
- Selbstreflexion.

Das Digital Leadership nimmt somit eine bedeutende Rolle ein und entscheidet über Erfolg oder Scheitern der digitalen Transformation. Eine Studie des Forschungsbeirat Industrie 4.0 zeigt auf, wie enorm wichtig die Rolle des Menschen für den digitalen Wandel im Zuge der Industrie 4.0 ist. Aus diesem Grund ist es auf lange Sicht wichtig, fundierte Digital Leader auszubilden. [La18a]

### **2.3. Kennzahlen und Echtzeitdaten in der Produktion**

Durch Kennzahlen kann die Informationsversorgung für die Entscheidungsebene in Unternehmen bereitgestellt werden. Denn Kennzahlen bilden entscheidende Zusammenhänge in Unternehmen auf eine komprimierte, quantitative Form ab. Innerhalb von unternehmerischen Prozessen sind sie ein essenzielles Hilfsmittel zur Ermittlung von Soll-Größen (Planung) und Ist-Größen (Kontrolle). Generell können Kennzahlen in allen unternehmerischen Bereichen und Prozessen eingesetzt werden. [HGS15]

Die Erstellung und der Einsatz von Kennzahlen ist von hoher Bedeutung für die Unternehmenssteuerung. Wlcek beschreibt die Funktion von Kennzahlen anhand von drei wesentlichen Aufgaben:

- Kennzahlen ermöglichen die Ermittlung von der Wirksamkeit von Maßnahmen und die Steuerung von Systemen. [Kl16]
- Konstanter Vergleich von Systemwerten mit den Ziel-, Vergangenheitswerten und anderen Prozessen oder Geschäftsbereichen. [Kl16]
- Analyse des zu betrachtenden Systems, inklusive der Einflussfaktoren, sowie Ermittlung von Verbesserungsansätzen. [Gl08a]

Eine sorgfältige Messung von Leistungskennzahlen ist vor Allem in produzierenden Unternehmen obligat. Literatur und Quellen zu Leistungskennzahlen im Produktionsbereich gibt es in großer Anzahl. So beschreiben beispielsweise Bauer und Hayessen in ihrem Standardwerk die 100 wichtigsten Kennzahlen in der Produktionsumgebung [BH07]. Des Weiteren gibt Lödning einen übersichtlichen Einblick in die Produktionsplanung sowie -steuerung [Lo16].

Typische Produktionsleistungskennzahlen lassen sich in drei Kategorien unterteilen: [KS12]

- Output-orientiert (Termtreue, Produktionsleistung).
- Ressourceneinsatz-orientiert (Material-, Personaleinsatz).
- Produktionsprozess-orientiert (Losgröße, Bestand, Durchlaufzeit).

Eine Verknüpfung von Kennzahlen zu Kennzahlensystemen ist zwingend erforderlich. Denn zwischen Kennzahlen finden Zielkonflikte und Wechselwirkungen statt. Diese müssen in einer genauen Betrachtung berücksichtigt und erkannt werden. [Lo16] Die Balanced Scorecard (BSC) bietet hier eine explizite Berücksichtigung weiterer und unterschiedlicher Perspektiven. Die BSC ist ein Instrument zur Errichtung eines integrierten Managementsystems. Dabei werden nicht nur die finanzielle Perspektiven verfolgt, sondern auch andere Frühindikatoren zur Geschäftsentwicklung genutzt. Die damit ermöglichte, umfassende Sicht schafft so konkrete Maßnahmen zur besseren Ausrichtung des Unternehmens an Zielen. [KN97]

Die Abbildung 2.10 zeigt beispielhaft die vier Felder einer Balanced Scorecard eines fiktiven Unternehmens.

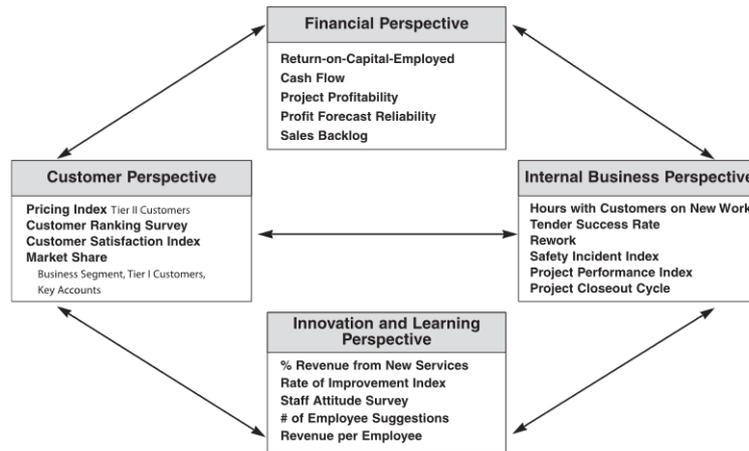


Abbildung 2.10.: Balanced Scorecard eines fiktiven Unternehmens  
Quelle: [KN97]

Kennzahlensysteme werden häufig als Echtzeitsysteme betrieben. Diese sind durch ständig betriebsbereite Programme gekennzeichnet. [Sc06] Im Bereich des Shopfloor Management erfolgt die Erfassung von Echtzeitdaten automatisch mittels Sensoren in der Produktion, welche mit Datenverarbeitungssystemen vernetzt sind. Die somit erfassten Daten können entweder direkt vor Ort oder in verteilten Systemen ausgewertet werden. Im Vergleich zu anderen Steuerungssystemen können im Rahmen des SFM Daten auch augenblicklich ausgewertet werden, anstatt nur vergangenheitsbezogen. Mittels SFM werden bereits viele Daten in Echtzeit erfasst, aber oft nur unstrukturiert ausgewertet. Nur mithilfe einer klar definierten Strategie kann das Potential von Echtzeitdaten genutzt werden.

### 2.3.1. Echtzeitdaten im Unternehmenskontext

Der Einsatz von Echtzeitdaten führt im Zuge der Industrie 4.0 zu signifikanten Verbesserungen in den Unternehmensprozessen. Folgende Literatur bzw. Studien belegen diese Behauptung, vgl. [BM15, Fr15, VDM14]. Der Einsatz von Echtzeitdaten bietet folgende wesentliche Vorteile:

- Dezentrale Entscheidungen.
- Geringerer Planungsvorlauf.
- Verringerung von Verschwendung.
- Erhöhung der Auslastung.
- Geringere Durchlaufzeiten (DLZ) und Bestände.
- Operative Entscheidungshilfe.
- Erkennen von Abweichungen durch Messwerte in Echtzeit; Predictive Maintenance.

- Zeitgenaue Anpassung der Produktionskapazität an die Auftragslage; Dynamic Manufacturing.
- Kürzere Wartezeiten und höhere Maschinenauslastung.
- Permanente Inventur; digital twin.
- Lokalisierung von Warenströmen mittels Global Positioning System (GPS) oder Radio Frequency Identification (RFID).

Die aus Produktions- und Logistikprozessen gewonnen Echtzeitdaten können nun genutzt werden, um Kommunikationsabläufe zwischen Maschinen und Menschen zu optimieren. Diese direkte Kommunikation sorgt dafür, dass Bestände verringert und Durchlaufzeiten reduziert werden können. Gleichzeitig kann auch die Auslastung der Maschinen erhöht und damit die Effizienz gesteigert werden. Prozessdaten können nun in Echtzeit ausgewertet werden und so Abweichungen in den Prozessen zielgenau erkannt werden. Somit können Ausfallzeiten reduziert und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Das Resultat ist die Verringerung von Verschwendung durch geringe Bestände und zielgerichtete Produktionsbewegungen durch Echtzeitinformationen. [Bi14]

Die Prozesssteuerung kann mithilfe von schnellen und fundierten Entscheidungen deutlich effizienter gestaltet werden [Bi14]. Diese Entwicklung wird durch die Bereitstellung von Echtzeitdaten ermöglicht. Durch die gesteigerte Kommunikation zwischen Mensch und Maschine können dezentrale Entscheidungsstrukturen geschaffen werden, welche kurze und flexible Planungsvorlaufzeiten bezüglich der Produktionsprozesse ermöglichen. So kann kurzfristig und flexibel auf Kundenaufträge eingegangen werden. Des Weiteren können Kundenwünsche noch während des Produktionsprozesses eingespielt werden, z.B. Änderung der Dachhimmel-Farbe bei einem Automobilhersteller, während des Produktionsprozesses. So können Aufträge kundenindividuell erfüllt werden. [BM15] Besonders im Logistikbereich können Unternehmen ihren Kund:innen Mehrwerte durch Echtzeitdaten schaffen, z.B. Transparenz von Lieferketten und Überwachung der Wertschöpfungsketten. Dadurch können Unternehmen deutlich schneller und effektiver auf Störungen reagieren. [Co14]

Der Nutzen von Echtzeitdaten lässt sich allgemein entweder monetär (Kostenvergleichsrechnung oder Kapitalwertmethode) als auch non-monetär mittels Nutzwertanalyse oder Extended Performance Analyse (EPA) einstufen [DSW07]. Die EPA bietet den Vorteil, nicht-monetäre als auch nicht-quantifizierbare Effekte (z.B. Kundenmehrwert) in die Bewertung mit einzubeziehen. Das EPA-Modell integriert nicht-monetäre und monetäre Effekte in der Erfassung als auch in der Identifizierung von Nutzeffekten. [Mi16]

### 2.3.2. Business Analytics SFM

Das Ziel des Shopfloor Managements ist es, Potentiale in der Produktion durch Erreichung von Zielen optimal auszunutzen. Diese Ziele und Potentiale werden in Kennzahlen transformiert und visualisiert. Dies ermöglicht eine kontinuierliche, systematische und leicht verständliche Nutzung der Kennzahlensysteme. Denn nur wenn Führungskräfte und Mitarbeiter:innen die Ziele verinnerlichen und den Ist-Zustand monitoren können, werden Verbesserungspotentiale erzielt. So hängt der Erfolg vom Shopfloor Management maßgeblich von einem zielgerichteten, systematischen Reportingsystem ab.

Reporting sind für eine definierte Zielvorgabe zusammengefasste, ausgewertete Informationen. Ziel hierbei ist es, alle Ebenen, operativ sowie strategisch, in der Entscheidungsfindung zu unterstützen. Eine der wichtigsten Aufgaben ist die Herstellung von Transparenz in allen Geschäftsprozessen. Die wichtigsten Kennzahlen (KPIs) unterschiedlicher Bereiche des Unternehmens werden nach den Bedürfnissen der jeweiligen Fachabteilung zusammengefasst, verglichen und gesendet. [Ei08]

Reportingsysteme bestehen grundsätzlich aus vier wesentlichen Säulen: 1. Berichtsobjekte, 2. Inhalte, 3. Visualisierung und 4. Organisation und Prozesse. [Gl08b] In der Literatur wird das 4 Säulen-Modell manchmal auf ein 7 Säulen-Modell erweitert: 1. Software, 2. Hardware, 3. Daten, 4. Kennzahlen, 5. Sicherheit, 6. Prozesse und 7. Design. Die 7 Säulen bauen auf dem Gesamtkonzept des Reporting-Systems auf. [Fr]

Die Abbildung 2.11 stellt das 7 Säulen-Modell grafisch dar.

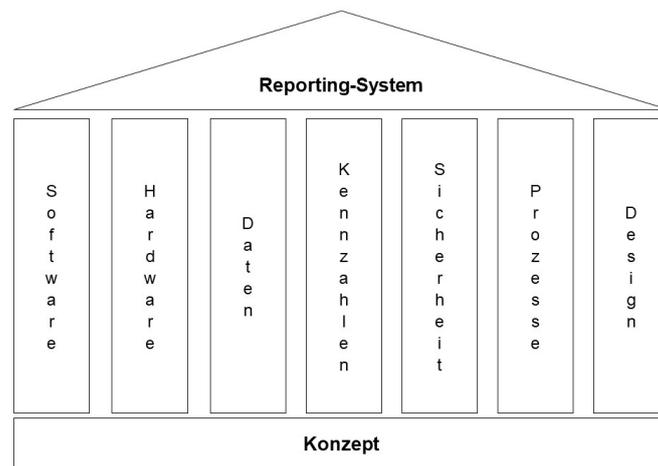


Abbildung 2.11.: 7. Säulen-Modell eines Reporting-Systems; In Anlehnung an: [Fr]

In den ersten beiden Schritten müssen die richtigen und passenden Softwarekomponenten ausgewählt werden. Im dritten Schritt müssen die jeweiligen Daten bereinigt und eine Datenbasis erstellt werden. Die Konkretisierung der Kennzahlen erfolgt im Schritt vier.

Auch der Punkt Informationssicherheit muss im fünften Schritt berücksichtigt werden. In den letzten beiden Schritten wird eine geeignete Form der Visualisierung und Konkretisierung der Berichtsprozesse durchgeführt.

Die Herausforderung bei Reporting-Systemen liegt darin, geeignete Kennzahlen in richtiger Form, mit korrektem Inhalt, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und in der erforderlichen Verdichtung zu den jeweiligen spezifizierten Informationsbedarfen bereitzustellen. Diese Informationen werden im klassischen Shopfloor Management auf einem physischen Shopfloor-Board dar- und bereitgestellt. [Fr]

Zur zielgerechten Auswertung und Bereitstellung von Informationen werden Echtzeitdaten in das Shopfloor-Reporting integriert. Dadurch können Prozesse beschleunigt und präzisiert werden. Die Darstellung kann mittels verteilter Systeme und aktuellen Technologien, beispielsweise als mobiles Dashboard (vgl. 2.12), auf unterschiedlichen Endgeräten (PC, SmartBoard, Mobiltelefon, Tablet) dargestellt werden. [HM15]



Abbildung 2.12.: Anwendungsbeispiel: Reporting Dashboard  
Quelle: [Da21]

## **3. Methodik**

Im folgenden Kapitel Methodik wird der methodische Rahmen dieser Masterarbeit erläutert, sowie Primär- und Sekundärmethodik, als auch die Methoden der Datenerhebung, erklärt.

### **3.1. Forschungsdesign**

In diesem Forschungsvorhaben wird die Mixed Methods Methodik als Forschungsdesign verwendet. Bei der Mixed Methods Methodik werden qualitative und quantitative Forschungsmethoden miteinander kombiniert. [HSE13]

Es gibt vier grundsätzliche Designmethoden im Bereich der Mixed Methods: [HSE13]

- Triangulations Design.
- Eingebettetes Design.
- Exploratives Design.
- Explanatives Design.

In dieser Masterarbeit wird das Design der Triangulation verwendet. Die Triangulation zeichnet sich dadurch aus, dass quantitative und qualitative Verfahren der Datenerhebung miteinander verbunden werden. Dabei beziehen sich die Daten auf das gleiche Forschungsgeschehen und sind gleich gewichtet.

Die Abbildung 3.1 zeigt das Triangulationsdesign grafisch auf.

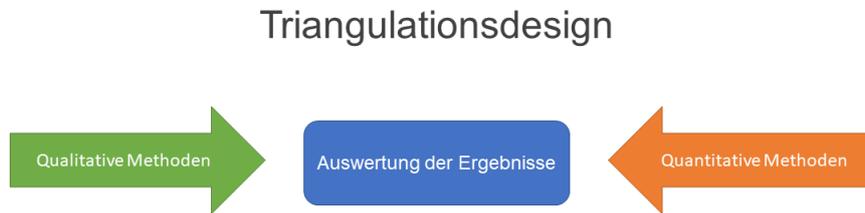


Abbildung 3.1.: Triangulationsdesign  
In Anlehnung an: [HSE13]

### 3.2. Primärmethodik: Konzeptionell-deduktive Analyse

Eingebettet im Design der Triangulation wird in dieser Masterarbeit die konzeptionell-deduktive Analyse als Primärmethode durchgeführt. Eine Primärmethode ist eine übergeordnete Methode aus dieser sich die untergeordneten Sekundärmethoden ableiten lassen.

Die konzeptionell-deduktive Analyse basiert auf dem Grundprinzip der Deduktion. Die Deduktion ist definiert als Schluss vom Allgemeinen auf das Besondere. Somit ist die Deduktion der Prozess von Prämissen, Erkenntnisse zu gewinnen und daraus logische Schlussfolgerungen zu ziehen. Dahingegen ist die Induktion die Gewinnung von allgemeinen Aussagen aus einer Vielzahl von Beobachtungen. [Wi06]

Die Abbildung 3.2 zeigt den schematischen Zusammenhang von Deduktion, Induktion sowie Theorie und Empirie.

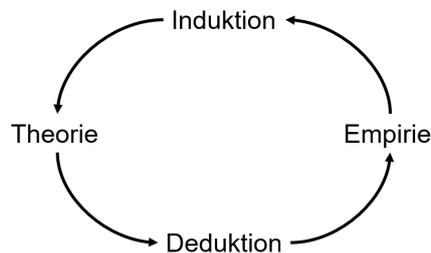


Abbildung 3.2.: Zusammenhang Induktion und Deduktion;  
In Anlehnung an: [Wi06]

Die Deduktion kann selbst in drei Forschungsmethoden unterteilt werden:

- Formal-Deduktiv.
- Konzeptionell-Deduktiv.
- Argumentativ-Deduktiv.

In diesem Forschungsvorhaben wird die konzeptionell-deduktive Forschungsmethode als Primärmethode gewählt.

Die folgende Abbildung 3.3 zeigt die Einbettung der Primär- und Sekundärmethoden in das Rahmenwerk der Wirtschaftsinformatik. Wie man der Abbildung entnehmen kann, verhält sich die Methode der konzeptionell-deduktiven Analyse konstruktivistisch und deckt qualitative als auch quantitative Bereiche ab.

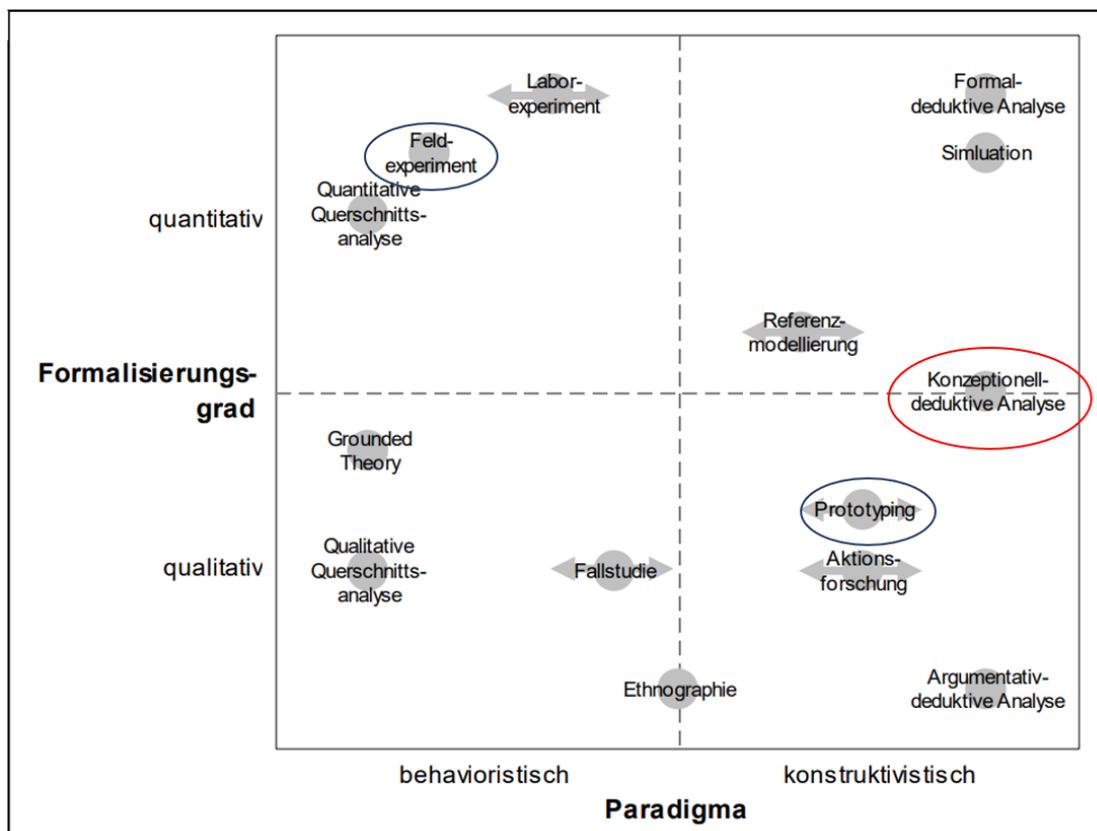


Abbildung 3.3.: Methodisches Rahmenwerk, Primärmethodik rot, Sekundärmethodiken blau; Quelle: [WH07]

Aus der eigentlichen Problemstellung werden geeignete Methoden zur Problemlösung abgeleitet. Die daraus resultierten Ergebnisse werden in  $n$  Iterationen validiert. Bei einer nicht erfolgreichen Validierung werden Parameter oder die Methodik abgeändert, dokumentiert und die Validierung wiederholt. Die erfolgreiche Validierung schließt mit einem validierten Ergebnis ab.

Die folgende Abbildung 3.4 zeigt die Methodik dieses Forschungsvorhabens grafisch auf.

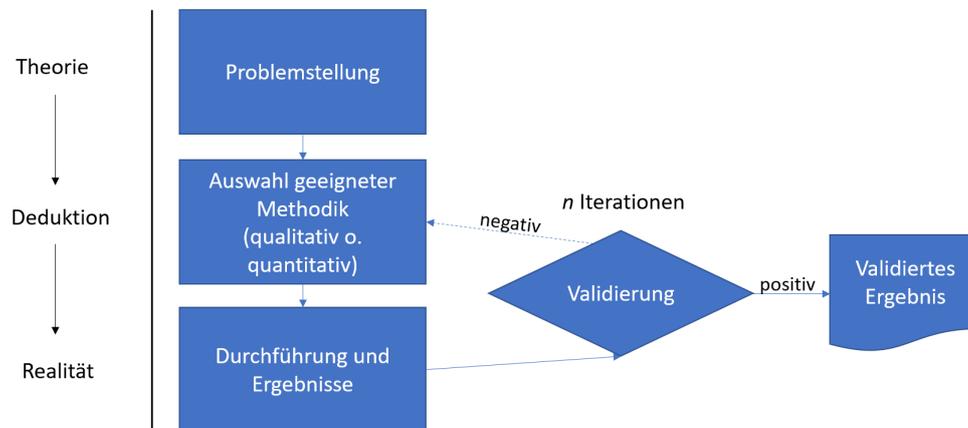


Abbildung 3.4.: Methodik dieser Arbeit; Quelle: eigene Abbildung

### 3.3. Sekundärmethodik

Als Sekundärmethoden werden die Methoden bezeichnet, welche sich von der Primärmethode ableiten lassen und ihr untergeordnet sind. Im Folgenden werden die in der Masterarbeit genutzten Sekundärmethoden erläutert.

#### 3.3.1. Feldexperiment

Das Feldexperiment ist ein Experiment, welches in der natürlichen Umgebung stattfindet. Als natürliche Umgebung kann in dieser Masterarbeit die Produktionsumgebung des zu behandelnden Unternehmens angesehen werden. Bei diesem Experiment werden die Produktionsabläufe, bis auf eine zu verändernde Variable, gleichgelassen.

Im Gegensatz zu einem Laborexperiment gibt es hier viele Störvariablen, die in der Analyse berücksichtigt werden. Somit ist bei einem Feldexperiment die interne Validität gering, dahingegen die externe Validität sehr hoch. Aus einem Feldexperiment können so besser Ergebnisse generalisiert werden.

In dieser Masterarbeit kommt die Methode des Feldexperimentes zur Beurteilung der Wirksamkeit von Real-Time Business Analytics zum Einsatz.

### **3.3.2. Prototyping**

Das Prototyping ist im Bereich der Softwareentwicklung allgemein definiert als eine Methode, welche schnell Ergebnisse liefert und somit ermöglicht, möglichst früh Feedback in den Entwicklungsprozess einfließen zu lassen. So kann das Ergebnis des Prototyping, ein Teilelement einer Software oder eine Benutzeroberfläche, als Basis für Kommunikation und weitere Entwicklung dienen. [Bu12]

Durch Prototyping können Anforderungen von Kunden laufend konkretisiert und überprüft werden. Damit können potentielle Fehler früher erkannt und Fehlerkosten vermieden werden. Zudem können im Entwicklungsprozess bereits früh interne und externe Stakeholder eingebunden werden. Mit diesem kollaborativen Vorgehen können Wechselwirkungen rechtzeitig erkannt und analysiert werden. Der Fertigstellungsgrad kann durch Prototyping genauer bestimmt werden, zudem wird bereits vor der Entwicklung ein tiefes Verständnis für das System geschaffen. [Bu12]

Die Methode Prototyping kann in folgende Subtypen differenziert werden [PB96]:

- Exploratives Prototyping.
- Evolutionäres Prototyping.
- Experimentelles Prototyping.
- Rapid Control Prototyping.
- Vertikales Prototyping.
- Horizontales Prototyping.

In dieser Arbeit wird das horizontale Prototyping verwendet. Beim horizontalen Prototyping wird jeweils nur eine spezifische Teilebene eines Systems ausgearbeitet. Diese Teilebene wird möglichst komplett fertiggestellt und dient daher als Orientierung für alle anderen Teilebenen des Gesamtsystems. [Bu12]

## **3.4. Methoden zur Datenerhebung**

In diesem Kapitel werden die verwendeten Methoden der Datenerhebung vorgestellt und erläutert.

### **3.4.1. Ist-Analyse**

Die Ist-Analyse zeigt Abweichungen des Soll/Ist-Zustands auf. Sie dient somit zur Ermittlung von Schwachstellen und Mängeln in Unternehmen. Mittels einer detaillierten Analyse werden Optimierungspotentiale offenbart. [Gr95]

Eine Ist-Analyse kann sich auf unterschiedliche Bereiche konzentrieren. In diesem Forschungsvorhaben werden vor Allem der Bereich von Informationen und Prozessen beleuchtet.

Es werden dabei folgende Leitfragen und Anhaltspunkte betrachtet: [BM18]:

- Falsch definierte Kennzahlen.
- Nicht erfasste Kennzahlen.
- Fehlende Datenbasis.
- Bereitstellung der Informationen am falschen Ort, Zeitpunkt oder Person.
- Unzureichende Dokumentation von Prozessen.
- Falsche oder fehlende Schnittstellen.
- Keine oder fehlerhafte Implementierung des KVP.

Zur Ermittlung des Ist-Zustands werden unterschiedliche Methoden zur Primärerhebung verwendet. Diese werden in den nächsten Abschnitten detailliert beschrieben.

### **3.4.2. Expert:innen-Interviews**

Das Expert:innen-Interview ist eine im wissenschaftlichen Kontext verwendete Methode zur Erhebung von Primärdaten. Diese Methode zielt darauf ab, Expertise zur Beantwortung der Forschungsfrage abzugreifen. [BLM13]

Das Expert:innen-Interview kann in folgenden Formen strukturiert werden [BLM13]:

- strukturiert.
- unstrukturiert.
- semistrukturiert.
- narrativ.

In dieser Forschungsarbeit werden semistrukturierte Interviews geführt. Für jedes Interview wird vorab ein Leitfaden erstellt, der den groben Ablauf der Befragung vorgibt. Die Reihenfolge und Anzahl der Fragen kann aber noch während des Interviews bei Bedarf flexibel gestaltet werden.

Das Interview wird per Transkription dokumentiert und danach ausgewertet. In dieser Arbeit werden Expert:innen-Interviews im Zuge der Ist-Analyse und Validierung durchgeführt.

### **3.4.3. Fragebogen**

Die Befragung mittels Fragebogen ist eine wissenschaftliche Methode, die dazu dient, systematisch Informationen über Wissen und Meinungen von Personen einzuholen. Sie kann schriftlich, mündlich oder online erfolgen. Zudem wird zwischen einer quantitativen und qualitativen Befragung unterschieden. Bei ersterer Variante werden geschlossene oder Multiple-Choice-Fragen gestellt und anschließend mittels Grafiken und Statistikprogrammen ausgewertet. Bei zweiter Variante werden offene Fragen gestellt und die Antworten interpretativ ausgewertet. [MG08]

Die Erstellung des Fragebogens erfolgt in folgenden Schritten [MG08]:

1. Erstellung der Forschungshypothese und der gesuchten Variablen.
2. Erstellung Fragebogenprototyp.
3. Auswahl der Fragen.
4. Entwicklung Endform des Fragebogens.
5. Auswahl der Befragten.
6. Durchführung der Befragung.
7. Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

Der Vorteil von der Methode Befragung ist die Verknüpfung von Theorie mit praxisrelevanten Ergebnissen und der standardisierte, nachvollziehbare Ablauf der Methode.

In dieser Masterarbeit werden qualitative sowie quantitative Fragebögen genutzt. Alle Fragebögen werden schriftlich und online durchgeführt.

### 3.4.4. Dokumentenanalyse und -auswertung

Die Dokumentenanalyse beschreibt eine Datenerhebungstechnik, welche Daten ausschließlich aus Dokumenten auswertet. Die Dokumentenanalyse ist erforderlich bei der Analyse von Organisationen im Hinblick auf z.B. Geschäftsprozessoptimierung oder Aufgabenanalyse. Durch die Dokumentenanalyse kann ein schneller Einblick in Prozesse, Aufgaben oder Schnittstellen erfolgen. [BdI]

Nach der Analyse können die Dokumente ausgewertet und abgelegt werden. Die Ergebnisse werden in einer Ist-Analyse zusammengefasst.

Die Vorteile der Dokumentenanalyse sind [BdI]:

- Datenerhebung ohne Störung des Produktivbetriebes.
- Geringer Aufwand.
- Hohe Informationsgewinnung in kurzer Zeit.

In dieser Masterarbeit wird die Dokumentenanalyse dazu verwendet, den Ist-Stand von Arbeitsabläufen und Prozessen zu erfassen.

### 3.4.5. Messungen

Die DIN 1319 beschreibt das Messen als „Ausführung von geplanten Tätigkeiten zum quantitativen Vergleich der Messgröße mit einer Messeinheit“ [DIN]. In anderen Worten beschreibt das Messen das Ausführen von Tätigkeiten zur Erreichung eines quantitativen Ergebnisses über eine Messgröße in Vergleich mit einer Maßeinheit.

Zur Erreichung eines Messergebnisses wird wie folgt vorgegangen: [BP07, DIN]

1. Definition der Messaufgabe und Messgröße.
2. Festlegung der Maßeinheit.
3. Wahl und Kalibrierung eines Messgerätes.
4. Definition des Messablaufs.
5. Durchführung der Messung unter Berücksichtigung von Stör- und Einflussgrößen.
6. Ermittlung und Interpretation des Messergebnisses.

Damit die Ergebnisse als gültig eingestuft werden können, müssen definierte Gütekriterien erfüllt werden. Es existieren folgende drei Gütekriterien quantitativer Forschung:

**Validität:** Eine Messung ist valide, wenn sie inhaltlich mit einem logischen Messkonzept übereinstimmt. Sie ist somit ein Maß dafür, ob die erzeugten Daten die zu messende Größe wiedergeben. [Hi07]

**Reliabilität:** Das Messexperiment muss so gestaltet werden, dass konstante Ergebnisse, auch bei geänderten Rahmenbedingungen, erreicht werden. [Hi07]

**Objektivität:** Die Durchführung und Interpretation des Messexperiments ist nicht von dem/der Forschenden beeinflussbar. [Hi07]

In diesem Forschungsvorhaben wird die Messung verwendet, um Unterschiede in den Prozessabläufen im Zuge der Einführung von Real-Time Business Analytics festzustellen.

## 4. Optimierung SFM

Das Kapitel 4.1 Identifikation der Kennzahlen SFM, beschreibt das Vorgehen, die Ist-Analyse, mögliche Potentiale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Kennzahlen im SFM im Unternehmen.

Das Kapitel 4.2 bewertet und überprüft Kennzahlen im Unternehmen und deren Beeinflussung durch Real-Time Business Analytics.

Das Kapitel 4.3 zeigt auf, welche Potentiale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten das digitale SFM bietet.

Das Kapitel 4.4 beinhaltet die Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen für das digitale SFM.

Das Kapitel 4.5 beinhaltet die Durchführung eines Feldexperiments zur Überprüfung des Nutzens von Echtzeitdaten.

Kapitel 4.6 zeigt die Validierung der Ist-Analyse und des Feldexperiments auf.

Das Kapitel 4.7 zeigt die Grenzen des Experiments auf.

### 4.1. Identifikation der Kennzahlen SFM

#### 4.1.1. Vorgehen

In diesen Arbeitsschritten wird ein Verfahren zur Bewertung des Shopfloor Managements entwickelt. Dieses Framework kann auch außerhalb des behandelten Unternehmens genutzt werden. Somit ist mit diesem Framework ein Vergleich mit anderen Unternehmen möglich. Die Datenerhebung, sowie Auswertung für die Ist-Analyse erfolgt in folgenden Schritten:

Im **ersten Schritt** werden initial mit den zuständigen Shopfloorverantwortlichen (z.B. Lean Management Expert:in, Produktionsleiter:in) ein Erstgespräch, welches semi-strukturiert abläuft, geführt. Danach erfolgt die Auswertung und Interpretation des Interviews. Unmittelbar daraufhin wird der Ist-Stand des Shopfloor Managements und deren angrenzenden

Prozesse durchgeführt. Dies sind **Schritt zwei** und **drei**. Der nun erarbeitete Ist-Stand wird in einem Expert:innen-Workshop, durch die Entwicklung von Optimierungspotentialen verbessert. Das Ergebnis sind konkrete Handlungsempfehlungen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten, im Hinblick auf ein digitalisiertes Shopfloor Management.

Um den **Ist-Stand des SFM** zu erheben, werden Expert:innen befragt. Diese Interviews werden mittels eines Leitfadens strukturiert. Der genutzte Leitfaden ist dieser Arbeit unter Anhang A.1.1 angehängt. Die Leitfragen lassen sich in etwa fünf Kategorien einteilen:

- Sind Sie mit dem SFM bei Ihnen im Unternehmen zufrieden?
- Wie stehen Sie zur Digitalisierung des SFM?
- Welche Aufgaben werden bei Ihnen durch das SFM übernommen?
- Wie kann man aus Ihrer Sicht das SFM generell verbessern?
- Aus welchen Gründen wurde bei Ihnen das SFM eingeführt?

Nach der Durchführung der Interviews erfolgt die Auswertung und die Einteilung in inhaltliche Kategorien. Dies ermöglicht die Zuordnung in ein Framework.

Die Erarbeitung des Ist-Zustandes und der dazugehörigen Prozesse erfolgte analog zu den oben aufgezeigten Vorgehen. Als Ergebnis der Interviews werden Prozessbeschreibungen erstellt und diese wiederum in ein Framework eingeordnet. Das Framework ermöglicht eine Einordnung in Entwicklungspfade und bietet dem Unternehmen einen visuellen Überblick, respektive des Fortschritts hin zu Real-Time Business Analytics.

Die Zieldimensionen des zu verwendeten Frameworks werden wie folgt definiert: Industrie 4.0 Reifegrad, Umfang und Aktivitäten des Shopfloor Managements. Eine schnelle und vor allem gute Echtzeitentscheidungsfähigkeit führt zu kurzen Prozess- und Entscheidungswegen in allen SFM-Prozessen. Zur Umsetzung der Echtzeitentscheidungsfähigkeit ist die Informationsverfügbarkeit obligatorisch. In dieser Arbeit wird zwischen folgenden aufsteigenden Informationsverfügbarkeitsgraden unterschieden: Auf Zuruf, regelmäßig und Echtzeit. Die alleinige Bereitstellung von Informationen reicht nicht aus, um eine Autonomie und Automatisierung des Shopfloor Managements zu erreichen. Eben diese Parameter werden durch den Industrie 4.0 Reifegrad abgebildet. Mit steigendem Industrie 4.0 Reifegrad, erhöht sich die Autonomie und Intelligenz des Shopfloor Managementsystems. [Sc]

Die durch die Ist-Analyse erfassten Prozesse können nun mithilfe des Industrie 4.0 Maturity Index nach Nutzen eingeordnet werden. Laut [Sc] werden die Stufen Autonomie, Prognose, Transparenz und Sichtbarkeit, wie folgt definiert: [Sc]

- **Autonomie:** das System kann eigenständig Handlungsempfehlungen ableiten und einsteuern.
- **Prognose:** zukünftige Ereignisse werden vorhergesagt.

		Sichtbarkeit	Transparenz	Prognose	Autonomie
Auf Zuruf	Analog				
	Digital				
Regelmäßig	Analog				
	Digital				
In Echtzeit	Analog				
	Digital				

Abbildung 4.1.: Framework zur Einstufung des SFM;  
in Anlehnung an: [Sc, LM]

- **Transparenz:** die Informationsbereitstellung erfolgt mit Ursachen oder Gründen.
- **Sichtbarkeit:** Informationen werden erfasst und können ausgewertet werden.

Die Industrie 4.0 Maturity Index Studie [Sc] teilt den Nutzen von Systemen in vier Stufen der Industrie 4.0 ein. Die Abbildung 4.2 zeigt die Entwicklungsstufen geordnet nach Nutzen auf.

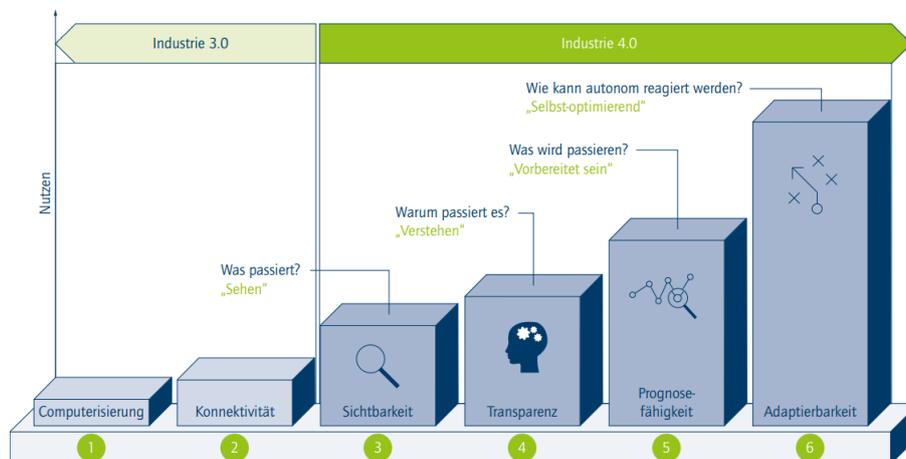


Abbildung 4.2.: Maturity Index Industrie 4.0;  
Quelle: [Sc]

In der zweiten Dimension des Frameworks wird die Echtzeitentscheidungsfähigkeit des SFM abgebildet. In dieser Arbeit wird der Begriff Echtzeit für Prozesse benutzt, die simultan mit dem realen Prozessgeschehen ablaufen. Das Framework unterscheidet hier generell drei Stufen der Echtzeitentscheidungsfähigkeit. Diese drei Stufen wurden angelehnt an gängige

Klassifizierungen für Business Intelligence Systeme aus der Literatur [KBM10, Gl08c]. Die Echtzeitentscheidungsfähigkeit wird in die folgenden drei Stufen unterteilt:

- **Auf Zuruf:** die Daten werden nur auf Anfrage eines:r User:in generiert und anschließend bereitgestellt.
- **Regelmäßig:** Daten werden in regelmäßigen Zeitintervallen den User:innen bereitgestellt.
- **In Echtzeit:** die Daten werden nahezu simultan mit den physischen Prozess bereitgestellt.

Zusätzlich werden die SFM-Prozesse in analog oder digital unterschieden. Diese Unterscheidung ist maßgeblich, um die Latenzzeiten von Prozessen einzuordnen. Beispielsweise kann ein analoger Echtzeitprozess, gegenüber einem voll digitalisierten Prozess, eine sehr unbeständige Latenzzeit vorweisen. Der analoge Prozess wäre hier z.B. die Bereitstellung von Qualitätskennzahlen auf Papier durch Mitarbeiter:in XY. Die Latenzzeit ist hier maßgeblich abhängig von der Motivation und Disziplin des:der ausführende:n Mitarbeiter:in.

Die in den nächsten Kapiteln entwickelten Handlungsempfehlungen zielen darauf ab, das SFM weiter zu entwickeln. Ziel ist es, jeweils den höchsten Reifegrad zu erreichen. Um die Prozesse greifbar und nachvollziehbar zu gestalten, werden im Laufe des Projekts diverse User Stories entwickelt. User Stories sind Software-Features, welche aus der Sicht eine:r Endnutzer:in erstellt worden sind. Somit stellt hier die agile Softwareentwicklung den:der Endnutzer:in in den Mittelpunkt. Die in diesem Forschungsvorhaben genannten User Stories wurden innerhalb ausgewählter Expert:innen-Workshops entwickelt. User Stories wurden bewertet und nach ihrer Relevanz geordnet. Die relevantesten User Stories werden in dieser Arbeit berücksichtigt.

Zur Erhöhung des Industrie 4.0 Maturity Index oder der Echtzeitentscheidungsfähigkeit reicht es nicht aus, nur die technischen Anforderungen, wie Datenlatenz, zu beachten, sondern vor Allem auch organisatorische und mitarbeiterorientierte Anforderungen zu berücksichtigen. Anforderungen, sowie Gestaltungsprinzipien wurden in Expert:innen-Diskussionen mittels Kreativitätstechniken erörtert und zusammengefasst.

#### **4.1.2. Aktueller Stand SFM im Unternehmen**

Zunächst werden alle relevanten Kennzahlen, welche aktuell genutzt werden, durch Expert:innen-Interviews und Dokumentenanalyse ermittelt. Die ermittelten Kennzahlen werden in unterschiedlichen Bereichen und Hierarchieebenen genutzt, um den Ist-Zustand der Produktion oder produktionsnahen Bereichen abzufragen. Die betrachteten Kennzahlen werden genutzt, um Abweichungen zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Die Abbildung 4.3 zeigt die relevanten Kennzahlen, geclustert nach Kategorien, auf.

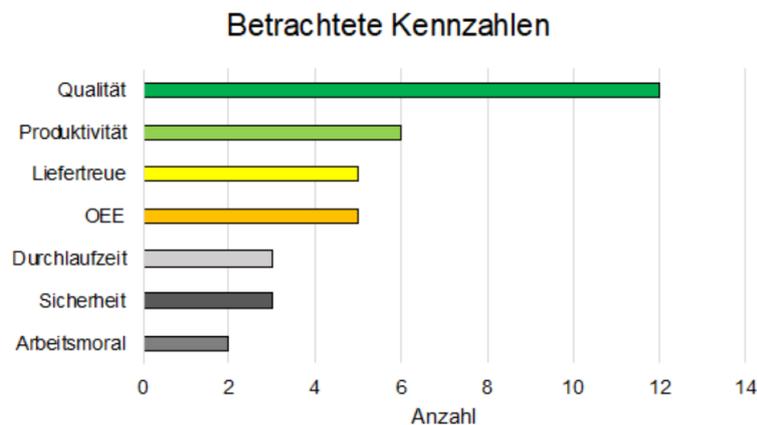


Abbildung 4.3.: Betrachtete Kennzahlen im Unternehmen; In Anlehnung an: [Su94]

In der Literatur werden Kennzahlen in den Kategorien Arbeitsmoral, Sicherheit, Liefertreue, Produktivität und Qualität unterschieden. [Su94] Erweitert werden die Kategorien durch OEE und Durchlaufzeit. Die Analyse der Dokumente und Expert:innenbefragungen haben ergeben, dass auch die Kategorien Gesamtanlageneffektivität (OEE) und Durchlaufzeit einen besonders hohen Stellenwert in der Luftfahrtlogistik haben. Dies lässt sich auf den hohen Wettbewerbsdruck in der Logistikbranche zurückführen.

Bei der Analyse der Kennzahlen fällt auf, dass vor Allem der Bereich der Qualität sehr stark ausgeprägt ist. Der Großteil der versendeten Packstücke beinhaltet Flugzeugbauteile, welche als sicherheitskritisch eingestuft werden. An vielen Punkten entlang des kompletten Reparaturkreislaufs werden daher Qualitätskennzahlen erhoben, um eine einwandfreie Qualität der Leistungen zu gewährleisten.

Auch ist zu erkennen, dass sich nur eine Kennzahl mit der Arbeitsmoral der Mitarbeiter:innen beschäftigt. Die Motivation der Mitarbeiter:innen ist hier in diesem Unternehmen nur sporadisch erfasst und spiegelt nicht den Leitgedanken des SFM, den Mitarbeiter:innen in den Mittelpunkt zu stellen, wider.

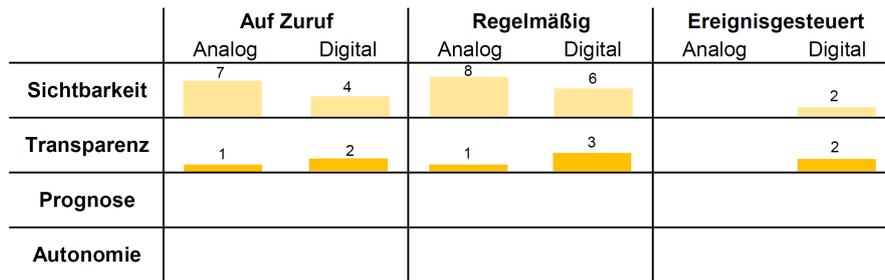


Abbildung 4.4.: Analyse der Kennzahlen nach Maturity Indizes; In Anlehnung an: [Su94, LM]

Die Abbildung 4.4 zeigt den Ist-Stand der Kennzahlen, welche im Folgenden genauer analysiert werden.

## Auf Zuruf

### Sichtbarkeit

Häufig werden Kennzahlen erst auf Zuruf ermittelt. Ziel ist es hier, Abweichungen gegenüber den Sollwerten zu erkennen. Die Darstellung erfolgt in 7 von 11 Fällen analog. Die analoge Darstellung dominiert in den unteren Hierarchie-Ebenen. Ein typisches Beispiel ist in den mehrmals täglichen, zu Schichtbeginn stattfindenden Shopfloor-Runden zu finden. Hier besprechen die jeweiligen Schichtleiter:innen Themen, wie z.B. Schichtbelegung, Auslastung oder Arbeitseinteilung. Die Daten werden dann mittels Magnete oder Stifte auf Whiteboards eingetragen. Auch werden viele Kennzahlen unregelmäßig, auf Zuruf ermittelt. Ein Beispiel hierfür sind die Scanquoten von besonders hoch priorisierten Packstücken. Diese Kennzahlen werden wiederum analog im Shopfloor-Raum erfasst und dann an das mittlere bzw. obere Management weitergeleitet. Für die Weiterverwendung werden diese Daten dann digital aufbereitet und z.B. als Power-Point Präsentation weiter genutzt.

### Transparenz

Im nächst höheren Reifegrad, der Transparenz, werden nicht nur mehr die Ist-Kennzahlen betrachtet, sondern auch die Ursachen der Abweichungen ermittelt. Ein Use Case ist hier die analoge Ursachenanalyse in den täglichen Shopfloor-Meetings. Bei Anfrage eines:r Kund:in aufgrund eines beschädigten Packstücks wird im Shopfloor-Raum, von dem:der Schichtleiter:in eine Ursachenanalyse am Shopfloor-Board eingeleitet. Jede:r Mitarbeiter:in hat hier die Chance, Ursachen und Maßnahmen zu benennen. Bei Bedarf wird die Ursachenanalyse auf das mittlere Management ausgeweitet. Hierbei findet dann eine Expert:innenrunde statt. Aufgrund der großen räumlichen Distanzen werden Methoden der Ursachenanalyse digital, z.B. über ein digitales Whiteboard in MS Teams, betrieben. Das Ziel in beiden Use-Cases ist es, Ursachen für erkannte Abweichungen zu erarbeiten und passende Maßnahmen zur Weiterverfolgung von Zielen zu ermitteln.

## **Regelmäßig**

### Sichtbarkeit

Der Großteil der Kennzahlen im betrachteten Unternehmen werden auf regelmäßiger Basis ermittelt. Die Ermittlung jener Kennzahlen ist auf fest definierte Meetings angepasst. So finden täglich (3x) jeweils zu Schichtbeginn sogenannte Shopfloor-Meetings statt. In diesen besprechen die Schichtleiter:innen mit den Mitarbeiter:innen der Fachabteilungen aktuelle Herausforderungen und ermitteln Key Performance Indicators wie z.B. die Auslastung der letzten Schicht und die aktuelle Schichtbelegung.

Zusätzlich findet einmal am Tag (Mo.-Fr.) um neun Uhr ein so genanntes Shopfloor Managementmeeting statt. In diesem besprechen Schichtleiter:innen, Produktionsingenieur:innen und Führungskräfte z.B. strategische Themen des letzten Tages, wichtige Kennzahlen wie Produktivität, Auslastung und bevorstehende Termine wie Auditierungen.

Sechs von 14 Kennzahlen werden auf dieser Ebene schon digital festgehalten. Die übrigen Kennzahlen werden noch analog ermittelt und auf das Shopfloor-Board eingetragen.

Im Weiteren finden auf wöchentlicher Basis Termine mit Stabsabteilungen statt und es werden so genannte Process Confirmation Walks abgehalten. Hierbei werden definierte Prozesse auf ihre Konformität, Effektivität und Effizienz hin überprüft. Die Ergebnisse werden dann zentral diskutiert. Die Ermittlung der hier benötigten Kennzahlen erfolgt digital.

Das übergeordnete Ziel ist hier, auf regelmäßiger Basis Einsichtsmöglichkeiten in Kennzahlen zu bieten, um daraus Abweichungen vom gewünschten Soll-Zustand festzustellen. So können Mitarbeiter:innen, Schichtleiter:innen und Führungskräfte des mittleren und oberen Managements eigenständig Abweichungen erkennen und im nächsten Schritt daraus Maßnahmen ableiten. Dieses Vorgehen fördert die Autonomie eines:r jeden Mitarbeiter:in.

### Transparenz

In den täglich stattfindenden Shopfloor-Runden werden Probleme und auch Problemgründe direkt am Shopfloor-Board besprochen. Zusätzlich werden hier Maßnahmen aus der Problemanalyse abgeleitet, um das zugrundeliegende Problem zu lösen.

Außerdem werden in den einmal täglich durchgeführten Shopfloor Managementrunden die Vorgesetzten (Teamleiter:in und Niederlassungsleiter:in) von den Produktionsingenieur:innen bezüglich Kennzahlen und Kennzahlentwicklungen informiert. Auch hier werden wiederum Maßnahmen zur Problemlösung erarbeitet.

Des Weiteren werden regelmäßig niederlassungsübergreifende Jour-Fixes mit Stabsabteilungen und Kundenunternehmen abgehalten. Diese dienen zum Abgleich von Kennzahlen und zur Ermittlung von Ursachen bei Abweichungen von Kennzahlen. In einer gemeinsamen Diskussion werden Maßnahmen zur Problemlösung ermittelt.

Die Mitarbeiter:innen einer jeder Hierarchieebene werden so in Ursachendiskussionen mit einbezogen. Die Shopfloor-typische Mitarbeiter:innen-Nähe wird so aufrechterhalten.

## **Ereignisgesteuert**

### Sichtbarkeit

Die Ermittlung von Kennzahlen findet in der Stufe Sichtbarkeit unabhängig von z.B. Shopfloor-Meetings statt. Der Anstoß zur Ermittlung von Kennzahlen wird in der Einstufung ereignisgesteuert von sogenannten Triggern ausgelöst. Zu dieser Einordnung in der Matrix vgl. Abb. 4.4 gibt es in dem zu betrachtenden Unternehmen zwei Use Cases.

Zur detailgenauen Wartungsplanung werden Verspätungen von Sendungen automatisch aktualisiert und in den entsprechenden Räumlichkeiten auf Monitoren dargestellt. Hier können Mitarbeiter:innen als auch Schicht- und Teamleiter:innen jederzeit folgende Parameter von Sendungen überwachen:

- Prozessschritt der Sendung.
- Priorisierungsstatus der Sendung.
- Zielort der Sendung.
- Verspätung der Sendung.

Bei jeder Änderung von mind. einer dieser Kennzahlen werden die Kennzahlen wie z.B. Liefertreue oder Gesamtverzugsdauer ermittelt.

Der zweite Use Case behandelt die Informationsbereitstellung der Anlagentechnik. Lagermitarbeiter:innen können mithilfe eines übergreifenden MES-Systems ständig Anlagen-Status, sowie die verarbeiteten Stückzahlen einsehen. Das IT-System sendet bei Überschreitung von definierten Störparameter auf Status Störung und übermittelt dies in Echtzeit an den:die zuständige:n Mitarbeiter:in. Der:Diese wird systemgestützt Handlungen einleiten, um den Störungsstatus zu beheben.

Alle hier aufgeführten Use Cases beziehen sich auf Prozesse zur Steuerung und Überwachung von Produktionsschritten, die zwischen Regelterminen stattfinden. Diese Anwendungsfälle sind sehr gut geeignet für eine (teil)autonome Steuerung, denn hier werden Abweichungen, die zwischen den Regelterminen auftreten, ad hoc erkannt und bearbeitet.

### Transparenz

Sofern die Ermittlung von Kennzahlen unabhängig von äußerlichen Einflüssen, wie z.B. Meetings oder Zurufen kommt, kann die Kennzahlenermittlung als ereignisgesteuert bezeichnet werden. Es ist üblich, ereignisgesteuerte Kennzahlen ständig zu aktualisieren oder mittels Trigger-Ereignissen Benachrichtigungen an berechnigte und betroffene Personen zu versenden.

Ein Use Case im betrachteten Unternehmen ist das Scannen einer Sendung im Wareneingang mit dem Status AOG (Aircraft On Ground). Dieser Begriff stammt aus der Luftfahrtbranche und bezeichnet ein flugunfähiges Flugzeug aufgrund eines technischen Defekts. Dieses Ereignis wird mit der höchsten Dringlichkeitsstufe bewertet, da hier ein großer wirtschaftlicher Verlust, aufgrund verlorener Flugzeit, eintreten kann.

Aufgrund dessen bekommen hier alle in dem Prozess beteiligte Personen beim Eintreffen einer solchen Sendung eine Benachrichtigung in Form einer Mail, SMS oder Pop-Up in einem luftfahrtspezifischen ERP-System (Enterprise Resource Planning).

Durch diese Prozesskette werden Latenzzeiten reduziert und Prozessschritte automatisiert. Damit diese Informationen optimal genutzt werden können, ist es obligatorisch, manifestierte Prozesse im Unternehmen zu verankern. Aktuell werden Benachrichtigungen, unabhängig der Rollenbefugnis, an Mitarbeiter:innen versendet. Somit werden keine konkreten Prozessschritte angebahnt. Eine direkte Anbahnung von Prozessschritten würde es ermöglichen, den Maturity-Index weiter zu steigern, hin zu Status Prognose oder Autonomie.

### **Zusammenfassung aktueller Stand Kennzahlen**

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Großteil der Prozesse noch in analoger Form erfasst werden. Zudem werden über 80% der Kennzahlen entweder auf Zuruf oder in regelmäßigen Intervallen erstellt. Nur ein kleiner Teil wird ressourcenschonend ereignisgesteuert erstellt.

Die Informationsbereitstellung erfolgt ausschließlich in den Stufen Sichtbarkeit und Transparenz. Die Stufen Autonomie und Prognose werden nicht genutzt.

Bei der Verteilung der betrachteten Kennzahlen zeigt sich eine Konzentration auf die quantitativen Bereiche Qualität, Produktivität und Liefertreue.

#### **4.1.3. Bewertung SFM-Kennzahlen**

Bei der Betrachtung der SFM-Kennzahlen im Unternehmen zeigen sich folgende Hauptprobleme:

- Ungleiche Verteilung von Kennzahlen in den unterschiedlichen Funktionsbereichen.
- Ungleiche Verteilung von Kennzahlentypen.
- Keine standardisierte Ermittlung und Definition von Kennzahlen.
- Erstellung von Kennzahlen ohne Weiterverwendung.

Bei den betrachteten operativen Kennzahlen handelt es sich um unternehmensspezifische Prozesse, die in diesem Forschungsvorhaben nicht einzeln analysiert werden.

Stattdessen werden im Folgenden Kriterien aufgelistet, die die oben angeführten Probleme lösen können: [LM]

- **Wirtschaftlichkeit:** Beurteilung der Kennzahl nach dem Kosten/Nutzen-Verhältnis.
- **Manipulationsfreiheit:** Bei diesem Kriterium stellt sich die Frage, ob eine Kennzahl nur so verändert wird, sodass es stets für Dritte nachverfolgbar ist.
- **Reliabilität:** Hier wird die Zuverlässigkeit einer Kennzahl überprüft. Eine wiederholte Messung sollte zum selben Ergebnis führen.
- **Validität:** Dieses Kriterium beschreibt, ob wirklich das gemessen wird, was gemessen werden soll.
- **Objektivität:** Wird eine Kennzahl anhand von objektiven Kriterien ermittelt und ist für Dritte jederzeit nachvollziehbar?
- **Standardisierbarkeit:** Kann eine Kennzahl anhand einer standardisierten Anweisung immer gleich erstellt werden?
- **Beeinflussbarkeit:** Können Kennzahlen überhaupt durch eine Änderung von Rahmenbedingungen beeinflusst werden?

Werden diese sieben Kriterien bei der Definition von Kennzahlen stets eingehalten, kann der Nutzen von KPIs gesteigert werden.

## 4.2. Bewertung Shopfloor Management

Die im vorherigen Kapitel betrachteten Kennzahlen werden von Mitarbeiter:innen oder von Computersystemen erstellt und sind zur Durchführung eines erfolgreichen Shopfloor Managements obligatorisch. Im betrachteten Unternehmen werden als Reaktion auf Abweichungen Maßnahmen definiert.

Die Erfassung von Kennzahlen ist geprägt von meist analogen Prozessen, die entweder auf Zuruf oder in regelmäßigen Intervallen erstellt werden. Bei einer Abweichung erfolgt die Definition einer Maßnahme. Diese Maßnahmen werden in Papierform im Shopfloor-Raum niedergeschrieben. Im Falle einer Eskalation zu einer höheren Eskalationsstufe werden die handschriftlichen Maßnahmen in eine MS-Excel Datei abgeschrieben. So kommt es hier zu einer mehrfachen, fehlerträchtigen Erfassung von Kennzahlen und Maßnahmen. Im Falle der Eskalation von Maßnahmen werden die abgeschriebenen Notizen per Mail versendet oder mündlich übertragen. Die betroffene Maßnahme wird dann ganz oben im Shopfloor-Raster aufgehängt. Die Maßnahmen bleiben solange hängen, bis eine Realisierung stattgefunden hat.

Leider findet eine Aktualisierung der Maßnahmen nur sporadisch und manuell statt. Auch eine Priorisierung der Maßnahmen findet nur in Ausnahmefällen statt.

Zusammenfassend lassen sich die Hauptprobleme im Shopfloor Management des zu betrachtenden Unternehmens wie folgt beschreiben:

- Die Erfassung von Kennzahlen erfolgt in der Regel **analog** auf Zuruf oder nur zu **bestimmten Ereignissen**.
- Definierte Maßnahmen werden nur erfasst, aber **nicht aktiv** weiterentwickelt.
- Es findet keine **Priorisierung** der Maßnahmen statt.
- Die Erfassung in unterschiedlichen Systemen führt zu **Medienbrüchen** und schlussendlich zu **Informationsverlust**.
- Verantwortlichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen sind nur schwer nachzuverfolgen. Es existiert keine **automatische Benachrichtigung** bei Änderungen.
- Es findet keine **einheitliche Visualisierung** statt. Teils werden hierfür MS-Excel Vorlagen oder handschriftliche Diagramme verwendet.
- Die Berechnung und Visualisierung von Kennzahlen zeigt eine **hohe Varianz** in Abhängigkeit von der auszuführenden Person auf.

## 4.3. Potentiale & Entwicklungsmöglichkeiten

### 4.3.1. Potentiale

Es werden nun Potentiale und Funktionserweiterungen für die Nutzung der Kennzahlen im Bereich SFM entwickelt. Die vorherige Untersuchung hat hervorgebracht, dass einige Kennzahlenprozesse in Echtzeit erfolgen, wohingegen andere auf Zuruf oder periodisch ermittelt werden. Im Allgemeinen zeigt sich eine Entwicklung in Richtung der Echtzeitentscheidungsfindung. Daher werden im folgenden Abschnitt die resultierenden Potentiale aus der Echtzeitentscheidungsfähigkeit erklärt.

Der größte Vorteil aus der **Echtzeitentscheidungsfähigkeit** zeigt sich durch die Verringerung der benötigten Reaktionszeiten. Diese Zeit bezieht sich auf die Differenz zwischen Auftreten eines Ereignisses und der Reaktion auf das Ereignis. Eine Echtzeitentscheidungsmöglichkeit sollte nur dann angestrebt werden, wenn diese Kennzahl auch direkt in Echtzeit genutzt werden kann. Es ist nicht vorteilhaft, eine Kennzahl in Echtzeit zu ermitteln, aber die Beteiligten nur einmal pro Woche zu benachrichtigen und informieren. Eine solch hohe Datenverfügbarkeit ist nur dann gerechtfertigt, wenn der:die Verantwortliche:r mit den richtigen Befugnissen zeitnah Benachrichtigungen erhält und daraufhin direkt Entscheidungen, anhand der Kennzahlen, treffen kann.

<b>Echtzeitentscheidungsfähigkeit</b>	<b>Digitalisierung und Automatisierung</b>	<b>Arbeitszuteilung und Ressourcensteuerung</b>
Reduzierung Reaktionszeit	Gesteigerte Datenqualität	Kurzfristige Anpassungen möglich
Direkte Handlungsfähigkeit	Gesteigerte Datenverfügbarkeit	Transparenz von Prozessen
	Reduzierung Erstellungsaufwand	
	Hoher Standardisierungsgrad	

Tabelle 4.1.: Übersicht Optimierungspotentiale; Quelle: eigene Darstellung

Bei vielen Prozessen könnte bereits ein Vorteil erzielt werden, wenn diese digital und automatisiert ermittelt werden würden. Damit würde der Erstellungsaufwand gesenkt und der Nutzen und Korrektheit der Kennzahlen gesteigert werden.

Durch Echtzeitdaten können im Bereich des Abweichungsmanagement direkt Maßnahmen definiert und eingeleitet werden.

Auch im Bereich der **Arbeitszuteilung** und **Ressourcensteuerung** lassen sich durch Echtzeitdaten Vorteile erzielen. Kurzfristige Ausfälle oder Anpassungen von Maschinen oder Personal könnten zwischen den Shopfloor-Meetings durchgeführt und dokumentiert werden. Aktuell werden kurzfristige Anpassungen nicht oder erst bei dem nächsten Shopfloor-Meeting dokumentiert. Durch den Einsatz von **Echtzeitdaten** kann hier ein vollständig transparenter Prozess entstehen.

Die **Automatisierung** und **Digitalisierung** von Prozessen können erhebliche Verbesserungspotentiale erzielen. Es kann hier der Erfassungsaufwand reduziert und der Weg für die Nutzung von Echtzeitdaten geebnet werden. Digitalisierung von Prozessen beschreibt Prozesse, die mithilfe von menschlicher Interaktion ablaufen, aber durch digitale Teilprozesse unterstützt werden. So können Prozesse zeit- und ortsunabhängig abgerufen werden. So können Schichtleiter:innen beispielsweise die aktuellen Kennzahlen direkt an ihrem Dienst-Handy einsehen und müssen nicht mehr den Weg in den Shopfloor-Raum in Kauf nehmen. Durch diesen Vorteil kann auch das eigentliche Ziel des SFM das Führen vor Ort verbessert werden [Pe09]. Denn so können Führungskräfte ortsunabhängig agieren und können direkt am Ort der Wertschöpfung mit den direkt Betroffenen Entscheidungen anhand von Kennzahlen treffen.

Ein weiterer wichtiger Vorteil der Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen besteht in der Reduzierung des Zeitaufwands der Mitarbeiter:innen. Wie die vorhergehende Analyse zeigt, weisen viele Prozesse einen hohen analogen Anteil auf. Oftmals werden hier zeitaufwendig versucht, analoge Inhalte manuell zu digitalisieren. Durch die Einsparung dieser Prozesszeiten können Kosten gesenkt werden. Außerdem wird eine webbasierte Nutzung einer papierbasierten Nutzung vorgezogen, da hier ein simultane Bearbeitung von mehreren Benutzern ermöglicht wird. Eine vollständige Prozessautomatisierung findet statt, wenn Prozesse ohne menschliches Eingreifen von IT-Systemen durchgeführt werden. Hierdurch werden Aufwände in den Bereichen Datenerfassung, -auswertung und -interpretation reduziert, da sie automatisiert von Informationssystemen ausgeführt werden. Zusätzlich ist die Datenqualität und -verfügbarkeit, unabhängig der Teilnahme an Meetings, gewährleistet.

Die Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die erarbeiteten Optimierungspotentiale im Bereich des Shopfloor Managements im untersuchten Unternehmen.

### **4.3.2. Weiterentwicklungsmöglichkeiten**

In den oberen Kapiteln wurden User Stories aus unterschiedlichen Bereichen den Industrie 4.0 Reifegraden zugeordnet. Eine Weiterentwicklung des Shopfloor Management hinsichtlich Digitalisierung ist wünschenswert, sollte aber nicht den alleinigen Fokus der Weiterentwicklung darstellen. Für eine langfristige Weiterentwicklung des Shopfloor Managements sollten auch die Industrie 4.0 Reifegrade gesteigert werden. Laut dem Industrie 4.0 Framework folgt auf die Stufe Transparenz, die Prognose, vgl. Abbildung 3.3.

Zur Entwicklung von entsprechenden User-Stories wurden in mehreren Expert:innen-Workshops Weiterentwicklungspotentiale analysiert und ausgewählt. Alle ausgewählten User-Stories können dem Industrie 4.0 Reifegrad Prognose zugeordnet werden. Das Ergebnis sind folgende User-Stories:

#### **Prognose von Kennzahlen am SFM-Board**

Der:Die Schichtleiter:in, Produktionsingenieur:in oder Teamleiter:in kann jederzeit auf dem digitalen Shopfloor-Board eine Echtzeitprognose von Kennzahlen einsehen, gegebenenfalls Abweichungen erkennen und entsprechende Maßnahmen einleiten. Mithilfe der Echtzeit-Analyse werden Verzögerungen eliminiert und permanente Datenverfügbarkeit gewährleistet.

#### **Benachrichtigung bei Abweichung von Prognosewerten**

Die Schichtleiter:innen bekommen bei einer Abweichung der Prognosewerte vom Soll-Zustand eine Benachrichtigung per SMS und/oder MS-Teams Nachricht. So können zeitnah Maßnahmen eingeleitet werden und es muss nicht die nächste SFM-Runde abgewartet werden, um eine Abweichung zu erkennen.

#### **Personalanalyse**

Mithilfe der Prognose-Kennzahlen im Bereich der Produktion lassen sich die benötigten Personal-Ressourcen vorhersagen. Dadurch kann die Personalplanung automatisiert und standardisiert werden. Der:Die Schichtleiter:in bekommt im Personalplanungstool WorkforcePlus einen Schichtbelegungsvorschlag generiert, der direkt übernommen oder abgeändert werden kann. So wird der hohe Zeitaufwand bei der manuellen Erstellung der Schichtpläne reduziert. Auch können so die Personalressourcen besser an das Produktionsvolumen angepasst werden und Personalengpässe früher erkannt werden, im Vergleich zum manuellen Schichtplanungsprozesses.

#### **Nutzung von Echtzeitdaten zur Produktionsoptimierung**

Die Mitarbeiter:innen können hier durch interaktive Dashboards direkt Kennzahlen wie z.B. Durchlaufzeit oder Auslastung Wareneingang einsehen. Die Bedienung erfolgt mithilfe eines Touchscreens, die in den unterschiedlichen Funktionsbereichen angebracht sind. Durch einfache Navigation können nur die für den jeweiligen Funktionsbereich relevanten Kennzahlen genauer betrachtet werden. Zusätzlich können Mitarbeiter:innen mit mobilen Handhelds direkt relevante Kennzahlen abrufen und Arbeitsaufträge abnehmen. Somit können die MitarbeiterInnen direkt den Einfluss ihrer Arbeit nachvollziehen.

Auch wird es Ihnen ermöglicht, Arbeitsaufträge aus einem Arbeitsvorrat mittels Handheld anzunehmen. So werden Aufträge direkt einem:r Verantwortlichen:r zugewiesen und abgearbeitet.

Mithilfe der Anhebung des Industrie 4.0 Reifegrads können Optimierungspotentiale realisiert werden. Durch eine schnelle und zeitnahe Erkennung von Abweichungen können hier schneller Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Im Best-Case wird das Problem vom System bereits prognostiziert und kann behoben werden bevor Auswirkungen eintreten. Als Ergebnisse sehen wir Prozesse mit einer gesteigerten Effizienz. [LM]

Durch die Bereitstellung von Informationen werden Prozesse transparenter. Somit kann das Verständnis für die Ursachen von Problemen gesteigert werden. Mithilfe des nun erlangten Wissens können Probleme mit den richtigen Maßnahmen behandelt werden. Auch können Verantwortlichkeiten innerhalb von Arbeitsprozessen trennscharf festgelegt werden. Diese Entwicklung steigert die Effektivität von Prozessen. [LM]

Die nachfolgende Tabelle 4.2 zeigt die Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch Steigerung des Industrie-Reifegrades auf.

<b>Effektivität</b>	<b>Effizienz</b>
Fundierte Entscheidungsbasis	Zeitnahes Erkennen von Abweichungen
Gesteigerte Transparenz	Kürzere Reaktionszeiten
Klare Verantwortlichkeiten	
Erhöhte Nachverfolgbarkeit	

Tabelle 4.2.: Vorteile durch Steigerung des Industrie 4.0 Reifegrades; In Anlehnung an [LM]

## 4.4. Handlungsempfehlungen SFM

### 4.4.1. Anforderungen

Aus der Ist-Analyse des SFM im betrachteten Unternehmen, der Betrachtung von Optimierungspotentialen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten lassen sich Handlungsempfehlungen ableiten. Aufgrund der hohen Interdisziplinarität des Shopfloor Managements macht es Sinn, die Handlungsempfehlungen in die Felder **Mitarbeiter**, **Technik** und **Organisation** einzuordnen [LM].

Zur Umsetzung eines digitalen Shopfloor Managements müssen unterschiedliche **technische Anforderungen** erfüllt werden.

Im ersten Schritt muss der Produktionsbereich mit Hardware ausgestattet werden. Je nach Einsatzgebiet bieten sich Touchscreen-Whiteboards, Handhelds, Tablets und Bildschirme an. Auch die Nutzung von persönlichen Handhelds oder Mobiltelefonen kann, je nach Use-Case, sinnvoll sein. Produktionsmaschinen müssen mit entsprechender Sensorik ausgestattet

werden. Nur so können Echtzeitdaten direkt erfasst werden. Auf der IT-Systemarchitektur Ebene müssen die verschiedenen IT-Systeme mithilfe von Schnittstellen Daten austauschen können. Eine vertikale Systemkommunikation zwischen z.B. der Fertigungsmaschine und dem ERP-System kann so gewährleistet werden. Zur Ermöglichung der Kommunikation muss sichergestellt werden, dass alle Kontaktpunkte des Systems mit Breitband-Internet versorgt werden können. Für Knoten, die nicht mit Ethernet versorgt werden können, bietet sich der flächendeckende Einsatz von Wireless Lan an. Auch hier empfiehlt sich eine Analyse der Abdeckung mit kabellosem Internet, damit Störfaktoren erkannt und umgangen werden.

Zur Erkennung von Abweichungen ist es essenziell, dass Stammdaten korrekt hinterlegt sind. Die Stammdaten stellen hier jeweils den Soll-Zustand dar und müssen deshalb sorgfältig gepflegt werden.

Zusätzlich verlangt der Einsatz von Prognosewerten Predictive- und Data-Analytic-Techniken, dafür müssen entsprechende Datenbanken und IT-Systeme implementiert werden.

Die Einführung eines digitalen SFM bringt erweiterte **Anforderungen** an die **Mitarbeiter:innen** mit sich. Die Mitarbeiter:innen werden mehr Eigenverantwortung übernehmen müssen und nicht nur Anweisungen befolgen. Die Entscheidungsgewalt verlagert sich vom Zentralen zum Dezentralen. Durch diese Verschiebung können Entscheidungen schneller getroffen werden. Diese Ausweitung der Befugnisse kann nur mit ausreichender Erweiterung der Mitarbeiter:innen-Qualifikationen einhergehen. Auch Führungskräfte müssen sich dessen bewusst sein und ein Verständnis dafür entwickeln. [LM]

Im Weiteren müssen die Mitarbeiter:innen sicher mit den neuen Hardware- und Software-Tools umgehen können. Hierfür sind wiederum Schulungen und Testläufe notwendig.

Eine der wichtigsten Voraussetzung für die Umsetzung von Veränderung ist die Bereitschaft zur Veränderung der Mitarbeiter:innen, die zu gewährleisten ist. Hier bietet es sich an, die Mitarbeiter:innen möglichst früh in Entscheidungs- und Testprozesse mit einzubeziehen und so ein Gefühl der Verantwortung und Mitbestimmung zu erzeugen.

Eine Veränderung der bestehenden SFM-Strukturen bewirkt eine Veränderung der kompletten Organisationsstruktur, somit müssen hier auch **organisatorische Anforderungen** definiert werden. Wie bereits im Absatz mitarbeiter:innenbezogene Anforderungen erwähnt, führt eine digitale Transformation des Shopfloor Managements dazu, dass klassische starre Organisationsformen an ihre Grenzen stoßen. Zur Umsetzung der digitalen Transformation ist es notwendig, den Mitarbeiter:innen mehr Verantwortung, im Besonderen Eigenverantwortung einzuräumen. Ein:e Mitarbeiter:in muss mithilfe von Echtzeitdaten direkt am Ort der Wertschöpfung Entscheidungen treffen können und dürfen. Es ist nicht sinnvoll, dass diese:r Mitarbeiter:in erst die Führungskraft konsultieren muss, bevor sie eine Entscheidung treffen darf.

Aus diesem Grund ist es ratsam, die aktuelle Organisationsform kritisch zu prüfen und die Entwicklung hin zu einer Soziokratie anzustreben. [LM]

#### 4.4.2. Gestaltungsprinzipien

Die Einführung eines digitalen SFM erfordert eine Veränderung von klassischen starren Steuerungsprozessen. In diesen Absatz werden nun diverse Gestaltungsprinzipien aufgezeigt, die eine positive Implementierung des digitalen SFM ermöglichen.

Die **Führung am Ort der Wertschöpfung** ist eine der wichtigsten Erfolgsfaktoren des Shopfloor Managements. Führungskräfte sollen Entscheidungen da treffen, wo auch die Probleme anfallen. Die Mitarbeiter:innen wollen sehen, dass ihre Anliegen direkt vor Ort behandelt werden und nicht in einem nicht einsehbaren Büro vor einem Bildschirm. [Pe09] Ein digitales Shopfloor Management darf dieses Prinzip nicht außer Acht lassen. Daher heißt hier eine Digitalisierung des SFM nicht ein Verzicht auf Vor-Ort-Termine, sondern eine Unterstützung der Besprechungen durch digitale Hardware und Tools. Die direkte, synchrone Kommunikation in den SFM-Meetings darf keineswegs durch indirekte, asynchrone Kommunikationsmedien, wie E-Mails ersetzt werden. In fast allen Diskussionsrunden und Expert:innen-Interviews wurde dieser Punkt als einer der wichtigsten Themenfelder genannt. Es ist hier wichtig den Mitarbeiter:innen die Angst vor Digitalisierung und Kommunikationsverlust zu nehmen. Daher ist die Durchführung von SFM-Meetings in Präsenz Pflicht, eine Unterstützung durch Digitalisierung kann diesen Prozess jedoch effektiver und effizienter gestalten.

Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor ist die Stärkung der **Eigenverantwortlichkeit der Mitarbeiter:innen**. Nur wenn alle Mitarbeiter:innen ein Interesse an einer Weiterentwicklung und Verbesserung des Unternehmens haben, kann eine ständige Verbesserung erreicht werden. Auch in der Analyse der Mitarbeiter:innen-Interviews zeigen sich hier eine Häufung der Anliegen in diesem Themenbereich. Viele Mitarbeiter:innen möchten gerne mehr zur Problemlösung beitragen, da sie direkt die Probleme vor Ort sehen und aus Anwendersicht berichten können. Einige wünschen sich auch die Einführung eines Ideenmanagement-Systems.

Somit muss das digitale SFM die Mitarbeiter:innen zwingend intensiv einbinden. Durch die Digitalisierung erweitern sich die Einbindungsmöglichkeiten der Mitarbeiter:innen. Die Nutzung von mobilen Endgeräten, Benachrichtigungen, interaktive Applikationen, Echtzeitdaten und digitale Shopfloor-Boards bieten ihnen mannigfaltige Informations- und Entscheidungsmöglichkeiten. Auch können über mobile Endgeräte ein Ideenmanagement-Tool angesteuert werden. So können die Mitarbeiter:innen proaktiv Verbesserungsvorschläge einbringen. Eine mögliche Incentivierung der besten und umgesetzten Ideen kann hier vorteilhaft sein.

Eine weitere wichtige Säule des SFM ist die anschauliche **Visualisierung** von Daten. Dieser Punkt wurde in den Expert:innen-Interviews hauptsächlich von den Führungskräften aufgegriffen. Wichtig war den Befragten, schnell und einfach einen Überblick über fremde Themen zu erlangen. Das war für sie eine der größten Vorteile des übersichtlichen analogen Shopfloor Boards.

So sollte auch bei der Implementierung eines digitalen Shopfloor Managements eine übersichtliche Shopfloor-Ansicht auf digitalen Bildschirmen ermöglicht werden.

Wichtig war ihnen die Automatisierung von Kennzahlen, damit Fehler bei der manuellen Erfassung oder gar eine Nichterfassung von Daten ausgeschlossen wird. Diese Problematik lässt sich durch die Digitalisierung sehr gut begegnen. So können hier automatisiert, im Hintergrund die Daten in definierten Abständen aktualisiert werden und mittels BI-Tools anschaulich auf digitalen Shopfloor Boards dargestellt werden. Auch lassen sich durch eine interaktive Steuerung des Shopfloor-Boards weitere, auf Funktionsbereiche zugeschnittene, Berichtsansichten definieren.

## 4.5. Einfluss Echtzeit-Analyse

Zur Prüfung der Anwendbarkeit und Wirksamkeit von Echtzeitdaten wird im handelnden Unternehmen ein Feldexperiment durchgeführt. Für das Experiment wird der Standardprozess Wareneingang betrachtet. Der Prozess kann im Anhang A.2.1. eingesehen werden.

### 4.5.1. Ziel des Experiments

Das Ziel des Experiments ist es, qualitative und quantitative Aussagen über den Einsatz von Echtzeitdaten zu gewinnen. Dabei werden folgende, in Tabelle 4.3 dargestellten, Kennzahlen ermittelt:

	Quantitativ			Qualitativ		
Bezeichnung	DLZ	Fehler	Status Arbeitsvorrat	Stress	Einteilung der Arbeit	Motivation
Messeinheit	Minuten	Anzahl	Anzahl	Likert-Skala (1-6)	Likert-Skala (1-6)	Likert-Skala (1-6)
Quelle	ERP	ERP	ERP	Fragebogen	Fragebogen	Fragebogen

Tabelle 4.3.: Im Experiment betrachtete Kennzahlen; Quelle: eigene Darstellung

Die Verwendung beider Betrachtungsdimensionen, quantitativ und qualitativ, ermöglicht eine umfassende Analyse des Experiments.

### 4.5.2. Experimentdesign

Zur Abbildung des Experiments ist es notwendig, eine Mitarbeiter:innen-Auswahl vorzunehmen. Für eine erfolgreiche Prozessdurchführung sind drei Mitarbeiter:innen notwendig. Um die verschiedenen Erfahrungstufen in dem Experiment abzubilden, werden jeweils Mitarbeiter:innen mit hohen, mittleren und geringen Erfahrungswerten in diesem Prozess eingesetzt. So wurden jeweils 3x3 Mitarbeiter:innen-Gruppierungen nach den oben genannten Kriterien ausgewählt.

Die Durchlaufsdauer ist auf vier Stunden (08:00 Uhr - 12:00 Uhr) begrenzt, da hier eine relativ konstante Menge an Wareneingangssendungen angeliefert wird. Somit ist das Warenvolumen und -taktung an den unterschiedlichen Experimenttagen ähnlich. Jede Mitarbeiter:innen-Gruppe führt den Prozess einmal mit und einmal ohne Unterstützung von Echtzeitdaten durch. Die Experimentendurchführung pro Gruppe ist maximal einmal am Tag möglich, um so eine Beeinflussung (Bias) zu vermeiden. In Summe gibt es pro Gruppe jeweils einen Durchlauf, insgesamt ergeben sich so bei drei Gruppen neun Durchläufe.

Bei der Auswahl der Mitarbeiter:innen wurde darauf geachtet, die unterschiedlichen Erfahrungswerte und Präferenzen gegenüber Digitalisierungs-Maßnahmen zu berücksichtigen. Eine Testgruppe besteht aus drei Teilnehmer:innen mit folgenden Erfahrungsstufen:

- Ein:e Sachbearbeiter:in (Erfahrung hoch)
- Ein:e Fachkraft (Erfahrung mittel)
- Ein:e Fachkraft (Erfahrung gering)

### 4.5.3. Unterstützung durch Echtzeitdaten

Der Ist-Prozess erfolgt ohne jegliche Echtzeitdatenunterstützung. Dahingegen wird im Experiment den Mitarbeiter:innen Echtzeitdaten zur Verfügung gestellt. Diese Echtzeitdaten werden den Mitarbeiter:innen auf Monitoren an den Arbeitsstationen anschaulich als Dashboard zur Verfügung gestellt, siehe Abbildung 4.5. Das Mitarbeiter:innen-Dashboard wird alle 15 Sekunden aktualisiert und bietet den Mitarbeiter:innen somit eine zeitnahe Rückmeldung zum Prozess-Stand. Das Design des Dashboards wurde zusammen mit Lagermitarbeiter:innen und Fach- und Führungskräften in einem Workshop interdisziplinär mithilfe von Brainstorming-Methoden ermittelt.

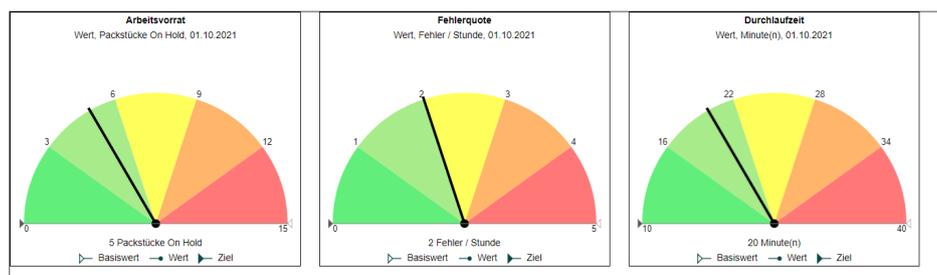


Abbildung 4.5.: Mitarbeiter:innen-Dashboard im Experiment; Quelle: eigene Darstellung

Zusätzlich erhalten die Mitarbeiter:innen im Rahmen des Experiments Handhelds. Auf diesen Handhelds wird der SAP4 HANA Auftragsabarbeitungsdialog angezeigt. Auf die technischen Details der Hardware wird hier nicht weiter eingegangen. Auf dem Handheld können die Mitarbeiter:innen Aufträge annehmen und abarbeiten. Somit ist eine klare, abgegrenzte Arbeitszuweisung sichergestellt. Auch können die Mitarbeiter:innen hier die Priorität der Aufträge einsehen und so die Arbeitseinteilung prioritätsorientiert gestalten.

Die in Abbildung 4.6 dargestellte Applikation wurde interdisziplinär in einem SAP-Fiori Workshop erstellt. Eine kurze Einweisung der Mitarbeiter:innen erfolgte vor dem Experiment.

	Seriennummer	Artikelname	Wegpunkt		Spät. Zeitp.	Priorisierung	Status
			Von	Nach			
<input checked="" type="checkbox"/>	AX34598ZZ	REAR FIRE EXT.	IHO	LuSi	22.08.2021 12:37	AOG	O
	AV3454JKI	MED KIT	LuSi	Z2	22.08.2021 13:01	2	C
	BN1097IOL	OXY KIT	LuSi	Z3	22.08.2021 14:37	2	P
<input type="checkbox"/>	UZ1029PLK	HEAD LENSER	Z2	AS	22.08.2021 15:21	1	O

Abbildung 4.6.: SAP-Dashboard im Experiment; Quelle: eigene Darstellung

#### 4.5.4. Ermittlung der Kennzahlen

**Quantitative Kennzahlen** werden mithilfe des ERP-Systems SAP 4 HANA ermittelt. Alle Aufträge im Wareneingang werden auf Packstückebene erfasst und an jeder Arbeitsstation eingescannt, somit wird bei jedem Arbeitsschritt ein Zeitstempel gesetzt. Die Ermittlung der Durchlaufzeit, Anzahl der Buchungsfehler und die durchschnittliche Anzahl der Aufträge im Arbeitsvorrat können so ERP-seitig auf Auftragebene ausgewertet werden.

**Qualitative Kennzahlen** werden mithilfe von Fragebögen, welche direkt nach dem Experiment anonym auszufüllen sind, ermittelt. Die Antwortmöglichkeiten schließen den Zahlenbereich 1 - 6 ein, angelehnt an die Likert-Skala. Die Auswahl fiel auf eine gerade Anzahl an Skalenelemente, um eine Mittelkategorie zu vermeiden und so vermehrt Tendenzen bei den Teilnehmer:innen zu erkennen. Der Fragebogen ist im Anhang A.1.2 zu finden.

#### 4.5.5. Auswertung

Um einen ersten Überblick über die Daten zu erhalten werden Boxplots erstellt. Die Abbildung 4.7 zeigt einen Überblick über die Gesamtheit der Boxplots des Experiments.

Nach der Durchführung des Experimentes wurden die ermittelten Daten aus dem ERP-System und den Fragebögen in MS Excel Sheets eingetragen. Die Analyse der Auswertung erfolgt mithilfe von statistischen Tests. Dazu werden zuerst die Hypothesen-Paare wie folgt definiert:

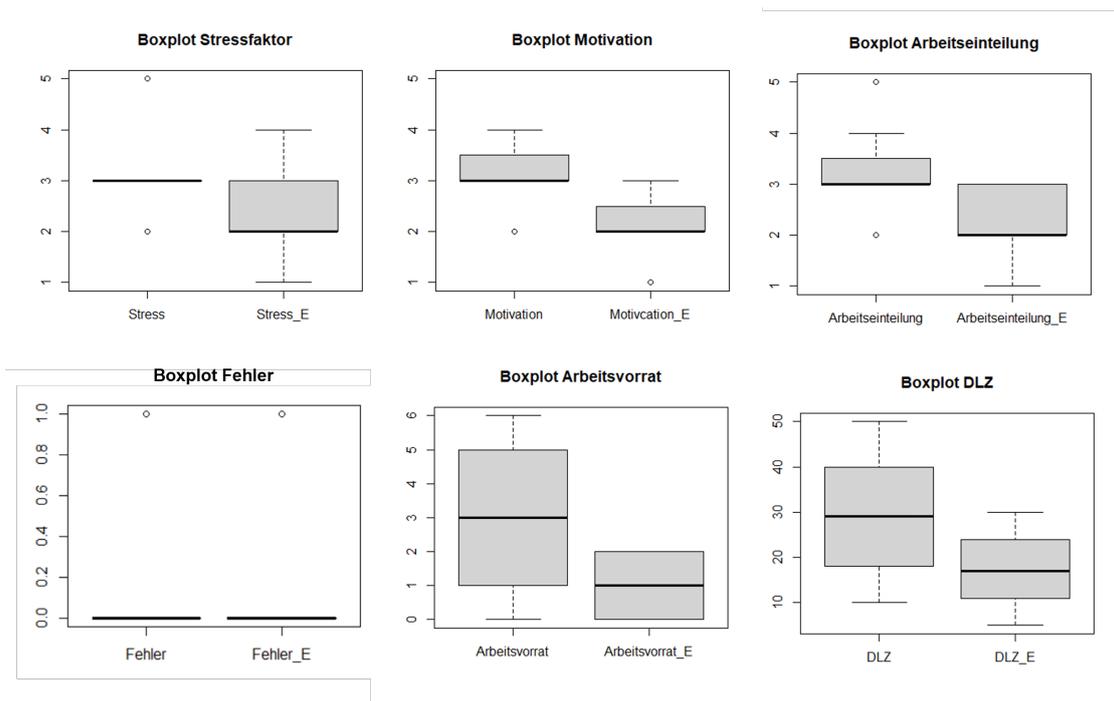


Abbildung 4.7.: Boxplots Experiment; Quelle: eigene Darstellung

**DLZ:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte der DLZ ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte der DLZ ist signifikant

**Fehler:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Fehleranzahl ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Fehleranzahl ist signifikant

**Arbeitsvorrat:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte des Arbeitsvorrats ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte des Arbeitsvorrats ist signifikant

**Stress:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte des Stress ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte des Stress ist signifikant

**Arbeitseinteilung:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Arbeitseinteilung ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Arbeitseinteilung ist signifikant

**Motivation:**

$H_0$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Motivation ist nicht signifikant

$H_1$  : Der Unterschied der Mittelwerte der Motivation ist signifikant

Im nächsten Schritt wird ermittelt, ob bei den vorliegenden Daten Normalverteilung vorliegt. Dieser Schritt ist zur Auswahl des geeigneten statistischen Tests notwendig. Die Prüfung auf Normalverteilung ist durch Betrachten der jeweiligen Histogramme möglich. Die Abbildung 4.8 zeigt Beispiele aus der Literatur für normal bzw. nicht-normal-verteilte Daten.

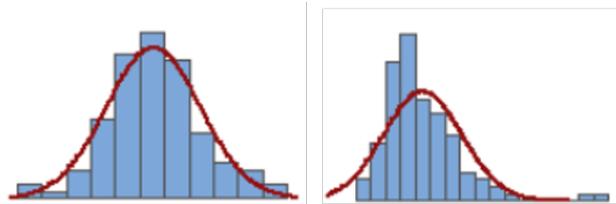


Abbildung 4.8.: Vergleich normalverteilte Daten (links), nicht-normalverteilte Daten (rechts); Quelle: [Mi]

Im Folgenden werden nun die Histogramme der einzelnen Kennzahlen auf Normalverteilung hin überprüft. Die Abbildung 4.9 zeigt einen Überblick über die erstellten Histogramme.

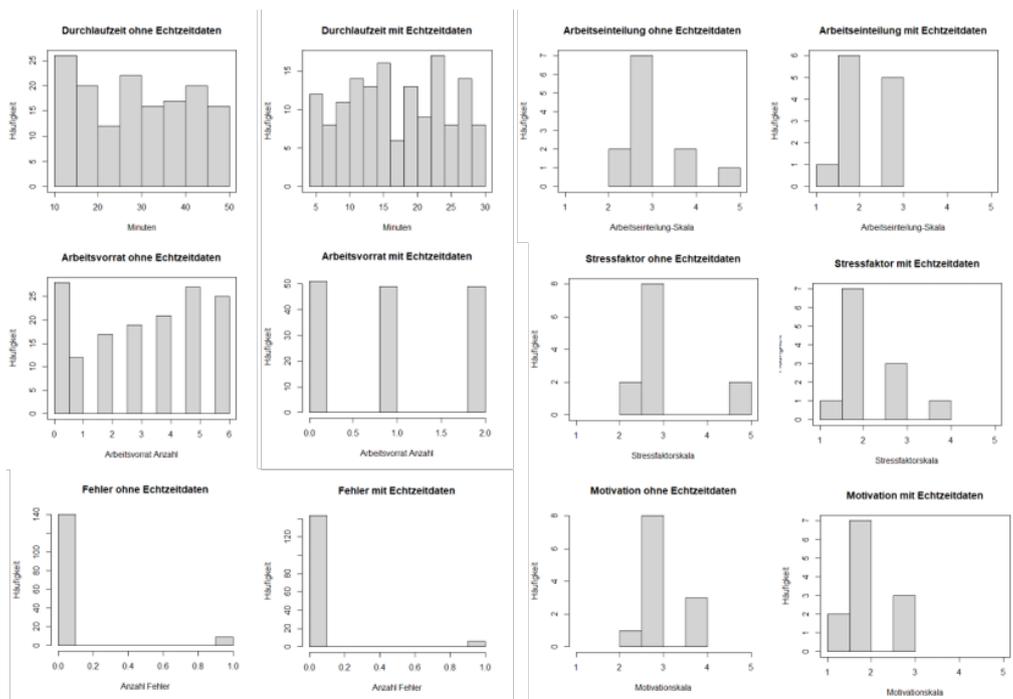


Abbildung 4.9.: Histogramme des Experiments; Quelle: Eigene Darstellung

Bei Betrachtung der Abbildung 4.9 fällt auf, dass nicht bei allen Histogrammen von einer Normalverteilung ausgegangen werden kann. Somit sind einige statistische Tests hier nicht mehr anwendbar. Damit fällt die Wahl auf den U-Test, auch Wilcoxon-Mann-Whitney-Test genannt. Zur Durchführung dieses Tests müssen folgende Anforderungen erfüllt sein [EGS15]:

- Unabhängigkeit der Messungen.
- Unabhängige Variable ist nominal skaliert und hat zwei Ausprägungen.

- Abhängige Variable ist mindestens ordinal skaliert.
- Die Verteilungsform der Kurven ist in etwa gleich.

Alle Bedingungen können hier als erfüllt gekennzeichnet werden. Somit wird in diesem Experiment der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test zur Testentscheidung durchgeführt.

#### 4.5.6. Berechnung der Teststatistik

Der Mann-Whitney-U-Test basiert auf der Rangordnung der Daten. Das heißt die einzelnen Messwerte werden durch Ränge ersetzt, mit denen der Test durchgeführt wird. Die Berechnung der Teststatistiken  $U_1$  und  $U_2$  erfolgt mithilfe folgender Formeln:

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} \quad (4.1)$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2 \cdot (n_2 + 1)}{2} \quad (4.2)$$

Dabei sind  $R_1$  und  $R_2$  die Summe der Rangplätze der jeweiligen Stichproben und  $n_1$  und  $n_2$  die Anzahl der Beobachtungen je Stichprobe.

Der kleinere der beiden Teststatistiken wird als Prüfgröße verwendet.

$$U_{pr} = \min(U_1, U_2) \quad (4.3)$$

Für die exakten kritischen Werte für den zweiseitigen Test zum Signifikanzniveau von 5% unter der Nullhypothese und gegebenen Stichprobengrößen gilt:

$$P(U \geq U_{kr} \parallel H_0, n_1, n_2) = 5\% \quad (4.4)$$

Die Berechnung der Teststatistiken erfolgt mit dem Statistikprogramm R. Die Tabelle 4.4 zeigt die berechneten P-Werte des Experiments.

	<b>DLZ</b>	<b>Fehler</b>	<b>Arbeitsvorrat</b>	<b>Stress</b>	<b>Arbeitseinteilung</b>	<b>Motivation</b>
<b>p-Wert</b>	0.0000	0.2568	0.0000	0.003892	0.04123	0.005888
<b>gewählte Hypothese</b>	$H_1$	$H_0$	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_1$

Tabelle 4.4.: Berechnung p-Werte Experiment; Quelle: eigene Abbildung

Wenn der P-Wert kleiner als das gewählte Signifikanzniveau (5%) ist, wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen.

Somit werden bei den Variablen DLZ, Arbeitsvorrat, Stress, Arbeitseinteilung und Motivation die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Bei der Kennzahl Fehler wird dahingegen die Nullhypothese angenommen.

### **4.5.7. Interpretation**

Bei den Faktoren DLZ, Arbeitsvorrat, Stress, Arbeitseinteilung und Motivation gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der Versuchs- und Vergleichsgruppe. Dahingegen gibt es keinen signifikanten Unterschied des Faktors Fehler zwischen der Versuchs- und Vergleichsgruppe.

Von besonderer Relevanz ist hier, dass auch die qualitativen Faktoren durch Real-Time Analytics verbessert werden konnten. Die Reduktion von Stress und gleichzeitige Steigerung der Motivation kann die Mitarbeiter:innen langfristig zufriedener und erfolgreicher machen. Somit werden nicht nur durch die harten Faktoren direkt Kosten eingespart, sondern auch durch weiche Faktoren, wie z.B. Verringerung Mitarbeiter:innen-Fluktuation durch zufriedene Mitarbeiter:innen, langfristig Kosten eingespart.

Die Teilnehmer:innen des Experiments nahmen die Veränderung hin zur Echtzeitdaten-Nutzung meist positiv auf. Besonders die Kolleg:innen mit geringer Erfahrung zeigten positives Verhalten, währenddessen erfahrene Kolleg:innen oftmals eher eine abgeneigte Haltung zeigten. Dieses Phänomen lässt sich mit dem operativen Abbildungssystem (OAS) erklären. Das OAS zeigt sich in Gedächtnisrepräsentationen von menschlichen Skripten und Handlungen. Bei erfahrenen Kolleg:innen ist dieses OAS stärker ausgeprägt und es zeigt sich deutlich größerer Widerstand gegen Prozessänderungen. [Ka14]

Damit kann das Feldexperiment nachweisen, dass fünf von sechs Faktoren durch den Einsatz von Real-Time Analytics positiv signifikant beeinflusst werden.

## **4.6. Validierung des Vorgehens**

### **4.6.1. Validierung des Ist-Zustands**

Im Folgenden werden das Vorgehen der Ist-Analyse und das dafür angewandte Framework validiert.

Das Vorgehen der Ist-Analyse ist in Abbildung 4.10 abgebildet.

Im ersten Schritt wurden diverse Analyseverfahren durchlaufen. Zahlreiche Expert:innen-Interviews ermöglichten, einen ganzheitlichen Überblick über die aktuelle Situation zu bekommen. Die Interviews wurden mithilfe eines Leitfadens semistrukturiert durchgeführt. Die Ergebnisse der Interviews wurden zusammengefasst und bildeten die Basis der Ist-Analyse.

Zusätzlich zu den durchgeführten Interviews wurden Unternehmensdokumente, wie z.B. Verfahrensanweisungen, Protokolle oder Präsentationsunterlagen gesichtet und analysiert. Zur Kontrolle und Verifikation der Interview-Aussagen und dem Dokumentenstand wurden mehrere Process Confirmation Walks durchgeführt.

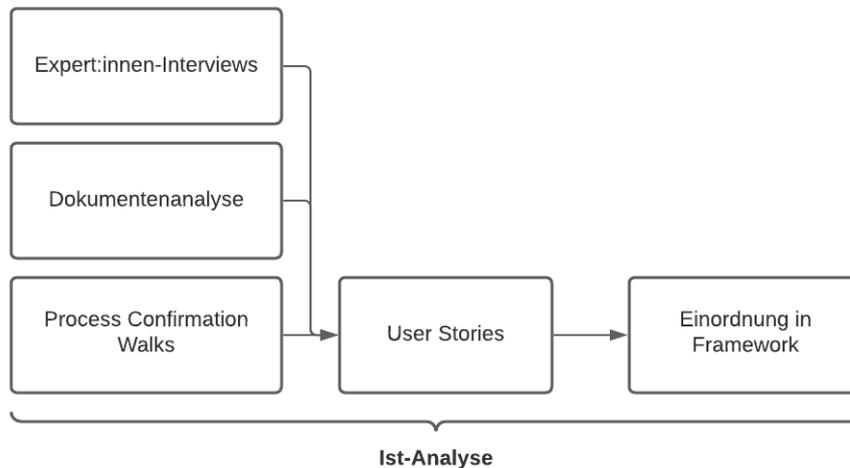


Abbildung 4.10.: Vorgehen Ist-Analyse; Quelle: eigene Abbildung

Process Confirmation Walk ist eine Methode zur Überprüfung von Ist-Prozessen im Vergleich zu einem Soll-Zustand. Die Überprüfung erfolgt mithilfe der Beobachtung von Prozessen und Dokumentation des Vorgehens.

Mithilfe dieser drei Methoden konnte eine umfassende Ist-Analyse durchgeführt und abgeschlossen werden.

Im nächsten Schritt wurde mithilfe der Ist-Analyse Anwendungsfälle, auch User-Stories genannt, abgeleitet. User-Stories werden als Grundlage für eine Einordnung in ein Framework herangezogen.

Um eine Vergleichbarkeit und Abstraktion der Shopfloor Management Vorgänge herzustellen war es wichtig ein Framework zu entwickeln und anzuwenden. Mittels Abfrage der User-Stories konnten die einzelnen Anwendungsfälle in Teilfunktionen eingeordnet und in das Framework aufgenommen werden.

Das Framework unterteilt die Kennzahlen in die Dimensionen Grad der Digitalisierung (analog, digital), Maturity Index (Sicherheit, Transparenz, Prognose, Autonomie) und Echtzeitverfügbarkeit (Auf Zuruf, Regelmäßig, Ereignisgesteuert), siehe Abbildung 4.4.

Zur Einteilung der Kennzahlen nach Maturity Index wurde zur Steigerung der Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit folgende Erklärungen zu den einzelnen Stufen definiert (vgl. [Su94, La14] ):

- **Autonomie:** IT-System ermittelt Daten, erstellt Prognosen und trifft eigenständig Entscheidungen.
- **Prognose:** Vorhersage von Trends ist möglich. Das Vertrauen in die Prognose ist etabliert.

- **Transparenz:** Die Datenermittlung ist jederzeit nachvollziehbar. Die Berechnungen, sowie die Datenherkunft ist transparent und dokumentiert.
- **Sichtbarkeit:** Daten sind, für berechtigte Entscheidungsträger:innen, einsehbar und dokumentiert.

Für die Dimension Echtzeitverfügbarkeit wurden folgende Definitionen festgelegt:

- **Auf Zuruf:** Daten werden nur bei explizit angesteuerten Bedarfen ermittelt und bereitgestellt.
- **Regelmäßig:** Kennzahlen werden in bestimmten Intervallen oder zu Terminen ermittelt und bereitgestellt.
- **Ereignisgesteuert:** Kennzahlen werden anhand von Trigger-Ereignissen ermittelt und bereitgestellt.

Für die dritte und letzte Dimension des Frameworks wurden folgende Definitionen erstellt:

- **Analog:** Die Kennzahlen sind dinglich, physisch erstellt und abgelegt worden, nicht digital.
- **Digital:** Die Kennzahlen sind elektronisch erstellt und abgelegt worden und nicht analog.

Somit wurden die Grundlagen der Ist-Analyse gelegt. Die Ist-Analyse und die Einordnung der User-Stories in das Framework erfolgt transparent und für Dritte jederzeit nachvollziehbar.

#### 4.6.2. Validierung des Experiments

Vor der Durchführung des Feldexperiments wurde das Forschungsdesign und das Konzept des Experiments validiert und ein Pre-Test durchgeführt.

Der technische Aufbau, das Konzept und das Forschungsdesign des Experiments wurde in einem Expert:innen-Workshop diskutiert und erörtert.

Dabei wurden folgende Punkte diskutiert:

1. Einteilung der Mitarbeiter:innen nach Erfahrungslevel und Leistungsstand.
2. Einteilung der Mitarbeiter:innen nach IT-Affinität.
3. Implementierung des SAP-Workflows.
4. Implementierung des Handhelds.
5. Pre-Testing von SAP-Workflow und Handheld.

6. Ermittlung und Berechnung der relevanten Kennzahlen.
7. Einteilung der Test-Zeitslots.
8. Festlegung des Test-Prozesses.
9. Aufbau der visuellen Dashboards.
10. Notwendigkeit eines Pre-Tests des kompletten Experiments.
11. Austausch von Handheld-Akkus im laufenden Betrieb (HotSwap).

Das Resultat des Expert:innen-Workshops zeigt das Kapitel 4.5.2.

Im Pre-Test wurden den Beteiligten das Prinzip von Shopfloor Management nochmals näher gebracht, den Testaufbau durchgespielt und die Regeln des Experiments aufgezeigt. Geprüft wurde der Experiment-Aufbau auf Praxistauglichkeit und Verständlichkeit.

Nach mehreren Durchlaufen des Pre-Tests wurde eine Feedback-Runde einberufen, das Ergebnis waren folgende Punkte:

- Verringerung der Aktualisierungsfrequenz der Kennzahlen auf 30 Sekunden.
- Festlegung des Experimentzeitraums auf 08:00 - 12:00 Uhr, aufgrund der relativ konstanten Anlieferung der Paketdienstleister.
- Behebung von Störungen am Handheld bzw. Nachschulung der Mitarbeiter:innen.
- Tiefergehende Einführung in die Ermittlung und Interpretation der Dashboard Kennzahlen notwendig.

Die Test-User konnten den Test-Ablauf gut folgen und orientierten sich gerne an den aktuell ermittelten Kennzahlen. Auch die Zuweisung von Arbeitsaufträgen über das SAP-Handheld wurde positiv aufgenommen. Besonders die freiere Zeiteinteilung und die höhere Eigenverantwortung wurde von den Proband:innen positiv zurückgemeldet. Die weniger erfahrenen Proband:innen waren im Besonderen positiv gegenüber dem Experiment eingestellt. Der Großteil der Teilnehmer:innen gab an, einen großen Zeitvorteil gegenüber dem herkömmlichen Prozess zu erzielen.

Nach dem erfolgreichen Durchlaufen der Pre-Tests wurde das Experimentendesign finalisiert und die Teilnehmer:innen-Auswahl getroffen.

## 4.7. Grenzen des Experiments

Das Feldexperiment zeigt ein eindeutiges Ergebnis, dennoch müssen hier auch die Grenzen und die Beschränktheit des Experiments aufgezeigt werden.

Aufgrund des relativ eingeschränkten Nutzerkreises von  $n = 9$  Mitarbeiter:innen und einer geringen Anzahl von  $n = 9$  Durchläufen ergibt sich eine begrenzte Aussagekraft des Experiments. Dennoch gibt das Experiment einen eindeutigen Hinweis bezüglich der positiven Wirkung von Echtzeitdaten auf Produktionsprozessen.

Die Durchführung des Experiments erfolgte nur in einem Unternehmen und in einer Abteilung. Damit eine vollständig valide Aussage getroffen werden kann, muss die Anzahl der Teilnehmer:innen und der teilnehmenden Unternehmen stark erhöht werden. Zusätzlich ist dieses Experiment auf einen unternehmensspezifischen Prozess ausgelegt und angepasst worden. Dadurch lassen sich nur bedingt Ergebnisse verallgemeinern. So müsste die Bandbreite der getesteten Prozesse deutlich ausgeweitet werden. Diese umfangreiche Betrachtung ist jedoch nur in einem intensiven Forschungsprojekt möglich.

Die interne Validität dieses Feldexperiments wird durch Störvariablen negativ beeinflusst. Diese Störvariablen können die abhängige, als auch die unabhängige Variable beeinflussen. Folgende Störvariablen lassen sich in diesem Experiment festhalten:

- Unterschiede im Vorwissen der Teilnehmer:innen.
- Kommunikation zwischen den Teilnehmer:innen.
- Verzerrte Auswahl der Teilnehmer:innen.
- Lern- und Reifungsprozesse der Teilnehmer:innen.
- Beeinflussung durch den:die Versuchsleiter:in.

Trotz Gegenmaßnahmen können Störvariablen nicht vollständig vermieden werden und beeinflussen das Experiment. Dennoch weist das eindeutige Ergebnis des Experiments auf eine sinnvolle Weiteruntersuchung der Thematik hin.

# 5. Umsetzung Prototyp digitales SFM

Das Kapitel 5.1 Vorgehen beschreibt die Vorgehensweise zur Erstellung eines Demonstrationsprototypen für das digitale Shopfloor Management.

Das Kapitel 5.2 Anforderungsanalyse teilt die Anforderungen für einen Demonstrationsprototypen in verschiedene Kategorien ein und beschreibt diese.

Das Kapitel 5.3 Prototyping digitales SFM präsentiert das Ergebnis des Prototyping und erläutert dessen Funktionalität.

Das Kapitel 5.4 Validierung des Prototyps zeigt das Validierungsvorgehen des Demonstrationsprototypen auf.

## 5.1. Vorgehen

Das Ziel in dem Kapitel fünf ist es die zuvor erarbeiteten Wissens Elemente zu einem Demonstrationsprototypen weiterzuentwickeln. Anhand dieses Prototyps soll die Akzeptanz und Usability eines digitalen Shopfloor Management-Konzepts geprüft werden.

Als Prototyping-Variante wird hier ein horizontales Prototyping gewählt und so die Benutzer:innen-Oberfläche und einige Grundfunktionalitäten erstellt.

Die Vorgehensweise zur Umsetzung eines Demonstrationsprototypen digitales SFM ist wie folgt:

1. **Befragung von Expert:innen** zu den Themen: Erwartungen, Usability und Gestaltungsprinzipien. Die Befragungsergebnisse bilden die Grundlage für die **Anforderungsanalyse**.
2. Durchführung eines **Innovationsworkshops** nach der Design-Thinking-Methode, mit dem Ziel der ersten Erstellung eines Prototypen.
3. Durchführung eines **User-Experience-Workshops** zum Finalisieren des Prototypen.

Die Abbildung 5.1 zeigt das Vorgehen des Prototyping grafisch auf.

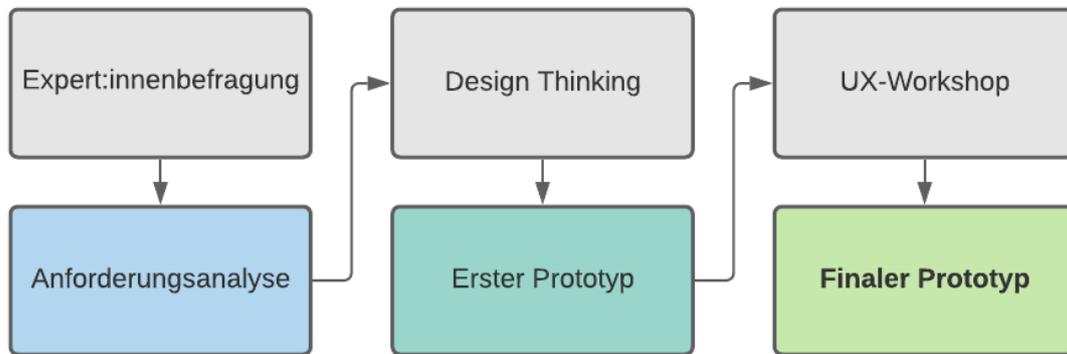


Abbildung 5.1.: Vorgehen Prototyping  
Quelle: eigene Darstellung

## 5.2. Anforderungsanalyse

Zur Anforderungsdefinition werden im ersten Schritt relevante Expert:innen aus den betroffenen Fachbereichen befragt. Die Interviews werden mithilfe eines Interviewleitfadens geführt. In diesem sind folgende Leitfragen festgehalten:

- Auf welchen Endgeräten soll die Oberfläche bedient werden?
- Welche Inhalte und Kennzahlen sind für euren Fachbereich relevant?
- Welche Personen- und Berechtigungsgruppen greifen auf das SFM zu?
- Wie hoch ist das Vertrauen in die Bedienung der digitalen SFM-Lösungen?
- Wie weit ist der Scope des SFM (Web, Reporting, Kommunikation, Dokumente, Zusammenarbeit)?
- Wie kann das digitale SFM die Problemlösung unterstützen?

Zusätzlich wurde von den Interviewpartner:innen einige zusätzliche Aspekte für das digitale SFM angesprochen. Die Inhalte und Ergebnisse der Befragungen werden im Folgenden in Kategorien geclustert und zusammengefasst.

### 5.2.1. Funktionale Anforderungen

Mithilfe des digitalen Shopfloor Management werden Kennzahlen und Kennzahlen-Dashboards erstellt und angezeigt. Die so erstellten Dashboards sind für definierte Nutzer:innen-Kreise zugänglich. Die Kennzahlenauswahl ist angepasst an den Bedarf der jeweiligen Fachbereiche. Die Neuerstellung von Kennzahlen und deren Berechnungslogik muss gewährleistet sein. Die Darstellung der Dashboards ist nicht auf Shopfloor-Boards beschränkt, sondern auch auf Desktop-PCs und mobilen Endgeräten möglich.

Zur Gewährleistung der Übersichtlichkeit bedarf es einer Auswahl der Art der Visualisierung der Kennzahlen. Kennzahlenwerte müssen als absolute, sowie prozentuale Kennzahlen dargestellt werden können. Auch muss die Wahl einer Vergleichsbasis möglich sein. Der zeitliche Horizont muss auf Stunden-, Tages-, Wochen-, Monats-, Quartals- und Jahresebene dargestellt werden. Eine Veränderung des Detaillierungsgrads kann jederzeit vorgenommen werden. Durch Aggregationsregeln können Kennzahlen zusammengefasst und durch Drill-Down wieder aufgeschlüsselt werden.

Damit eine echtzeitgetreue Überwachung der Kennzahlen möglich ist, müssen die dargestellten Kennzahlen in definierten Intervallen automatisch aktualisiert werden. Die Aktualisierungsfrequenz muss ständig unter einer Minute liegen, unabhängig vom verwendeten physischen Endgerät. Zur Erkennung von Abweichungen vom Soll-Zustand müssen Unter- und Obergrenzen definiert und dargestellt werden können. Bei einer Abweichung muss diese auch visuell auf dem Dashboard einsehbar sein.

Zur Erreichung von Transparenz müssen Abweichungen nicht nur visualisiert werden, sondern auch deren Ursachen dokumentiert werden. Eine direkte Verknüpfung von Abweichung und Abweichungsursache schafft so eine effizientere und effektivere Maßnahmendefinition, einen schlankeren Prozess und Transparenz. Umsetzbar ist dies mithilfe von Ursachen- und Maßnahmenkategorien, die per Dropdown-Menü auswählbar sind. Zusätzlich ermöglichen Freitextfelder ein individuelles Eintragen von Kommentaren.

Die Erstellung, Bereitstellung und Darstellung von Kennzahlen müssen im Vergleich zum aktuellen Vorgehen deutlich aufwandsreduziert ablaufen. Daher werden alle Kennzahlen automatisiert verarbeitet und angezeigt. Die Konfiguration dieser Kennzahlen bzw. deren Berechnung muss von einem Standard-EDV-Arbeitsplatz möglich sein und nicht vor Ort an den Shopfloorboards.

Zur Aufnahme von Störungen können diese direkt in einer Übersichtskarte eingetragen und benannt werden. Auch eine Rückverfolgbarkeit muss stets gewährleistet werden. In einen erweiterten Dialog lassen sich die Störungen detailliert erfassen. Hier besteht die Möglichkeit, Störungsgründe, Erfasser:in, Beschreibung, betroffene Bereiche, Störungsintensität und Anhänge einzutragen. Die eingetragenen Störungen sind deutlich auf der Übersichtskarte zu erkennen. Je nach Störungsintensität werden visuelle Reize gesetzt. Zusätzlich wird hier auch die Möglichkeit geschaffen, Produktionsfehler direkt zu erfassen und in Fehlerberichte überzuführen. Die so generierten Fehlerberichte können dann weiter an Standard-PCs bearbeitet werden.

Die in den vorherigen Kapiteln ermittelte Prognosefähigkeit muss durch geeignete IT-Systeme berechnet werden können und dann mittels entsprechender Visualisierung auf dem digitalen Shopfloorboard dargestellt werden. Die prognostizierten Daten müssen sich visuell von den Ist-Werten unterscheiden. Die Berechnung der Prognosewerte muss bei Bedarf transparent einsehbar sein.

Zusätzlich soll es für definierte Personenkreise (z.B. Führungskräfte) möglich sein, angepasste Reports zu generieren und hier einen Vergleich mit Bereichs- und Abteilungszielen zu ermöglichen. Auch die Darstellung einer Zielpyramide mit den entsprechenden Ist-Daten wird vorgesehen.

Eine weitere Anforderung der befragten Stakeholder war die Einführung einer Maßnahmendefinition und -verfolgung. So muss es möglich sein, mithilfe des digitalen SFM-Maßnahmen aufgrund von Abweichungen zu definieren und nachzuverfolgen. Den Maßnahmen können Namen, Status, verantwortliche Personen, sowie automatisiert ein Erstellungsdatum zugeordnet werden. Ein automatischer Priorisierungsvorschlag ergänzt dieses Modul. Eine Sortierung nach Priorität und Maßnahmenstatus ist zusätzlich möglich. Weitere Informationen wie Bilder oder Videos können den Maßnahmen als Anhang hinzugefügt werden. Alle Änderungen werden in einem Archiv abgespeichert und sind somit jederzeit nachverfolgbar. Rein optisch empfiehlt sich eine Ausrichtung angelehnt an ein Kanban-Board.

## **5.2.2. Nicht funktionale Anforderungen**

Neben den funktionalen Anforderungen sollte Software auch nicht-funktionale Anforderungen erfüllen, die der Nutzbarkeit und Anwendbarkeit der Software dienen. Die Erstellung der nicht-funktionalen Anforderungen wurde mithilfe der Norm ISO/IEC 25000 durchgeführt [Ins05].

Die wichtigste nicht-funktionale Anforderung ist die der einfachen Bedienbarkeit. Diese Anforderung beschreibt die Fähigkeit eines IT-Systems, als einfach und intuitiv bedienbar angesehen zu werden. Auf digitale Shopfloor-Lösungen greifen heterogene Nutzer:innen-Gruppen zu. Diese Nutzer:innen-Gruppen weisen sehr unterschiedliche Erfahrungswerte bezüglich IT-Systemen auf. Diese reichen vom Niveau des:der IT-Expert:in bis hin zur:zum IT-Anfänger:in. Aus diesem Grund müssen digitale SFM-Lösungen anhand der Aspekte Steuerbarkeit, Nachvollziehbarkeit, Dialoggüte und Lernförderlichkeit ausgerichtet werden. [He11]. Ein ausreichendes Exception-Handling, im Zuge von Nutzer:innen-Fehleingaben, muss gewährleistet sein. Eine Ausrichtung an einheitlichen und zeitgenössischen Gestaltungsrichtlinien für die Navigation und das Design der Benutzer:innen-Oberfläche wird empfohlen. Eine Erfolgsüberprüfung kann mithilfe eines UI/UX-Workshops stattfinden.

Damit eine angemessene Nutzung der Systeme erfolgen kann, müssen diese mit einer kurzen Latenzzeit auf Nutzer:innen-Interaktionen reagieren. Ladezeiten größer drei Sekunden werden visuell mit einer Ladevisualisierung (z.B. Ladebalken) animiert dargestellt. Eine Nichtbeachtung dieser Anforderung führt bei Anwender:innen zu Frust und einer Nicht-Akzeptanz der SFM-Systeme. Zusätzlich darf der Ressourcenbedarf den aktuellen Industrie-Standard bezüglich PCs und Handhelds nicht übertreffen. Somit wird auch die Wirtschaftlichkeit der digitalen SFM-Lösungen sichergestellt. Auch werden gängige IT-Standards unterstützt, womit ein hoher Grad der Flexibilität und Standardisierung sichergestellt wird.

Im Weiteren muss die Zuverlässigkeit der Systeme aufrecht gehalten werden. Im Allgemeinen umfasst der Begriff Zuverlässigkeit, die Kriterien Verfügbarkeit und Fehlertoleranz [WGD05]. Es ist wichtig, eine Nichtverfügbarkeit des Systems durch Zwischenspeicherungen zu vermeiden. Nur so können etwaige Netzwerkausfälle abgefangen und Stillstände vermieden werden. Generell muss auch die Wartbarkeit der Systeme durch Updates und physische Instandhaltung gewährleistet und (zeitlich) steuerbar sein.

Zur Sicherstellung einer Portier- und Erweiterbarkeit müssen die digitalen SFM-Systeme modular aufgebaut werden. So können die Rollout-, Update- und Veränderungsprozesse entzerrt und voneinander getrennt dargestellt werden. Auch können somit die internen Kund:innen-Gruppen individuell die Zusammensetzung der Module bestimmen. Zusätzlich stellt man hier eine Unabhängigkeit von Hardware-Anbieter sicher.

Die digitalen SFM-Systeme stellen den gleichzeitigen Zugriff von einer definierten Anzahl  $n$  Nutzer:innen sicher. Damit können mehrere Nutzer:innen gleichzeitig Lese- und Schreibvorgänge vornehmen. Diese Anforderung darf dennoch die Reaktionszeiten nicht negativ beeinflussen.

### **5.2.3. User:innenspezifische Anforderungen**

Besonders die Mitarbeiter:innen werden im Zuge der Umstellung auf ein digitales SFM einige fundamentale Transformationsprozesse durchlaufen. Diese werden im folgenden Abschnitt aufgezeigt.

Mitarbeiter:innen müssen in erster Linie Wille und Bereitschaft zur Veränderung aufbringen. Hierzu müssen diese möglichst früh in Prozesse und Entscheidungen eingebunden werden. Desweiteren müssen die IT-Kenntnisse der Mitarbeiter:innen ausgebaut werden, insbesondere in den Bereichen Kennzahlen und interaktive Medien, wie Tablets oder Touchboard. Diese zusätzlichen Fähigkeiten erhöhen die Akzeptanz des digitalen SFM und steigern den Nutzen der höheren Informationsdichte. [BH14, Sc17]

Bei der digitalen Form des Shopfloor Managements wird der Mensch noch weiter in das Zentrum des Geschehens gerückt. So werden operative Mitarbeiter:innen vom reinen Ausführen hin zum Entscheiden befördert. Durch diese Dezentralisierung können Geschwindigkeitsvorteile bei der Entscheidungsfindung erreicht werden. Dazu müssen die Mitarbeiter:innen jedoch intensiv geschult und ein Verständnis dafür entwickelt werden. [KWH13, La18b]

Zusätzlich werden grundsätzliche Prinzipien, wie eine positive Fehlerkultur und der KVP-Gedanke auch im digitalen SFM weiterbestehen bleiben. Denn der Mensch bleibt weiter im Mittelpunkt des Systems. Darüber hinaus wird der Mensch als Mittelpunkt des Entwicklungsprozesses gesehen und somit die Nutzer:innen-Sicht in allen Prozessen miteingebunden. Zusammenfassend wird das Prinzip der menschenzentrierten Gestaltung als eine der wichtigsten Grundprinzipien des klassischen Shopfloor Managements nicht nur beibehalten, sondern sogar ausgebaut. [Ja07, DIN19]

#### **5.2.4. Technische Anforderungen**

Für eine Umsetzung des digitalen Shopfloor ergeben sich zahlreiche technische Anforderungen, die im folgenden Abschnitt aufgelistet werden.

Zuerst muss die Hardware Ausstattung gegeben sein. Je nach Anwendungsgebiet werden digitale Touchscreen-Boards, Handhelds und Tablets benötigt. Die Anwendungen des digitalen SFM-Systems sollen über Desktop-PCs, Laptops, Touchscreen Monitore, aber auch über mobile Endgeräte wie Tablets oder Handys zur Verfügung stehen. Die Auswahl der Hardware erfolgt unter Berücksichtigung der besonderen Umgebungsbedingungen, die in produzierenden Unternehmen auftreten können. Durch Temperaturunterschiede, Staub, Hitze, Luftfeuchtigkeit oder starke Krafteinwirkungen können Hardwaregeräte an Laufzeit einbüßen. Aus diesen Gründen müssen die Hardwaregeräte für den Einsatz in Produktionsumgebungen qualifiziert sein. Für einen Einsatz in Reinraumumgebungen ist eine gesonderte Qualifizierung notwendig.

Die behandelten Hardwarelösungen müssen mit den gängigen Betriebssystemen, Windows für stationäre Geräte und Laptops, sowie Android und iOS für mobile Endgeräte kompatibel sein. Als Standardsprache sind Englisch und Deutsch hinterlegt, für Auslandsstandorte sind zusätzlich noch die festgelegten Amtssprachen der jeweiligen Länder zu hinterlegen.

Mithilfe der Anbindung von ortsungebunden Endgeräten wird es den Mitarbeiter:innen ermöglicht, Laufwege zu reduzieren und jederzeit auf die benötigten Informationen zuzugreifen. An definierten Arbeitsstationen ist auch die Informationseingabe per Tastatur möglich, um schneller und fehlerfreier die Daten einzupflegen. Dies ist besonders bei zeichenintensiven Prozessen wie die Maßnahmen- oder die Fehlerberichtserstellung notwendig. Desweiteren werden zur Anbindung der Maschinen- und Prozessdaten Sensorik Elemente benötigt, um in Echtzeit Maschinendaten auszulesen, zu senden und auszuwerten.

Zur schnittstellenübergreifenden Kommunikation werden definierte Softwareschnittstellenlösungen benötigt, denn das SFM-System greift hier auf Daten aus unterschiedlichen Datenquellen zu.

Zur richtigen Einordnung und Speicherung dieser Daten wird ein leistungsfähiges Datenmodell benötigt. Dieses Modell ermöglicht die Aggregation und Zusammenführung von Daten zu auswertbaren Informationen. Zusätzlich werden hier weitere Analytics- und

Predictive-Tools benötigt, um die Prognosefähigkeit des SFM-Systems sicherzustellen. Die korrekte Auswahl der Datenbankhardware kommt einer großen Bedeutung zu. Denn das System muss fähig sein, einen hohen heterogenen Datendurchsatz zu extrahieren, transformieren und zu laden (ETL-Prozess). Für die Echtzeitfähigkeit des SFM-Systems werden Methoden des Data-Minings implementiert.

Zusammengefasst müssen hier hohe Berechnungsgeschwindigkeiten bei sehr hohen Datenmengen gewährleistet werden. Dafür geeignet sind sehr performante In-Memory-Datenbanksysteme wie z.B. SAP HANA oder Apache Derby.

### **5.2.5. Organisatorische Anforderungen**

Damit eine erfolgreiche digitale Transformation des Shopfloor Managements stattfinden kann, müssen einige organisatorische Anforderungen implementiert werden. Diese werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Eine der wichtigsten Anforderungen ist die Definition von Rollen und Zuständigkeiten. Es gilt folgende Fragen zu beantworten:

- Wer hat welche Rechte?
- Wer hat Zugriff auf welche Hardwaregeräte?
- Wer bekommt welche Benachrichtigungen?
- Welche Kennzahlen sind für wen interessant?

Zur Erweiterung der digitalen Fähigkeiten der Mitarbeiter:innen gilt es, diese hinsichtlich des Umgangs mit den stationären und mobilen SFM-Geräten zu schulen und diese Fähigkeiten auszubauen. Nur so kann eine vollständige Nutzung des SFM-Systems sichergestellt werden. Zusätzlich muss ein Bewusstsein für den Umgang mit IT-Geräten und besonders im Bereich der IT-Sicherheit geschaffen werden. [Sc17]

Es bedarf einer durchgängigen Verwaltung und Aktualisierung von Rollen- und Berechtigungskonzepten. Hierfür müssen bei Bedarf Kapazitäten im Bereich des Humankapitals geschaffen werden.

Eine weitere grundlegende Voraussetzung zur Umsetzung eines digitalen SFM ist die Wandlung einer starren Unternehmens- und Organisationsstruktur zu einer flexiblen Unternehmenstruktur, die gekennzeichnet ist durch Mitarbeiter:innen mit einem hohen Maß an Eigenverantwortlichkeit. Nur so können die Vorteile des digitalen SFM direkt genutzt werden.

Stark mit dieser Anforderung ist das Verhalten und Führungsstil der Vorgesetzten verknüpft. Diese müssen die Vorteile des digitalen SFM nach außen hin vertreten und fördern. Nur so kann eine positive Akzeptanz und Positivismus über Abteilungs- und Hierarchiegrenzen ermöglicht werden. Darüber hinaus muss auch der Wertbeitrag von Kennzahlensystemen, im Besonderen die der Echtzeitdaten, von Fach- und Führungskräften genutzt werden.

Nur so kann eine Verbesserung, aufgrund von datenbasierten Entscheidungen, erzielt werden. Auch muss die Abkehr von papierbasierten zu digitalisierten Lösungen von den Führungskräften aktiv initiiert und vorgelebt werden.

Zusätzlich muss ein Verständnis für die vollständige und fehlerfreie Erfassung von Daten, Problemen und Maßnahmen geschaffen werden. So kann auf diesen Weg eine regelmäßige Aktualisierung von Projekt- und Produktionsabläufen erreicht werden. Dies sind elementare Schritte zur Erreichung der Digitalisierungsstufen Transparenz und Sichtbarkeit. [Sc17]

Zur erfolgreichen Nutzung der vielfältigen Kommunikations- und Sharingmöglichkeiten des digitalen Shopfloor Managements ist es wichtig, dass Bewertungen und Kommentare z.B. im Maßnahmendialog, aktiv berücksichtigt werden. Eigenes Wissen muss aktiv geteilt und dokumentiert werden, nur so kann ein Wissensmehrwert durch das digitale SFM erreicht werden. Eine offene Kommunikation und der Austausch von Wissen müssen von Führungskräften vorgelebt werden, nur so kann dieser Unternehmenswert langfristig mithilfe des digitalen SFM etabliert und verankert werden. [Sc]

## 5.3. Prototyping: digitales SFM

Im folgenden Kapitel werden die Schritte zwei und drei des Prototyping (vgl. Abb. 5.1) aufgezeigt, sowie die Ergebnisse präsentiert.

### 5.3.1. Design Thinking

Mithilfe der Methode des Design Thinking werden erste Prototypen von den Benutzer:innen-Oberflächen und Use Cases entworfen.

Design Thinking stellt einen Ansatz zur Lösung von Problemen und zur Generierung neuer Ideen dar. Mithilfe von Interdisziplinarität und Kreativität werden gemeinsame Fragestellungen, angelehnt an die Wünsche und Bedürfnisse der Anwender:innen, und Konzepte entwickelt. [Ke13] Zusammengefasst werden durch Design Thinking Nutzen, Umsetzbarkeit und Marktfähigkeit in eine Synthese gebracht. So entsteht eine ausgewogene Innovation.

Laut dem Hasso Plattner Institut besteht das Design Thinking aus 6 Phasen: [PML10]

- **Verstehen:** Schaffung eines allgemeinen Verständnis des Problems und Wissens-Fundament.  
Leitfrage: *Was soll wie, für wen entwickelt werden?*
- **Beobachten:** Hineinversetzen in die Gedanken der Anwender:innen. Nutzung von Interviews und Rollenspiele.  
Leitfrage: *Was möchten die Anwender:innen?*

- **Standpunkte definieren:** Synthese aus den ersten beiden Schritten.  
Leitfrage: *Was haben wir bisher erreicht?*
- **Ideen finden:** Anwendung von Ideenfindungsmethoden (z.B. Brainstorming).  
Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung der Ideen.  
Leitfrage: *Wie können wir das Problem lösen?*
- **Prototyp:** Erstellung eines einfachen Prototyps, mittels Techniken wie z.B. Wireframes oder physische Handhabung. Es besteht kein Anspruch auf Perfektion. Die Resultate werden zusammengefasst und den Anwender:innen präsentiert.  
Leitfrage: *Wie werden die Ideen am Besten visualisiert?*
- **Testen:** Die Ergebnisse des Prototypings werden getestet und mittels Feedback verbessert. Es ist üblich, hier diverse Iterationen zu durchlaufen, bis der Prototyp ausgereift ist.  
Leitfrage: *Wie kann das Ergebnis weiter verbessert werden?*

Die Abbildung 5.2 zeigt den Design Thinking Prozess grafisch auf:

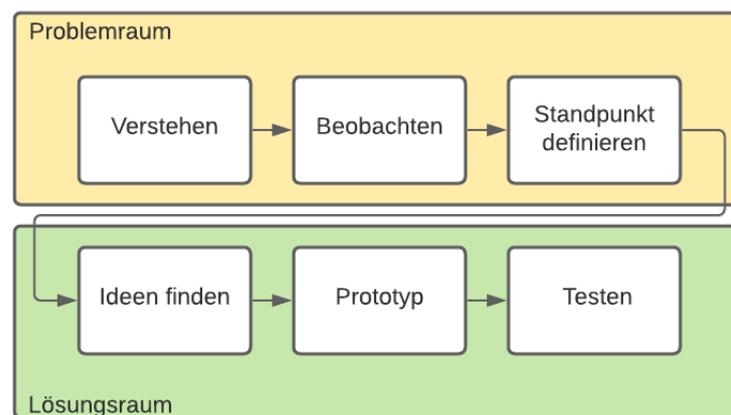


Abbildung 5.2.: Design Thinking Prozess

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an: [PML10]

Auf Basis des Design Thinking Workshops wurden Demonstrationsprototypen aus Kartonagen gebaut und bewertet. Anhand einer Abschlusspräsentation wurden die Ergebnisse bewertet und die besten Prototypen ausgewählt.

### 5.3.2. UX-Workshop

Um für den:die Endnutzer:in ein optimales Nutzererlebnis zu garantieren, empfiehlt es sich, intensiv auf die User Experience (UX) zu konzentrieren. Die User Experience beschreibt die Erfahrung, das Erlebnis, welches ein:e Nutzer:in mit der Applikation hat.

UX besteht aus folgenden drei Elementen: [Mo12]

- **Usability:** Nutzen bezüglich, Inhalt und Ablauf der Bedienung.
- **Zugänglichkeit:** Erreichbarkeit, Umfang und Anpassbarkeit an unterschiedliche Endgeräte.
- **Ästhetik:** Optik der Anwendung (subjektiv).

Mithilfe einer externen UX-Beratungsfirma wurde ein UX-Workshop mit dem Ziel der Steigerung des Nutzererlebnis für das digitale Shopfloor Management durchgeführt. Folgende Aspekte wurden im User Experience Workshop behandelt:

- UX-Analyse.
- Erstellung konzeptionelles Design.
- Erarbeitung Bedienkonzepte und Wireframes.
- Erstellung visuelles Design.
- Erarbeitung eines Design Manuals.

Durch direktes Feedback der Anwender:innen (Produktion, Ingenieur:innen, Management) konnten die Ergebnisse direkt evaluiert und verbessert werden. Die Ergebnisse des UX-Workshops zeigt das nachfolgende Kapitel.

### **5.3.3. Ergebnisse**

Die durchlaufenen Prozesse des Design Thinking und der User Experience bilden die Grundlage für die Erstellung der Demonstrationsprototypen. Diese Prototypen zeigen Navigations- und Designelemente.

Der prinzipielle Aufbau des digitalen Shopfloor Managements soll anhand der folgenden Prototypen (Abb. 5.3 bis Abb. 5.11) aufgezeigt werden. Die Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die umgesetzten UseCases und Mock-UPs. Aus Kapazitätsgründen sind weitere Ergebnisse im Anhang A.4 zu finden.

ID UseCase	Darstellungsform	Ebene 1	Ebene 2
1	Widescreen	Management-Cockpit	
2	Widescreen	Management-Cockpit	Betriebsdaten
3	Widescreen	Management-Cockpit	SFM
4	Widescreen	Management-Cockpit	Fluktuation
5	Widescreen	Wareneingangs-Cockpit	
6	Tablet	Störungen	
7	Tablet	Übersicht Niederlassung	
8	Smartphone	Benachrichtigung	
9	Smartphone	Wareneingangs-Cockpit	Mitarbeiter-operativ

Tabelle 5.1.: Übersicht UseCases für Mock-UPs; Quelle: eigene Abbildung



Abbildung 5.3.: Mock-UP Management-Cockpit ID:1  
Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]



Abbildung 5.4.: Mock-UP Betriebsdaten ID:2  
Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]

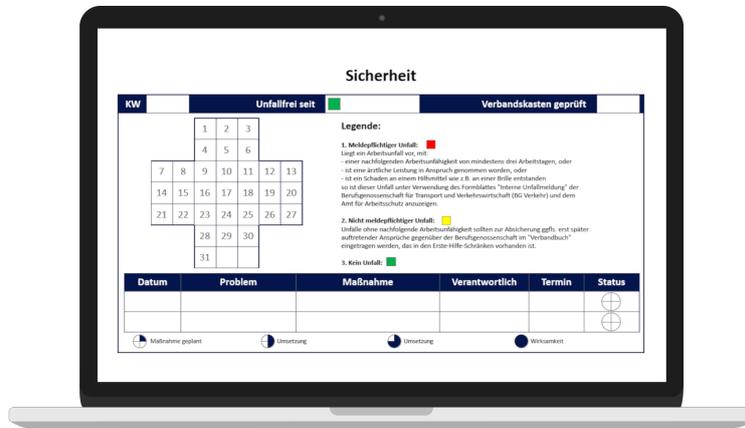


Abbildung 5.5.: Mock-UP Sicherheit ID:3  
 Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]



Abbildung 5.6.: Mock-UP Fluktuation ID:4  
 Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]

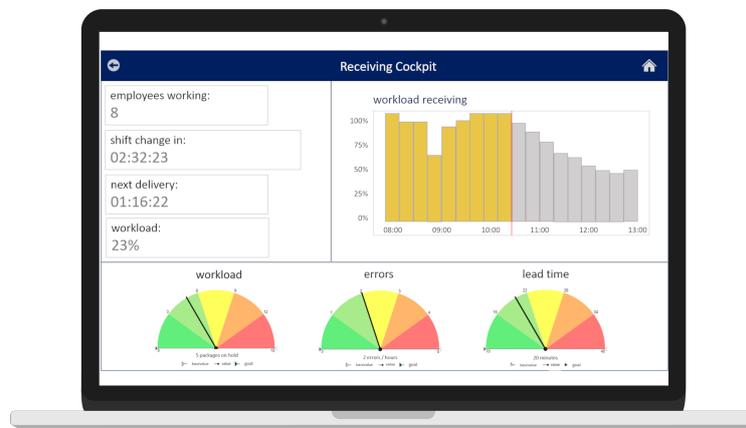


Abbildung 5.7.: Mock-UP Receiving-Cockpit ID:5

Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]

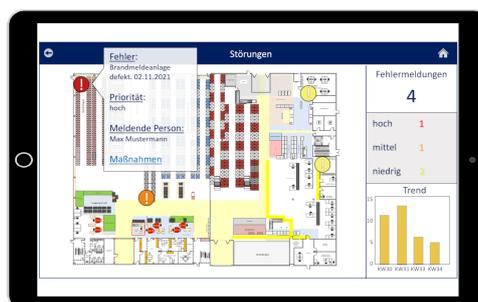


Abbildung 5.8.: Mock-UP Störungen ID:6

Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]

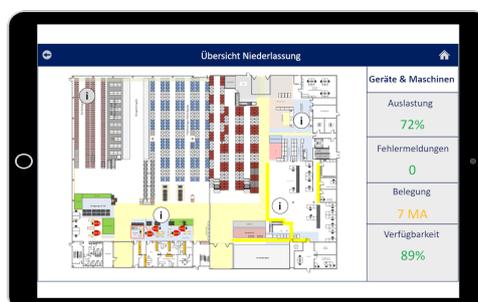


Abbildung 5.9.: Mock-UP Übersicht Niederlassung ID:7

Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]



Abbildung 5.10.: Mock-UP Benachrichtigungen ID:8  
 Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]



Abbildung 5.11.: Mock-UP Mitarbeiter:innen-Cockpit ID:9  
 Quelle: eigene Darstellung, Mock-UP Template von: [MH]

## 5.4. Validierung des Prototyps

Im letzten Abschnitt des Kapitels Fünf steht die Validierung des Prototyps an. Die Validierung ist wichtig, um festzustellen, ob der Prototyp den Anwender:innen den gewünschten Nutzen vermitteln kann.

Hierzu muss eben dieser in einem längeren Zeitraum getestet werden. Das Ausrollen des erweiterten Testings, hier auch Pilotphase genannt, erfolgt im Funktionsbereich Wareneingang. In diesem Bereich gibt es aufgrund der bereits ausgiebig stattgefundenen Pre-Tests und Experimente eine hohe Akzeptanz gegenüber der digitalen Shopfloor Management Lösung. In der Pilotphase, mit einer Dauer von sechs Monaten, sollen folgende Fragestellungen validiert werden:

- Nutzer:innen verstehen das Konzept des digitalen SFM? (LF1: Leitfrage 1)
- Nutzer:innen wenden eine selbständige Arbeitsweise und Arbeitsauftragszuweisung an? (LF2)
- Nutzer:innen finden die Anwendungen ästhetisch? (LF3)
- Kennzahlenberechnungen erfolgen fehlerfrei? (LF4)
- Navigations- und Struktursystematiken sind nachvollziehbar? (LF5)

Die oben genannten Fragestellungen wurden in einem interdisziplinären Workshop zusammengetragen. Zur Datenerhebung wird den entsprechenden Mitarbeiter:innen die Möglichkeit geboten, einen Online-Fragebogen (vgl. Anhang A.1.3) auszufüllen. Der Fragebogen bedient sich der ungeraden Likert-Skala (1-6). Eine ungerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten zwingt den:die Rezipient:in zu einer Tendenzwahl.

Zudem werden mithilfe von Process Confirmation Walks die Prozesstreue und ein aktuelles Stimmungsbild gegenüber dem digitalen SFM festgehalten.

Aufgrund der zeitlichen Restriktion dieser wissenschaftlichen Arbeit kann hier nur ein Zwischenfazit und -auswertung nach acht Wochen angefertigt werden. Die Abbildung 5.12 zeigt die Auswertung des Fragebogens von  $n = 46$  Teilnehmer:innen. Die Leitfragen 1 bis 4 zeigen ein gutes Ergebnis mit Werten zwischen 2,1 bis 2,9. Nur die Leitfrage 5 mit einem Ergebnis von 3,6 zeigt ein leicht schlechteres Ergebnis.

Das Stimmungsbild bezüglich des digitalen Shopfloor Managements kann als positiv wahrgenommen werden.

Zusammenfassend ist die Validierung des Prototypen als positiv einzustufen. Einzig die Navigations- und Strukturlogiken müssen noch einmal überarbeitet werden.

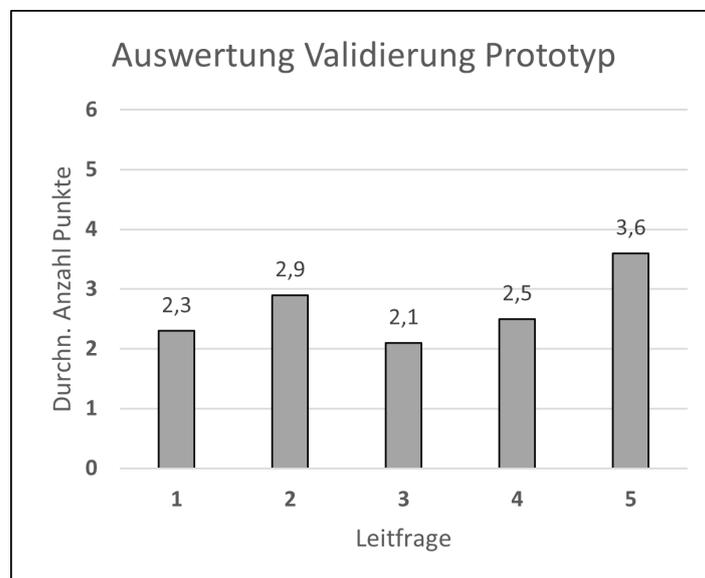


Abbildung 5.12.: Auswertung Validierung Prototyp  
Quelle: eigene Darstellung

## **6. Abschließende Betrachtung**

Dieses abschließende Kapitel fasst die bisher gewonnen Erkenntnisse zusammen, zudem werden die Forschungsergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit kritisch diskutiert und ein Ausblick in die Zukunft gegeben.

### **6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Das Shopfloormanagement ist eine bewährte Führungsphilosophie in produzierenden Unternehmen. Während die Grundprinzipien des Shopfloor Managements nach wie vor sehr zeitgemäß sind, lassen sich mithilfe von neuen Technologien erweiterte Potentiale feststellen und nutzen.

In diesem Forschungsbeitrag wird eine Möglichkeit vorgelegt, Echtzeit-Kennzahlen kritierienbasiert auszuwählen, zu bewerten und schlussendlich in einem neuen digitalen Shopfloor Management zusammenzufassen.

Im Näheren wurde dabei untersucht, wie echtzeitbasierte Kennzahlen und die Eigenverantwortlichkeit der Mitarbeiter:innen genutzt werden können, um Verbesserungspotentiale zu nutzen. Das betreute Unternehmen wurde bei der Kennzahlauswahl und der Integration dieser in ein digitales SFM unterstützt.

Im Weiteren wurde ein Vorgehen entwickelt, welches ermöglicht, den Nutzen von Kennzahlen zu quantifizieren und in ein Framework einzuordnen. Hier wurde untersucht, wie sich mobile Echtzeitentscheidungen auf Basis von Echtzeitdaten auf Produktionsprozesse auswirken. Als Ergebnis zeigten sich schnellere Entscheidungen, organisierte Arbeitsprozesse und motivierte Mitarbeiter:innen. Im Allgemeinen kann das in dieser Forschungsarbeit gewählte Vorgehen mühelos auf andere Unternehmen und Branchen angewandt werden. Somit besitzt diese Vorgehensweise eine hohe Praxistauglichkeit und Veränderungspotential, da hier branchenübergreifend Potentiale abgerufen werden können.

Mithilfe des Einsatzes von digitalen SFM wird die Transparenz der Produktionsprozesse gesteigert. So können Probleme und Störungen schnell erfasst und behoben werden, was wiederum Kosten aufgrund Ausfallzeiten oder Ausschuss verringert. Somit trägt das digitale SFM zu Unternehmenszielen wie Umsatzsteigerung und Kostensenkungen bei.

Darüberhinaus können auch im Bereich des Qualitätsmanagements Vorteile durch die echtzeitgenaue Erfassung von Kennzahlen und Maschinendaten, erreicht werden. Damit können zielgenaue und vorausschauende Qualitäts-Maßnahmen etabliert werden. Zudem können Arbeitsprozesse, durch die erhöhte Flexibilisierung der Arbeitnehmer:innen, optimiert und Stillstände vermieden werden.

Wie das Experiment zeigte, erhöht sich durch das digitale SFM die Motivation der Mitarbeiter:innen. Durch transparente Prozesse und Kennzahlen entsteht ein Gefühl der Beteiligung und Partizipation. Auch wird das Prozessverständnis und die Kommunikation unter den Mitarbeiter:innen durch die neu erlangte Transparenz der digitalen SFM-Prozesse auf ein hohes Niveau angehoben.

## **6.2. Diskussion**

### **6.2.1. Interpretation der Ergebnisse**

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde der Einfluss und das Potential von Big Data Analytics im Zuge des digitalen Shopfloor Managements auf produzierende Unternehmen untersucht.

#### **Framework zur Einstufung in Reifegradmodell**

Mithilfe der Entwicklung eines Frameworks wurde die Einordnung des Shopfloor Managements in Reifestufen ermöglicht. So kann der Status Quo in Unternehmen ermittelt werden. Diese Einordnung ist Grundlage für die Weiterentwicklung von Produktionsprozessen im Zuge der Industrie 4.0. Das Framework kann branchen- und unternehmensübergreifend eingesetzt werden. Somit bringt diese wissenschaftliche Arbeit eine praxisnahe Anwendung dieser Methode mit sich, welche von Unternehmen sofort eingesetzt werden kann.

#### **Einsatz von Echtzeitdaten in der Produktion als Erfolgsfaktor**

Der Einsatz von Echtzeitdaten in der Produktion kann positive qualitative und quantitative Effekte aufweisen. Diese Hypothese wurde in einem Feldexperiment bestätigt. Das Experiment zeigte eine signifikante Verbesserung in den Bereichen Durchlaufzeit, Arbeitsvorrat, Stress, Arbeitseinteilung und Motivation. Der Einsatz von Echtzeitdaten ermöglicht es Mitarbeiter:innen zufriedener zu machen und Prozesse effektiver und effizienter zu gestalten.

## **Digitalisierung des Shopfloor Managements als Erfolgsfaktor**

Die Digitalisierung des Shopfloor Managements im Zuge der Industrie 4.0 bietet produzierenden Unternehmen erhebliche Vorteile. Mitarbeiter:innen werden zu einer deutlich eigenständigeren Handlungsweise und Arbeitsweise entwickelt. Die gesamte Organisation entwickelt sich von einer zentralen zu einer dezentralen Handlungsstruktur. Dies ermöglicht schnelle und kurze Entscheidungswege und die Miteinbeziehung von Mitarbeiter:innen als Entscheidungsträger:innen. Abweichungen können durch digitale Unterstützung schneller erfasst und Gegenmaßnahmen definiert werden. Dadurch werden Ausfallzeiten reduziert und Fehlerkosten vermieden.

## **Vorgehensweise und Erstellung eines Demonstrationsprototypen digitales SFM**

Zusätzlich wird eine Vorgehensweise beschrieben, wie ein Prototyp für das digitale Shopfloor Management entwickelt werden kann. Die frühe Miteinbeziehung von beteiligten Mitarbeiter:innen konnte hier als Erfolgsfaktor für die technische Umsetzung und Implementierung des digitalen Shopfloor Managements festgestellt werden. Die Ergebnisse des Prototyping gibt produzierenden Unternehmen eine Vorstellung, wie prinzipiell ein digitales SFM aufgebaut und genutzt werden kann.

## **Validierung der Ergebnisse**

Die Ist-Analyse, das Feldexperiment und der Demonstrationsprototyp wurden in mehreren Iterationen validiert und können somit als wirksam eingestuft werden.

## **6.2.2. Grenzen der Untersuchung**

### **Begrenzte Anzahl an Untersuchungsobjekten**

Diese wissenschaftliche Arbeit befasst sich nur mit einem Unternehmen. Dadurch können mögliche abweichende Faktoren nicht umfassend berücksichtigt werden. So kann die externe Validität dieses Forschungsvorhabens nicht vollständig bestätigt werden.

Auch das Feldexperiment besitzt aufgrund der geringen Anzahl der Teilnehmer:innen nur eine bedingte Aussagekraft. Um die Validität des Feldexperiments zu erhöhen, müsste die Stichprobengröße stark gesteigert werden.

## **Fehlende Langzeiterfahrungen**

Die Untersuchungsdauer dieser Abschlussarbeit umfasste insgesamt neun Monate. Eindrücke und Erfahrungen im Bereich des digitalen Shopfloor Managements wurden in einem Zeitraum zwischen drei und sechs Monaten gesammelt. Für aussagekräftigere Langzeiterfahrungen empfiehlt sich eine Beobachtungsdauer über mehrere Jahre hinweg. Diese lange Beobachtungsdauer war mit den Rahmenbedingungen dieser Masterarbeit nicht vereinbar.

## **Berücksichtigung von Branchendifferenzen**

Differente Branchen werden geprägt von abweichenden Ausprägungen in folgenden Bereichen:

- Bildungsstand der Mitarbeiter:innen.
- Status Quo der Digitalisierung und Shopfloor Management.
- Durchlaufzeiten.
- Qualitätsverständnis.
- Regulatory und Public Affairs.
- Produktionsvolumen.

Da in dieser Masterarbeit nur ein Unternehmen aus der Luftfahrtlogistik betrachtet worden ist, können keine expliziten Aussagen über differente Branchen getätigt werden. Dafür ist eine branchenübergreifende Betrachtung notwendig.

## **6.3. Ausblick**

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen deutlich wie, digitales Shopfloor Management und die Nutzung von Echtzeitdaten in produzierenden Unternehmen als Erfolgsfaktoren genutzt werden können. Dennoch konnte aufgrund der geringen Stichprobengröße keine für die Grundgesamtheit der produzierenden Unternehmen repräsentative Aussage, sondern nur ein Hinweis, gegeben werden.

## **Appell für zukünftige Forschung**

Daher richtet sich mein Appell an zukünftige Forschende, den Einfluss von Echtzeitdaten und von digitalem Shopfloor Management genauer zu untersuchen und insbesondere die Stichprobengröße repräsentativ, also deutlich größer, zu gestalten. Eine Zusammenarbeit, insbesondere mit KMU-Unternehmen, ist anzustreben. Da besonders diese durch die Weiterentwicklung des Shopfloor Managements und durch die Nutzung von echtzeitbasierten Kennzahlen Wettbewerbsvorteile erzielen können.

Die in dieser Arbeit erarbeiteten Ergebnisse können in anderen Unternehmen und Branchen validiert und weiterentwickelt werden. So kann im nächsten Schritt ein explizites und praxisnahes Transferkonzept für z.B. KMU-Unternehmen entwickelt werden. Dieses Transferkonzept kann dann unmittelbar in der Praxis angewandt werden.

## **Digitale Transformationsprozesse als Erfolgstreiber**

Es zeigt sich, dass das Potential von Industrie 4.0 noch lange nicht ausgeschöpft ist. Der Wandel hin zu komplett vernetzten Wertschöpfungsketten steht erst noch an. Erst durch die Vernetzung von Einzellösungen können agile, flexible, globale und digitale Ökosysteme erschaffen werden. Diese ermöglichen erst die Zusammenführung von Daten in einer bisher nicht umsetzbaren Qualität und Quantität.

Zur Erreichung dieser Ökosysteme müssen Herausforderungen in den Bereichen digitale Infrastruktur, Sicherheit, Standards, Regularien, gesellschaftliche Teilhabe und Bildung überwunden werden.

Das digitale Shopfloor Management und der Einsatz von Echtzeitdaten sind als Teilbereiche des digitalen Transformationsprozesses zu sehen, welches die Umsetzung von digitalen und globalen Ökosystemen erst ermöglichen, durch eben diese können Produktion und Wettbewerbsfähigkeit langfristig gesichert werden. [BMc]

# Literaturverzeichnis

- [AH17] Andelfinger, Volker P.; Hänisch, Till: Industrie 4.0. 02 2017.
- [AM06] Alukal, George; Manos, Anthony: Lean Kaizen - A Simplified Approach to Process Improvements. Quality Press, 2006.
- [Au] Ausrüstung und Technik: Das Manipulationsfahrzeug tEODor.  
<https://www.bundeswehr.de/de/ausruetzung-technik-bundeswehr/landsysteme-bundeswehr/manipulationsfahrzeug-teodor>. Aufgerufen am: 17.03.2021.
- [BdI] Bundesministerium des Innern, Bau und Heimat: Organisationshandbuch - Dokumentenanalyse.
- [Be18] Bendel, Oliver, ed. Pflegeroboter. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018.
- [BH07] Bauer, Jürgen; Hayessen, Egbert: Controlling für Industrieunternehmen - Kompakt und IT-unterstützt - Mit SAP®-Fallstudie. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2007.
- [BH14] Botthof, Alfons; Hartmann, Ernst Andreas: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2014.
- [BHVH14] Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit, eds. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.
- [Bi00] Bismarck, Wolf-Bertram von: Das Vorschlagswesen: Von der Mitarbeiteridee bis zur erfolgreichen Umsetzung. Hampp, München, Mering, 2000.
- [Bi14] Bitkom, Fraunhofer: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer, Berlin/Stuttgart, 2014.
- [BLM13] Bogner, Alexander; Littig, Beate; Menz, Wolfgang: Das Experteninterview - Theorie, Methode, Anwendung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2013.
- [BMa] BMBF: Industrie 4.0.  
<https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>,  
Aufgerufen am: 17.11.2021.

- [BMb] BMVI: Intelligente Verkehrssysteme. <https://www.bmvi.de/DE/Themen\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{-}{}/Digitales/Intelligente-Verkehrssysteme/intelligente-verkehrssysteme.html>, Aufgerufen am: 11.11.2021.
- [BMc] BMWi: Leitbild 2030 für Industrie 4.0. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2019/10/kapitel-1-5-leitbild-2030-fuer-industrie-40.html>, Aufgerufen am: 28.11.2021.
- [BM15] BMWi: Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm Autonomik für Industrie 4.0. BMWi, Berlin, 2015.
- [BM18] BMI: Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung. Bundesministerium des Innern/Bundesverwaltungsamt, Berlin, 2018.
- [BP07] Böge, Wolfgang; Plaßmann, Wilfried, eds. Grundlagen und Grundbegriffe der Meßtechnik. In (Böge, Wolfgang; Plaßmann, Wilfried, eds): Vieweg Handbuch Elektrotechnik: Grundlagen und Anwendungen für Elektrotechniker. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, pp. 735–740, 2007.
- [Br08] Brunner, Franz J.: Japanische Erfolgskonzepte. Hanser, München, 2008.
- [Br17] Brunner, Franz: Japanische Erfolgskonzepte: KAIZEN, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance Shopfloor Management, Toyota Production System, GD<sup>3</sup> - Lean Development. pp. I–1, 06 2017.
- [BSG14] Bhatt, Chintan; Shah, Tadrash; Ganatra, Amit: Business Analytics - Applications and Practices for Continuous Iterative Exploration. CSI Communications, 38:10–13, 07 2014.
- [Bu12] Budde, Reinhard; Kautz, Karlheinz; Kühlenkamp, Karin; Züllighoven, Heinz: Prototyping - An Approach to Evolutionary System Development. Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, 2012.
- [BW13] Bassuk, James A.; Washington, Ida M.: The A3 Problem Solving Report: A 10-Step Scientific Method to Execute Performance Improvements in an Academic Research Vivarium. PLoS ONE, 8(10):e76833, October 2013.
- [Co14] Consultants, Roland Berger Strategy: Analysen zur Studie: Die digitale Transformation der Industrie. Detailbetrachtungen von Roland Berger Strategy Consultants im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. (BDI). BDI, 2014.
- [Da21] Dashboard Mock-Up-Beispiel. <https://www.abvt.com.au/power-bi/power-bi-dashboard-mockup-web/>, Feb 2021. Aufgerufen am: 05.12.2021.

- [DFK] DFKI. Industrie 4.0. <https://www.dfki.de/web/technologien-anwendungen/anwendungsfelder/industrie-40/>.
- [DIN] DIN. Grundlagen der Messtechnik- Teil 1: Grundbegriffe.
- [DIN19] DIN, Frankfurt am Main. DIN EN ISO 9241-220, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 220, Prozesse zur Ermöglichung, Durchführung und Bewertung menschenzentrierter Gestaltung für interaktive Systeme in Hersteller- und Betreiberorganisationen, 2019.
- [DJ18] Dolado, Daniel Rodriguez; Javier: Data Analysis in Software Engineering using R. Chapter 2 What is Data Mining / Knowledge Discovery in Databases (KDD), Dec 2018.
- [DSW07] Dietrich, Edgar; Schulze, Alfred; Weber, Stefan: Kennzahlensystem für die Qualitätsbeurteilung in der industriellen Produktion - Q-DAS Camera Konzept. Hanser, München, 2007.
- [Eg94] Eggers, Bernd: Ganzheitlich-vernetztes Management - Konzepte, Workshop-Instrumente und strategieorientierte PUZZLE-Methodik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1994.
- [EGS15] Eid, Michael; Gollwitzer, Mario; Schmitt, Manfred: Statistik und Forschungsmethoden -. Psychologie Verlagsunion, Weinheim, 2015.
- [Ei08] Eichholz, Rüdiger R.: Berichtswesen und Informationsmanagement. Beck, München, 2008.
- [Fa12] Fang, X.; Misra, S.; Xue, G.; Yang, D.: Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey. IEEE Communications Surveys Tutorials, 14(4):944–980, 2012.
- [FL15] Franke, Ulrike Esther; Leveringhaus, Alexander: Militärische Robotik. In (Jäger, Thomas, ed.): Handbuch Sicherheitsgefahren. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, pp. 297–311, 2015.
- [Fr] Franz, Oliver: Komponenten eines BI-Systems. Teil 1: Erst denken, dann handeln Teil 2: Software. HICO-Group. <http://docplayer.org/212366996-Komponenten-eines-bi-systems-teil-1-erst-denken-dann-protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}-handeln-teil-2-software.html>, Aufgerufen am: 05.12.2021.
- [Fr15] Fraunhofer, Agiplan: Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). BMWi, Berlin, 2015.
- [Ga13] Ganschar, Oliver: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0 - Studie. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2013.

- [Gl08a] Gladen, Werner: Performance measurement - Controlling mit Kennzahlen. Gabler, Wiesbaden, 2008.
- [Gl08b] Gleich, Ronald: Management Reporting - Grundlagen, Praxis und Perspektiven. Haufe-Lexware, Planegg, München, 2008.
- [Gl08c] Gluchowski: Datenbereitstellung: Data Warehousing. In: Management Support Systeme und Business Intelligence: Computergestützte Informationssysteme für Fach- und Führungskräfte. Springer Berlin Heidelberg, pp. 117–142, 2008.
- [Gr95] Grochla, Erwin: Grundlagen der organisatorischen Gestaltung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1995.
- [Ha14] Handel, Michael J.: Theories of lean management: An empirical evaluation. Social Science Research, 44:86–102, 2014.
- [He11] Heinecke, Andreas M.: Mensch-Computer-Interaktion - Basiswissen für Entwickler und Gestalter. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2011.
- [HGS15] Horvath, Péter; Gleich, Ronald; Seiter, Mischa: Controlling. Vahlen, Muenchen, 2015.
- [Hi07] Himme, Alexander: Gütekriterien der Messung: Reliabilität, Validität und Generalisierbarkeit. In (Albers, Sönke; Klapper, Daniel; Konradt, Udo; Walter, Achim; Wolf, Joachim, eds): Methodik der empirischen Forschung. Gabler, Wiesbaden, pp. 375–390, 2007.
- [HM15] Horvath, Peter; Michel, Uwe: Controlling im digitalen Zeitalter. Schäffer-Poeschel, 2015.
- [HSE13] Hussy, Walter; Schreier, Margrit; Echterhoff, Gerald: Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. Springer Berlin Heidelberg, Wiesbaden, 2013.
- [Ins05] Institute for Standardization (ISO), International Organization. ISO/IEC 25000:2005, Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), 2005.
- [Ja07] Jacko, Julie A.: Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability - 12th International Conference, HCI International 2007, Beijing, China, July 22-27, 2007, Proceedings, Part I. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [JHQ16] Jung, Rüdiger H.; Heinzen, Mareike; Quarg, Sabine: Allgemeine Managementlehre - Lehrbuch für die angewandte Unternehmens- und Personalführung. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2016.
- [Ka14] Kauffeld, Simone: Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2014.

- [KBM10] Kemper, Hans-Georg; Baars, Henning; Mehanna, Walid: Business Intelligence-Grundlagen und praktische Anwendungen: Eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung. 01 2010.
- [Ke13] Keuper, Frank; Hamidian, Kiumars; Verwaayen, Eric; Kalinowski, Torsten; Kraijo, Christian: Digitalisierung und Innovation - Planung - Entstehung - Entwicklungsperspektiven. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2013.
- [Kl16] Kletti, Jürgen: MES - Manufacturing Execution System - Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung. Springer Berlin Heidelberg, Wiesbaden, 2016.
- [KN97] Kaplan, Robert S.; Norton, David P.: Balanced scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1997.
- [KS12] Klein, Andreas; Schnell, Harald: Controlling in der Produktion - Instrumente, Strategien und Best-Practices. Haufe-Lexware, Planegg, München, 2012.
- [KWH13] Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes: Recommendations for implementing the strategic initiative Industry 4.0. April 2013.
- [La14] Lasi, Heiner; Fettke, Peter; Kemper, Hans-Georg; Feld, Thomas; Hoffmann, Michael: Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 6(4):239–242, June 2014.
- [La18a] Lanza, G.; Nyhuis, P.; Fisel, J.; Jacob, A.; Nielsen, L.: Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0 (acatech Studie). 02 2018.
- [La18b] Lanza, Gisela; Hofmann, Constantin; Stricker, Nicole; Biehl, Esther; Braun, Yannik: Auf dem Weg zum digitalen Shopfloor Management - eine Studie zum Stand der Echtzeitentscheidungsfähigkeit und des Industrie 4.0-Reifegrads. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2018.
- [Li] Liebermeister, Barbara: Führungskompetenzen im digitalen Zeitalter. IFIDZ-Meta-Studie 2019.  
[https://www.procure.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/PROCURE\\_SWISS\\_MAGAZIN/Metastudie\\_Fuehrungskompetenzen\\_im\\_digitalen\\_Zeitalter.pdf](https://www.procure.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/PROCURE_SWISS_MAGAZIN/Metastudie_Fuehrungskompetenzen_im_digitalen_Zeitalter.pdf),  
 Aufgerufen am 31.12.2021.
- [LM] Lanza, Gisela; Maurer, Timo: Schlussbericht - Zielgerichteter Einsatz echtzeitbasierter Kennzahlen im Shopfloormanagement. Bundesvereinigung Logistik.
- [Lo16] Lodding, Hermann: Verfahren der Fertigungssteuerung - Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2016.

- [LP18] Leyendecker, Bert; Pötters, Patrick: Shopfloor Management: Führung am Ort des Geschehens. Pocket Power 075. Hanser, München, 2018. OCLC: 985981044.
- [Ma09] Maywald, Anke: Professionalisierung Sozialer Arbeit durch Qualitätsmanagement? - Eine Studie zur Effektivität und Effizienz von QM-Systemen für den Sozialen Bereich. Diplomica Verlag, Hamburg, 2009.
- [MG08] Mummendey, Hans D; Grau, Ina: Die Fragebogen-Methode. Hogrefe Verlag, Göttingen, 2008.
- [MH] Mockup-Hunt: Mock-Up Vorlagen.  
<https://mockuphunt.co/products/flat-2d-apple-devices-mockup-pack>,  
 Aufgerufen am: 29.10.2021.
- [Mi] Minitab: Normalverteilung-Diagramm. <https://support.minitab.com/de-de/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/normal-capability-analysis/interpret-the-results/key-results/>,  
 Aufgerufen am: 29.11.2021.
- [Mi16] Mischa, Seiter: Roadmap Industrie 4.0. Ihr Weg zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0: mit Praxisbeispielen der Unternehmen Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH. 2016.
- [Mo12] Moser, Christian: User Experience Design - Mit erlebniszentrierter Softwareentwicklung zu Produkten, die begeistern. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2012.
- [Mr00] Mrak, Mojmir: Globalization: Trends, Challenges and Opportunities for Countries in Transition. In: Industrial Development Organization. Vienna, 2000.
- [Mu15] Mueller, Manfred: Risiko- und Fehlermanagement in der Luftfahrt: Kann die Medizin davon profitieren? Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 58(1):95–99, January 2015.
- [PB96] Pomberger, Gustav; Blaschek, Günther: Software-Engineering - Prototyping und objektorientierte Software-Entwicklung. Hanser, München, 1996.
- [Pe09] Peters, Remco: Shopfloor-Management - Führen am Ort der Wertschöpfung. LOGX, Ludwigsburg, 2009.
- [PML10] Plattner, Hasso; Meinel, Christoph; Leifer, Larry: Design Thinking - Understand – Improve – Apply. Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, 2010.

- [Po15] Posada, J.; Toro, C.; Barandiaran, I.; Oyarzun, D.; Stricker, D.; de Amicis, R.; Pinto, E. B.; Eisert, P.; Döllner, J.; Vallarino, I.: Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2):26–40, 2015.
- [Ro10] Rose, Mohd; Nasser, Ahmad; Deros; Rahman: Development of framework for lean manufacturing implementation in SMEs. 12 2010.
- [RSE13] Rahman, Nor Azian Abdul; Sharif, Sariwati Mohd; Esa, Mashitah Mohamed: Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7:174–180, 2013. International Conference on Economics and Business Research 2013 (ICEBR 2013).
- [Sc] Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Dumitrescu, Roman; Krüger, Antonio; Hompel, Michael ten: Industrie 4.0 Maturity Index die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. *acatech Studie*. <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>, Aufgerufen am 21.11.2021.
- [Sc06] Scholz, Peter: Softwareentwicklung eingebetteter Systeme - Grundlagen, Modellierung, Qualitätssicherung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2006.
- [Sc17] Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Hompel, Michael ten; Wahlster, Wolfgang: Industrie 4.0 Maturity Index - Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. Herbert Utz Verlag, München, 2017.
- [Si] Simplefactory: Shopfloortafel. [https://simplefactory.de/image/catalog/Onlineshop\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{-}{-}produktsets/Shopfloortafel1169pngV2.png\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{-}{-}.pagespeed.ce.Lk6\\_1KAVhF.png](https://simplefactory.de/image/catalog/Onlineshop\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{-}{-}produktsets/Shopfloortafel1169pngV2.png\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{-}{-}.pagespeed.ce.Lk6_1KAVhF.png), Aufgerufen am: 23.11.2021.
- [SSS15] Schubel, Alexander; Seel, Christian; Schneider, Markus: Referenzmodelle für die Produktions- und Logistikgestaltung in KMUs mit diskreter Produktion. pp. 48–57, 07 2015.
- [St15] Steinle, Claus: Ganzheitliches Management - Eine mehrdimensionale Sichtweise integrierter Unternehmensführung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2015.
- [Su94] Suzuki, K.: Die ungenutzten Potentiale: neues Management im Produktionsbetrieb. Hanser, 1994.
- [SW15] Sanders, Adam; Wulfsberg, Jens: Industrie 4.0: Shopfloor Management im Wandel. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 110(10):653–656, October 2015.
- [VDI94] VDI. Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung: 2247, 1994.

- [VDM14] VDMA, McKinsey. Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau. Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren, 2014.
- [WCZ15] Wan, J.; Cai, H.; Zhou, K.: Industrie 4.0: Enabling technologies. In: Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things. pp. 135–140, 2015.
- [We14] Weiss, Zilch, Schmeiler: Industrie 4.0 Status Quo und Entwicklungen in Deutschland. 2014.
- [WGD05] Winther, Rune; Gran, Bjoern Axel; Dahll, Gustav: Computer Safety, Reliability, and Security - 24th International Conference, SAFECOMP 2005, Fredrikstad, Norway, September 28-30, 2005, Proceedings. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [WH07] Wilde, Thomas; Hess, Thomas: Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik. Wirtschaftsinformatik, 49(4):280–287, 2007.
- [Wi06] Wilde, Hess: Methodenspektrum der Wirtschaftsinformatik: Überblick und Portfoliobildung; Arbeitsbericht. Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006.
- [Wu11] Wu, Jianguo: Improving the writing of research papers: IMRAD and beyond. Landscape Ecology, 26(10):1345–1349, November 2011.

# A. Ergänzende Materialien

## A.1. Fragebögen

**Interviewleitfaden – semistrukturiert**

Einleitung:

- Begrüßung und Vorstellung des:der Interviewer:in
- Hinweise zu Ablauf und Länge des Interviews
- Information zur Verwendung und Speicherung der Daten
- Unterzeichnung der Einverständniserklärung und Datenschutzerklärung
- Eisbrecherfrage (z.B.: „Seit wann arbeiten Sie in dieser Abteilung?“)
- Erklärung des SFM-Prinzips

Hauptteil:

- Geschlossene oder offene Fragen zu den jeweiligen Thematiken

Abschluss:

- Hinweis auf Verwendung der Daten
- Weiterer Ablauf

Generell:

- Vermeidung von Suggestivfragen
- Transkription des Interviews

Abbildung A.1.1.: Interviewleitfaden  
Quelle: eigene Darstellung

## Fragebogen zum Thema Wareneingangsprozess – Business Analytics

Name: *(Angabe freiwillig)*

Datum:

### Frage 1: Stress

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Der Prozess Wareneingang ist durch den Einsatz von Echtzeitkennzahlen weniger hektisch/stressig.

Stimme  
zu (1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

### Frage 2: Arbeitseinteilung

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Die Arbeitseinteilung im Prozess Wareneingang ist durch den Einsatz von Echtzeitkennzahlen koordinierter geworden.

Stimme  
zu (1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

### Frage 3: Motivation

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Durch den Einsatz von Echtzeitkennzahlen im Prozess Wareneingang bin ich motivierter.

Stimme  
zu (1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

Abbildung A.1.2.: Interview Experiment

Quelle: eigene Darstellung

## Fragebogen zum Thema digitales SFM

Name: *(Angabe freiwillig)*

Datum:

### Leitfrage 1

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Das Konzept des digitalen SFM ist verständlich.

Stimme zu  
(1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu (6)

### Leitfrage 2

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Eine selbstständige Arbeitsauftragszuweisung wird angewandt.

Stimme zu  
(1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

### Leitfrage 3

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Das digitale SFM kann als „ästhetisch“ betrachtet werden.

Stimme zu  
(1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

### Leitfrage 4

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Die Kennzahlenberechnungen erfolgen fehlerfrei.

Stimme zu  
(1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

### Leitfrage 5

Bitte kreuze an, inwiefern die folgende Aussage auf dich zu trifft:  
Navigations- und Struktursystematiken sind nachvollziehbar.

Stimme zu  
(1)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Stimme  
nicht zu  
(6)

Abbildung A.1.3.: Interview Validierung  
Quelle: eigene Darstellung

## A.2. Prozess-Skizzen

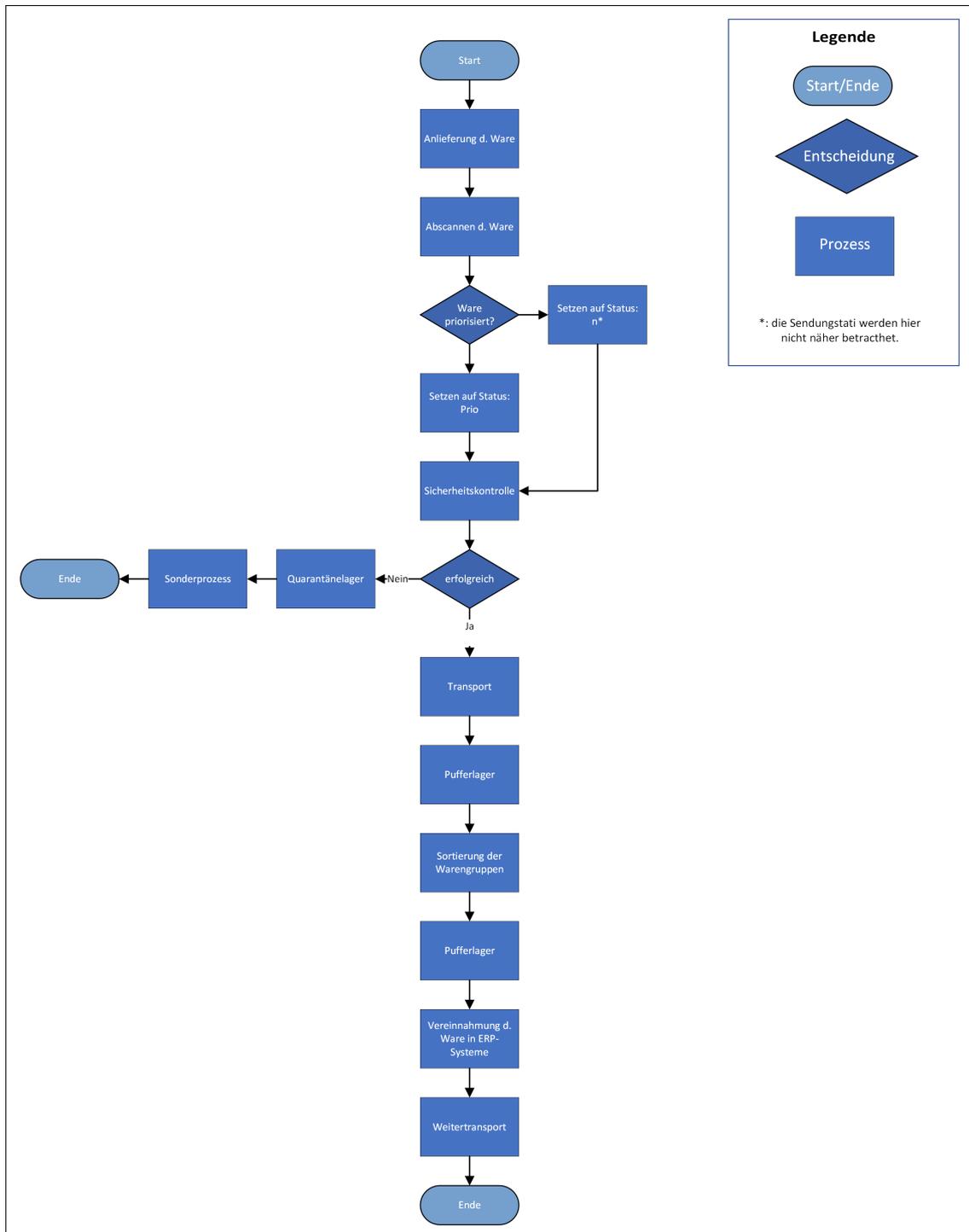


Abbildung A.2.1.: Wareneingangsprozess  
Quelle: eigene Darstellung

## A.3. Programmierung R

### A.3.1. Quellcodes

```
1 library(psych)
2 #Histogram DLZ_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$DLZ,main="Durchlaufzeit ohne Echtzeitdaten",xlab="
  Minuten",ylab="Haeufigkeit")
4 box()
5 #Histogram DLZ
6 hist(Auswertung_Experiment$DLZ_E,main="Durchlaufzeit mit Echtzeitdaten",xlab="
  Minuten",ylab="Haeufigkeit")
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$DLZ_E)
10 #Boxplot DLZ Vergleich
11 boxplot(Auswertung_Experiment,main="Boxplot DLZ")
12
13 #Wilcox Test
14 wilcox.test(Auswertung_Experiment$DLZ,Auswertung_Experiment$DLZ_E,paired=
  TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.int = FALSE)
```

Quellcode A.3.1.1:

Quelle: eigene Erstellung

```
1 library(psych)
2 #Histogram Fehler_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$Fehler,main="Fehler ohne Echtzeitdaten",xlab="
  Anzahl Fehler",ylab="Haeufigkeit",xlim=c(0,1))
4 box()
5 #Histogram Fehler
6 hist(Auswertung_Experiment$Fehler_E,main="Fehler mit Echtzeitdaten",xlab="
  Anzahl Fehler",ylab="Haeufigkeit")
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$Fehler)
10 #Boxplot Fehler Vergleich
11 boxplot(Auswertung_Experiment,main="Boxplot Fehler")
12
13 #Wilcox Test
14 wilcox.test(Auswertung_Experiment$Fehler,Auswertung_Experiment$Fehler_E,
  paired=TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.int = FALSE)
```

Quellcode A.3.1.2:

Quelle: eigene Erstellung

```

1 library(psych)
2 #Histogram Arbeitsvorrat_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat ,main="Arbeitsvorrat ohne
      Echtzeitdaten" ,xlab="Arbeitsvorrat Anzahl" ,ylab="Haeufigkeit" )
4 box()
5 #Histogram Arbeitsvorrat
6 hist(Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat_E ,main="Arbeitsvorrat mit
      Echtzeitdaten" ,xlab="Arbeitsvorrat Anzahl" ,ylab="Haeufigkeit" )
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat_E)
10 #Boxplot Arbeitsvorrat Vergleich
11 boxplot(Auswertung_Experiment ,main="Boxplot Arbeitsvorrat")
12
13 #Wilcox Test
14 wilcox.test(Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat ,Auswertung_Experiment$
      Arbeitsvorrat_E ,paired=TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.int =
      FALSE)

```

Quellcode A.3.1.3:

Quelle: eigene Erstellung

```

1 library(psych)
2 #Histogram Arbeitseinteilung_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung ,main="Arbeitseinteilung ohne
      Echtzeitdaten" ,xlab="Arbeitseinteilung-Skala" ,ylab="Haeufigkeit" ,xlim=c
      (1,5))
4 box()
5 #Histogram Arbeitseinteilung
6 hist(Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung_E ,main="Arbeitseinteilung mit
      Echtzeitdaten" ,xlab="Arbeitseinteilung-Skala" ,ylab="Haeufigkeit" ,xlim=c
      (1,5))
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung)
10 #Boxplot Arbeitseinteilung Vergleich
11 boxplot(Auswertung_Experiment ,main="Boxplot Arbeitseinteilung" ,ylim=c(1,5))
12
13 #Wilcox Test
14 wilcox.test(Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung ,Auswertung_Experiment$
      Arbeitseinteilung_E ,paired=TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.
      int = FALSE)

```

Quellcode A.3.1.4:

Quelle: eigene Erstellung

```

1 library(psych)
2 #Histogram Motivation_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$Motivation,main="Motivation ohne Echtzeitdaten",
      xlab="Motivationskala",ylab="Haefigkeit",xlim=c(1,5))
4 box()
5 #Histogram Motivation
6 hist(Auswertung_Experiment$Motivcation_E,main="Motivation mit Echtzeitdaten",
      xlab="Motivationskala",ylab="Haeufigkeit",xlim=c(1,5))
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$Motivation)
10 describe(Auswertung_Experiment$Motivcation_E)
11 #Boxplot Motivation Stress
12 boxplot(Auswertung_Experiment,main="Boxplot Motivation",ylim=c(1,5))
13
14 #Wilcox Test
15 wilcox.test(Auswertung_Experiment$Motivation,Auswertung_Experiment$
      Motivcation_E, paired=TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.int =
      FALSE)

```

Quellcode A.3.1.5:

Quelle: eigene Erstellung

```

1 library(psych)
2 #Histogram Stress_ohne
3 hist(Auswertung_Experiment$Stress,main="Stressfaktor ohne Echtzeitdaten",xlab
      ="Stressfaktorskala",ylab="Haeufigkeit",xlim=c(1,5))
4 box()
5 #Histogram Stress
6 hist(Auswertung_Experiment$Stress_E,main="Stressfaktor mit Echtzeitdaten",
      xlab="Stressfaktorskala",ylab="Haeufigkeit",xlim=c(1,5))
7 box()
8 #Beschreibung der Daten
9 describe(Auswertung_Experiment$Stress)
10 describe(Auswertung_Experiment$Stress_E)
11 #Boxplot Arbeitseinteilung Stress
12 boxplot(Auswertung_Experiment,main="Boxplot Stressfaktor",ylim=c(1,5))
13
14 #Wilcox Test
15 wilcox.test(Auswertung_Experiment$Stress,Auswertung_Experiment$Stress_E,
      paired=TRUE ,exact = FALSE, correct = FALSE, conf.int = FALSE)

```

Quellcode A.3.1.6:

Quelle: eigene Erstellung

### A.3.2. Outputs

Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$DLZ)
vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 149 29.37 11.85    29  29.19 16.31 10 50   40 0.07   -1.27 0.97
```

Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$DLZ_E)
vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 149 17.33 7.37    17  17.37 8.9   5 30   25 -0.01   -1.23 0.6
```

Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$DLZ and Auswertung_Experiment$DLZ_E
V = 9409.5, p-value = 2.729e-15
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.1.: Output R Code: DLZ  
Quelle: eigene Darstellung

Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$Fehler)
vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 149 0.06 0.24    0    0  0  0  1   1 3.65   11.42 0.02
```

Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$Fehler_E)
vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
X1    1 149 0.04 0.2    0    0  0  0  1   1 4.63   19.57 0.02
```

Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$Fehler and Auswertung_Experiment$Fehler_E
V = 20, p-value = 0.2568
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.2.: Output R Code: Fehler  
Quelle: eigene Darstellung

### Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
X1	1	149	3.17	2.12	3	3.21	2.97	0	6	6	-0.21	-1.33	0.17

### Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
X1	1	149	0.99	0.82	1	0.98	1.48	0	2	2	0.02	-1.53	0.07

### Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat and Auswertung_Experiment$Arbeitsvorrat_E
V = 7959, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.3.: Output R Code: Arbeitsvorrat  
Quelle: eigene Darstellung

### Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
X1	1	12	3.17	0.83	3	3.1	0	2	5	3	0.59	-0.26	0.24

### Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
X1	1	12	2.33	0.65	2	2.4	0.74	1	3	2	-0.34	-1.05	0.19

### Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung and Auswertung_Experiment$Arbeitseinteilung_E
V = 15, p-value = 0.04123
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.4.: Output R Code: Arbeitseinteilung  
Quelle: eigene Darstellung

### Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$Motivation)
  vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis  se
X1     1 12 3.17 0.58     3    3.2  0  2  4     2 0.05   -0.52 0.17
```

### Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$Motivcation_E)
  vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis  se
X1     1 12 2.08 0.67     2    2.1  0  1  3     2 -0.07   -0.97 0.19
```

### Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$Motivation and Auswertung_Experiment$Motivcation_E
V = 45, p-value = 0.005888
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.5.: Output R Code: Motivation

Quelle: eigene Darstellung

### Beschreibung der Daten ohne Echtzeitdaten

```
  vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis  se
X1     1 12 3.17 0.94     3    3.1  0  2  5     3 0.92   -0.16 0.27
```

### Beschreibung der Daten mit Echtzeitdaten

```
> describe(Auswertung_Experiment$Stress_E)
  vars  n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis  se
X1     1 12 2.33 0.78     2    2.3  0  1  4     3 0.51   -0.38 0.22
```

### Wilcoxon Test

```
Wilcoxon signed rank test

data: Auswertung_Experiment$Stress and Auswertung_Experiment$Stress_E
V = 45, p-value = 0.003892
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Abbildung A.3.2.6.: Output R Code: Stress

Quelle: eigene Darstellung

## A.4. Erweiterung SFM Demonstrationsprototypen

Wochenthema	
KW	
Mo	
Di	
Mi	
Do	
Fr	
Sa	
So	

Abbildung A.4.1.: Wochenthema  
Quelle: eigene Darstellung

Übersicht Status Betriebsmittel			
KW			
		Stapler	
		Autos	
		Regalbediengeräte	
		Verpackungsmaschinen	
		Förderungstechnik	
		Autostore	
		Sonstiges	

Abbildung A.4.2.: Status Betriebsmittel  
Quelle: eigene Darstellung



### Maßnahmenblatt

KW <input type="text"/>					
Datum	Problem	Maßnahme	Verantwortlich	Termin	Status
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

Maßnahme geplant    
  Umsetzung    
  Umsetzung    
  Wirksamkeit

Abbildung A.4.5.: Maßnahmenblatt  
 Quelle: eigene Darstellung

### Wiedervorlage

KW <input type="text"/>													
Datum	Thema	Bereich	Arb.Sicher.	Qualität	Mehraufw.	Termin-treue	Sonstige	Verant-wortlich	Datum (Start)	Feedback bis	Ziel-termin	Eskalation (An/Datum)	Status
													<input type="checkbox"/>
													<input type="checkbox"/>
													<input type="checkbox"/>
													<input type="checkbox"/>
													<input type="checkbox"/>

Abbildung A.4.6.: Wiedervorlage  
 Quelle: eigene Darstellung

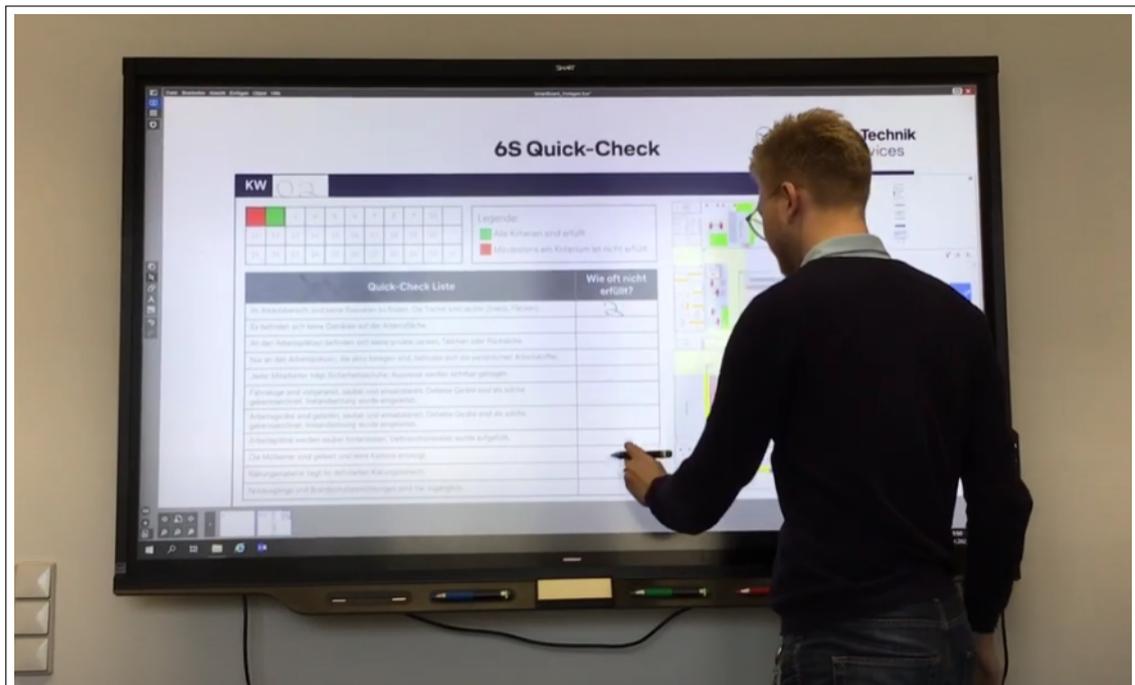
## 6S Quick-Check

KW										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Legende:  
■ Alle Kriterien sind erfüllt  
■ Mindestens ein Kriterium ist nicht erfüllt

Quick-Check Liste	Wie oft nicht erfüllt?
Im Arbeitsbereich sind keine Esswaren zu finden. Die Tische sind sauber (Staub, Flecken).	
Es befinden sich keine Getränke auf der Arbeitsfläche.	
An den Arbeitsplätzen befinden sich keine private Jacken, Taschen oder Rucksäcke.	
Nur an den Arbeitsplätzen, die aktiv belegt sind, befinden sich die persönlichen Arbeitskoffer.	
Jeder Mitarbeiter trägt Sicherheitsschuhe; Ausweise werden sichtbar getragen.	
Fahrzeuge sind vollgetankt, sauber und einsatzbereit. Defekte Geräte sind als solche gekennzeichnet. Instandsetzung wurde eingeleitet.	
Arbeitsgeräte sind geladen, sauber und einsatzbereit. Defekte Geräte sind als solche gekennzeichnet. Instandsetzung wurde eingeleitet.	
Arbeitsplätze werden sauber hinterlassen. Verbrauchsmaterial wurde aufgefüllt.	
Die Mülleimer sind geleert und leere Kartons entsorgt.	
Klärungsmaterial liegt im definierten Klärungsbereich.	
Notausgänge und Brandschutzeinrichtungen sind frei zugänglich.	

Abbildung A.4.7.: 6S Qick-Check  
 Quelle: eigene Darstellung



<https://www.youtube.com/watch?v=12oQAU21-Gk>

Abbildung A.4.8.: Videolink Anwendung Smartboard; Quelle: eigene Anwendung