

Duale Hochschule Baden-Württemberg, Heidenheim an der Brenz

Studiengang Wirtschaftsinformatik in der Fakultät Wirtschaft

3710344



Umsetzung der Digitalisierung und Automatisierung in der Reinraumlogistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH

Optimierung interdisziplinärer Schnittstellen und Implementierung von Scannerlösung zur
Reduzierung manueller Arbeit

vorgelegt von

Lorenz Schlickenrieder

Hauptstraße 36,

89522 in Heidenheim an der Brenz

Wissenschaftliche Betreuung:

Dr. Christopher Reichstein

Abstract

Diese Bachelorarbeit untersucht die Effizienzsteigerung und Reduktion der manuellen Arbeitslast durch die Implementierung von Handscannerlösungen und zugehöriger Software in der Reinraum-Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH. Die zentrale Fragestellung lautet, in welchem Maße die Handscannerlösungen zur Effizienzsteigerung beitragen und wie sie die manuelle Arbeitslast reduzieren können.

Zur Beantwortung dieser Frage wird eine Methodik angewandt, die Rapid Prototyping und eine umfassende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung umfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Implementierung der Handscannertechnologie die durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Buchungsvorgang signifikant reduziert. Konkret wird ein Zeitersparnis von 8,8 Sekunden pro Buchungsvorgang erreicht, was bei einer täglichen Buchungsrate von etwa 170 Buchungen pro Mitarbeiter zu einem monatlichen Zeitersparnis von rund 9 Stunden pro Mitarbeiter führt. Die wirtschaftliche Bewertung der Implementierung zeigt, dass die Einsparungen durch die reduzierte Arbeitszeit und die gesteigerte Effizienz die Implementierungskosten deutlich übersteigen. Die qualitative Analyse deutet zudem auf erhebliche potenzielle Einsparungen durch die Reduktion manueller Fehler hin, was die Gesamteffizienz weiter verbessert und die Betriebskosten senkt.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik und zeigen, dass Handscannerlösungen eine wertvolle Investition zur Optimierung der Prozessabläufe darstellen.

Geheimhaltungshinweis

Die hier vorliegende Arbeit „Umsetzung der Digitalisierung und Automatisierung in der Reinraumlogistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH“ darf aus Gründen der Geheimhaltung, respektive der Wahrung der Interessen der Carl Zeiss AG an der „Dualen Hochschule Baden-Württemberg Heidenheim“ nur Personen mit einem berechtigten Interesse zugänglich gemacht werden.

Sie ist vertraulich zu behandeln und entsprechend zu archivieren.

Diese Restriktion behält ihre Gültigkeit, bis die hier gewonnenen Erkenntnisse und Informationen auf andere Weise allgemein bekannt geworden sind oder die Carl Zeiss AG schriftlich auf die Geheimhaltung dieser Informationen verzichtet hat.

..... Oberkochen , 20.06.2024

Ort, Datum

.....

i. V. (für das Unternehmen)

Schlickenrieder, Lorenz

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Zielsetzung der Arbeit	1
1.2 Motivation für die Arbeit.....	2
1.3 Gliederung der Arbeit	2
2 Theoretischer Hintergrund	4
2.1 Grundlagen der Reinraum-Logistik.....	4
2.1.1 Just-In-Time (JIT) in der Reinraumlogistik	4
2.1.2 Spezifische Lageranforderungen und Herausforderungen in der Lieferkette	6
2.2 Überblick über Hands scanner-Technologien und Softwarelösungen.....	8
2.2.1 Bedeutung der Softwareintegration bei Hands scanner-Technologien	9
2.3 Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Fertigungslogistik.....	10
3 Stand der Forschung und Technik.....	11
3.1 Aktuelle Anwendungen von Hands cannern in der Logistik	11
3.1.1 Optimierung der Logistikprozesse durch den Einsatz von Hands scanner-Technologien	12
3.2 Spezifische Herausforderungen in der Reinraum-Logistik der Halbleiterindustrie...	12
3.3 Aktuelle Fallstudien	13
3.3.1 Fallstudie: RFID-Handschuh an der Technischen Universität München	14
3.3.2 Fallstudie: Anwendung von Kennzeichnungstechnologien in der Holzlogistik..	15
4 Methodik.....	16
4.1 Forschungsdesign	16
4.2 Vorstellung der Methoden	17
4.2.1 Rapid Prototyping (RP)	17
4.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	19
4.3 Datenerhebung und -analyse	20

4.4	Kriterien für Evaluation	21
5	Implementierung	22
5.1	Rapid Prototyping	22
5.1.1	Konzeptionsphase (Prototyping)	23
5.1.2	Entwicklungsphase (Review)	23
5.1.3	Optimierungsphase (Refine)	24
5.2	Vorschläge für Optimierungen	25
6	Ergebnisse	26
6.1	Zeitmessung und Analyse der Ergebnisse	27
6.2	Quantitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	28
6.2.1	Arbeitszeitanalyse	28
6.2.2	Mitarbeiterkosten für die Carl Zeiss SMT GmbH	29
6.2.3	Implementierungskosten	30
6.2.3.1	Betriebskosten für einen angesetzten Fünfjahreszeitraum	32
6.2.4	ROI-Berechnung	33
6.3	Einsparungspotential für Fünfjahreszeitraum	34
6.4	Qualitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	34
7	Diskussion	35
7.1	Interpretation der Ergebnisse im Kontext der Forschungsfrage	36
7.1.1	Effizienzsteigerung durch Zeitersparnis	36
7.1.2	Wirtschaftliche Bewertung der Scannerimplementierung	37
7.2	Limitationen der Forschung	38
7.3	Ausblick und zukünftige Forschungen	40
8	Fazit	40
	Literaturverzeichnis	43
9	Anhang	48
9.1	Gesprächstranskript Interview W. Weckenmann	48
9.2	Zeitmessung Tabelle	51
	Eidesstattliche Erklärung	54

Abkürzungsverzeichnis

EUV	Extreme Ultra Violet
JIT	Just-In-Time
HiNA	High Numeric Apperture
LoNA	Low Numeric Apperture
SMT	Semiconductor Manufacturing Technology
ROI	Return on Investment
SDK	Software Development Kit
RP	Rapid Prototyping
IK	Investitionskosten
RFID	Radio Frequency Identification
UHF	Ultra High Frequency

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prototyping Prozessablauf Schema	22
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitmessung - Vergleich	27
Tabelle 2: Zeitmessung - Gesamtergebnis im Durchschnitt	27
Tabelle 3: Wirtschaftlichekitsberechnung - Optimierung Vergleich Arbeitszeitstunden.....	29
Tabelle 4: Wirtschaftlichekitsberechnung - Ermittlung Lohnkosten	30
Tabelle 5: Wirtschaftlichekitsberechnung - Ermittlung Implementierungskosten	31
Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Gesamtwertschöpfung pro Mitarbeiter in Euro ...	31
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Kosten für Folgejahre.....	32
Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsberechnung - ROI Ermittlung mit u. ohne Sensitivität.....	33
Tabelle 9: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Fünf Jahre Betrachtung.....	34

1 Einleitung

Die Carl Zeiss SMT GmbH, eine Tochtergesellschaft der Carl Zeiss AG, ist ein führender Anbieter von Systemlösungen für die Halbleiterfertigung. Mit ihrem Fokus auf fortschrittliche Mikrolithografie, welche die Herstellung von Mikrochips ermöglicht, spielt die Carl Zeiss SMT GmbH eine zentrale Rolle in der Halbleiterindustrie. Das Unternehmen zeichnet sich durch seine tiefgreifenden Kenntnisse in der Optik und Elektronik aus und ist bekannt für seine innovativen Technologien, die in sauberen und hochpräzisen Reinraumumgebungen zum Einsatz kommen. In der heutigen Ära der Digitalisierung und Automatisierung steht die Carl Zeiss SMT GmbH vor der Herausforderung, ihre Reinraumlogistik kontinuierlich zu optimieren, um den hohen Anforderungen in der Halbleiterfertigung gerecht zu werden. Diese Optimierung ist entscheidend, da sie nicht nur höchste Präzision erfordert, sondern auch eine effizienzorientierte Prozessgestaltung. Vor dem Hintergrund einer zunehmend anspruchsvollen Marktdynamik und dem ständigen Streben nach Kosteneffizienz wird die Reduktion manueller Arbeitsvorgänge immer wichtiger.

Die vorliegende Bachelorarbeit fokussiert sich auf diese spezifische Herausforderung und untersucht die Einführung und Implementierung von Handscannern bei der Carl Zeiss SMT GmbH. Dieser technologische Fortschritt hat das Potenzial, den Datenerfassungsprozess zu automatisieren und die Prozessabläufe signifikant zu verbessern. Durch die Implementierung dieser Handscannerlösungen strebt das Unternehmen an, seine Effizienz zu steigern, die Fehlerquote zu minimieren und letztendlich die Produktionskosten zu senken, was einen direkten Einfluss auf die Produktivität und Wirtschaftlichkeit der gesamten Fertigungskette hat.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Die zentrale Zielsetzung dieser Arbeit liegt in der sorgfältigen Untersuchung, wie Handscanner und die zugehörige Software die logistischen Prozesse innerhalb des Reinraums von Carl Zeiss SMT effizienter gestalten können. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Reduzierung der Prozesszeiten gelegt, um die Personalkosten signifikant zu senken. Durch die Minimierung manueller Tätigkeiten soll nicht nur die Fehleranfälligkeit reduziert, sondern auch die Gesamteffizienz der logistischen Abläufe gesteigert werden.

Die spezifische Forschungsfrage der Arbeit lautet:

In welchem Maße tragen die Einführung und der Einsatz von Handscannerlösungen und zugehöriger Software zur Effizienzsteigerung in der Reinraum-Logistik bei Carl Zeiss SMT GmbH bei und inwieweit kann dadurch die manuelle Arbeitslast reduziert werden?

1.2 Motivation für die Arbeit

Die Motivation für diese Arbeit ergibt sich aus der zunehmenden Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Industrie, speziell in der präzisionsorientierten Reinraumlogistik. Die Carl Zeiss SMT GmbH, als führender Anbieter von Systemlösungen für die Halbleiterfertigung, steht vor der ständigen Herausforderung, logistische Prozesse zu optimieren. Handscannerlösungen bieten eine vielversprechende Möglichkeit, die Prozesseffizienz zu steigern und manuelle Tätigkeiten zu reduzieren (vgl. Loske/Klumpp 2020).

Eine wesentliche Triebfeder für diese Arbeit ist das Streben nach Kosteneffizienz und Produktivitätssteigerung durch die Reduktion manueller Arbeitsvorgänge. Automatisierte Datenerfassungsprozesse mit Handscannern können Fehlerquoten signifikant reduzieren und die Genauigkeit der Datenerfassung erhöhen, was zu einer besseren Nachverfolgbarkeit und Transparenz der Lagerbestände führt (vgl. Istiqomah et al. 2020; Tuli/Kaluvakuri 2022).

Die Anpassung bestehender Prozesse an neue technologische Entwicklungen ist entscheidend, um die Wettbewerbsfähigkeit der Carl Zeiss SMT GmbH zu sichern. In der dynamischen Halbleiterindustrie ist es wichtig, flexibel und effizient zu agieren. Handscanner ermöglichen eine Beschleunigung der logistischen Abläufe und tragen zur Einhaltung hoher Qualitätsstandards bei (vgl. Garg 2012).

1.3 Gliederung der Arbeit

Die Arbeit beginnt mit einer Einleitung, in der die Thematik eingeführt und die zentrale Forschungsfrage sowie die Motivation hinter dem Projekt dargelegt werden. Es folgt der theoretische Hintergrund, der sich in drei Hauptteile gliedert: die Grundlagen der Reinraum-Logistik, ein Überblick über Handscanner-Technologien und Softwarelösungen, sowie die

Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Fertigung. Jeder dieser Abschnitte baut das Fundament für das tiefere Verständnis der in der Arbeit untersuchten Technologien und deren Einfluss auf die industriellen Prozesse bei der Carl Zeiss SMT GmbH.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Stand der Forschung und Technik präsentiert, beginnend mit den aktuellen Anwendungen von Handscannern in der Logistik, gefolgt von einer Diskussion über die spezifischen Herausforderungen in der Reinraum-Logistik der Carl Zeiss SMT GmbH. Ergänzt wird dieses Kapitel durch zwei Fallstudien, welche erfolgreiche Implementierungen illustrieren und kritisch bewerten.

Es folgt die methodische Herangehensweise. Diese umfasst die Beschreibung des Prototyping-Ansatzes, die verwendeten Datenerhebungsverfahren sowie die Kriterien für die Evaluation der Handscannerlösungen. Ein weiterer zentraler Bestandteil ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die die ökonomischen Vorteile und potenziellen Kosteneinsparungen durch die Implementierung der Handscannerlösungen analysiert.

Die darauffolgende Implementierungsphase beinhaltet die Entwicklung des Prototyps, die Testphase und die Sammlung von Feedback sowie die notwendigen Vorschläge für Anpassungen und Optimierungen basierend auf den gesammelten Erkenntnissen.

Die Ergebnisse der Evaluation werden detailliert dargestellt und hinsichtlich ihrer Kosteneinsparungen und der Minderung von Fehlern durch manuelle Eingriffe bewertet.

In der Diskussion werden die Ergebnisse im Kontext der Forschungsfragen interpretiert, mit bestehenden Lösungen und Praktiken verglichen und Limitationen sowie Forschungslücken identifiziert.

Die Arbeit schließt mit einem Fazit und einem Ausblick, der die wesentlichen Erkenntnisse zusammenfasst und Perspektiven für zukünftige Forschungen in diesem Bereich aufzeigt.

2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel bietet einen umfassenden Überblick über die theoretischen Grundlagen, die für das Verständnis und die Analyse der Reinraumlogistik sowie der damit verbundenen technologischen Lösungen notwendig sind. Zunächst werden die Grundlagen der Reinraum-Logistik erörtert, die spezielle Anforderungen wie Kontaminationskontrolle und effiziente Raumausnutzung umfassen. Anschließend wird ein Überblick über moderne Handscanner-Technologien und Softwarelösungen gegeben, die in solchen Umgebungen zum Einsatz kommen. Abschließend wird die Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik beleuchtet, die als wesentliche Treiber für Effizienzsteigerungen und Qualitätsverbesserungen in der Produktion gelten. Diese theoretischen Einblicke bilden die Grundlage für die vorgestellte Methodik und anschließende Diskussionen in dieser Arbeit.

2.1 Grundlagen der Reinraum-Logistik

Die Reinraumlogistik unterscheidet sich von der traditionellen Logistik durch ihre strengen Anforderungen an die Kontaminationskontrolle und die effiziente Raumnutzung, die speziell auf die einzigartigen Bedingungen in Reinraumumgebungen zugeschnitten sind. In diesen kontrollierten Umgebungen ist die Verhinderung jeglicher Art von Kontamination nicht nur eine Frage der Sauberkeit, sondern eine unabdingbare Notwendigkeit für die Qualitätssicherung der hochsensiblen Produktionsprozesse, etwa wie in der Halbleiterindustrie (vgl. Vutla et al. 2021). Dennoch ist die Reinraum-Logistik ein spezialisiertes Feld, das die Präzision und Effizienz der klassischen Logistik beibehält, jedoch unter strikteren Bedingungen operiert, die den einzigartigen Anforderungen von Reinraumumgebungen gerecht werden (vgl. Munro 2019).

Obwohl viele grundlegende Abläufe ähnlich wie in der herkömmlichen Logistik strukturiert sind, erfordern die spezifischen Bedingungen in Reinräumen besondere Anpassungen und Praktiken.

2.1.1 Just-In-Time (JIT) in der Reinraumlogistik

JIT ist ein entscheidendes Prinzip in der Reinraumlogistik, das darauf abzielt, die Materialversorgung präzise nach dem Bedarf der Produktionsprozesse zu steuern. In der Reinraumumgebung, wo jeder Quadratmeter kostbar ist, und die Kontaminationsgefahr

minimiert werden muss, spielt JIT eine zentrale Rolle in der Optimierung von Lagerhaltung und Materialfluss.

Das JIT-Prinzip minimiert die Notwendigkeit großer Lagerflächen im Reinraum, indem Materialien und Komponenten genau dann geliefert werden, wenn sie benötigt werden (vgl. Phan et al. 2019). Dies reduziert nicht nur die Kapitalbindung in Form von Lagerbeständen, sondern senkt auch die Risiken von Materialalterung und -verderb, die in der hochsensiblen Produktionsumgebung der Halbleiterindustrie kritisch sein können. Indem Materialien weniger Zeit in der Lagerung verbringen, verringert sich auch das Risiko der Kontamination durch längere Exposition in der Umgebung (vgl. Shao et al. 2021).

Obwohl JIT erhebliche Vorteile bietet, bringt dessen Implementierung in Reinraumumgebungen spezifische Herausforderungen mit sich. Die Planung und Koordination der Lieferungen müssen präzise erfolgen, um Produktionsunterbrechungen zu vermeiden, die durch Verzögerungen oder vorzeitige Lieferungen entstehen könnten (vgl. Xu/Chen 2017). Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit mit Lieferanten und eine hochentwickelte Logistikplanung, um die Pünktlichkeit und Genauigkeit der Lieferungen und der Materialbereitstellung sicherzustellen (vgl. Suleiman et al. 2021).

Moderne ERP-Systeme und fortschrittliche Planungstools sind entscheidend, um JIT in Reinraumumgebungen erfolgreich umzusetzen. Diese Systeme ermöglichen eine genaue Vorhersage des Materialbedarfs und unterstützen die dynamische Anpassung der Lieferpläne basierend auf Echtzeitdaten aus der Produktion (vgl. Erkeyman 2018). Durch die Digitalisierung der Planungsprozesse können potenzielle Engpässe frühzeitig identifiziert und proaktiv angegangen werden, was die Effizienz der Materialversorgung weiter steigert (vgl. Phan et al. 2019). Durch die Reduzierung des im Reinraum gelagerten Inventars helfen JIT-Strategien, die Sauberkeit und Ordnung zu bewahren, was wiederum die Qualität der hergestellten Produkte sicherstellt. Zusätzlich hilft die Minimierung der Lagerbestände, die Betriebskosten zu senken, indem weniger Kapital in ungenutzten Materialien gebunden ist (vgl. Lin et al. 2020).

Just-In-Time in der Reinraumlogistik ist daher nicht nur eine Frage der Kosteneinsparung, sondern auch ein kritischer Faktor für die Aufrechterhaltung der Produktqualität und der operationellen Effizienz.

2.1.2 Spezifische Lageranforderungen und Herausforderungen in der Lieferkette

In Reinraumumgebungen müssen Lager und deren Management speziellen Anforderungen entsprechen, um die Integrität und Sicherheit der Prozesse zu gewährleisten. Die Lager müssen nicht nur physisch innerhalb oder in unmittelbarer Nähe zum Reinraum angeordnet sein, um die Kontaminationsrisiken zu minimieren, sondern auch unter Bedingungen betrieben werden, die denen der Produktionsbereiche ähnlich sind. Dies umfasst die Kontrolle von Temperatur, Feuchtigkeit und Partikelgehalt der Luft (vgl. Yang et al. 2021). Alle Materialien und Komponenten, die im Reinraum verwendet werden, müssen in speziell konzipierten, sauberen Verpackungen gelagert werden, oft in versiegelten Plastiktüten, um jegliche Kontamination zu verhindern. Darüber hinaus muss das Lagermanagement sicherstellen, dass die zulässige Gesamtorganische Kontaminationsgrenze strikt eingehalten wird, was eine regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Lagerbedingungen erfordert (vgl. Puangsa-Ard et al. 2018).

Die Herausforderungen in der Lieferkette sind besonders in der Reinraumlogistik erheblich, da Standardlogistiklösungen, wie sie bei großen Online-Händlern wie Amazon üblich sind, nicht direkt übertragbar sind. Amazon ist bekannt für seine Fähigkeit, Produkte mit unglaublicher Geschwindigkeit zu liefern, wobei die Logistikprozesse bis auf die Minute genau geplant sind. Dies wird durch ein hochentwickeltes Netzwerk von Verteilzentren und fortschrittliche Prognosealgorithmen ermöglicht, die eine fast perfekte zeitliche Abstimmung sicherstellen (vgl. Zhang et al. 2019; vgl. Rodrigue 2020). In der Halbleiterindustrie, insbesondere in Reinraumumgebungen, lässt sich ein solches Modell jedoch nur schwer umsetzen. Die Just-In-Time- oder Just-In-Sequence-Anlieferung ist hier zwar gewünscht, aber aufgrund der hohen Variabilität der Produktion und der strengen Qualitätsanforderungen oft schwer realisierbar. Die Zulieferer können häufig die Teile nicht in der benötigten Menge zum richtigen Zeitpunkt bereitstellen, was zu Teilemangel oder Produktionsverzögerungen führen kann (vgl. Hottenrott et al. 2021).

Eine weitere Herausforderung ist die Notwendigkeit, die Lagerbestände minimal zu halten, da die Komponenten sehr teuer sind und ungenutzte Bestände erhebliche Kosten verursachen würden. Die optimale Balance zu finden, bei der nie zu viel, aber auch nie zu wenig vorrätig ist, erfordert eine präzise und flexible Planung. Dies stellt die Logistik vor die Aufgabe, nicht nur effizient, sondern auch äußerst adaptiv zu sein, um auf plötzliche Veränderungen in der Produktion oder auf neue Anforderungen schnell reagieren zu können (vgl. Lin et al. 2020).

In Reinraumumgebungen ist der verfügbare Raum nicht nur begrenzt, sondern jede Fläche muss auch unter strengen Bedingungen optimal genutzt werden, um die Effizienz und Sauberkeit der Prozesse zu gewährleisten. Reinräume fungieren sowohl als Montagestätten als auch als Lagerorte, was eine doppelte Herausforderung darstellt: Einerseits muss der Raum ausreichend zugänglich und andererseits die Oberflächen so beschaffen sein, dass sie leicht zu reinigen sind. Idealerweise sollten diese Oberflächen komplett glatt sein, um die Ansammlung von Partikeln zu minimieren und die Reinigung zu erleichtern (vgl. Shao et al. 2021).

Ein weiteres spezifisches Merkmal der Reinraumlogistik ist, dass einmal in den Reinraum gebrachte Bauteile oder Baugruppen nicht einfach wieder herausgenommen werden können. Sobald ein Gegenstand den Reinraum betritt und zur Montage bereitgestellt wird, bleibt er dort, um jegliches Kontaminationsrisiko zu vermeiden. Diese Notwendigkeit, alles Notwendige im Reinraum bereitzustellen und gleichzeitig den Raum nicht mit unnötigen Materialien zu überfüllen, erfordert eine äußerst präzise und vorausschauende Logistikplanung.

Die Gestaltung der Logistikwege innerhalb des Reinraums muss ebenfalls sorgfältig überdacht werden. Der Verkehr innerhalb des Reinraums sollte auf ein Minimum beschränkt sein, um Luftströmungen nicht zu stören und eine Verbreitung von Partikeln zu verhindern. Dies trägt wesentlich dazu bei, die Reinheit der Umgebung aufrechtzuerhalten, was für die Qualität der dort hergestellten Produkte entscheidend ist (vgl. Yang et al. 2021).

Das Design eines Reinraums berücksichtigt zudem nicht die traditionellen Konzepte eines klassischen Logistikzentrums. Je größer ein Reinraum ist, desto komplexer wird das Management der Luftqualität und der partikulären Kontamination (vgl. Janssens et al. 2022). Die gesamtorganische Belastung muss ständig überwacht und kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass die Umgebungsbedingungen innerhalb der festgelegten Grenzen bleiben (vgl. Yang et al. 2021). Diese Anforderungen machen deutlich, warum die Raumplanung in Reinräumen eine Herausforderung darstellt und warum jeder Quadratzentimeter effizient genutzt werden muss, ohne die strengen Reinheitsstandards zu kompromittieren (vgl. Vutla et al. 2021).

2.2 Überblick über Handscanner-Technologien und Softwarelösungen

Handscanner spielen eine entscheidende Rolle bei der Modernisierung logistischer Prozesse, insbesondere durch die Unterstützung von Echtzeit-Datenübertragung und -Analyse innerhalb der Lieferkette. Diese Technologien sind besonders wertvoll in Umgebungen, die eine hohe Genauigkeit und Effizienz erfordern. Ihre Anwendung reicht von der Inventarisierung bis hin zu komplexeren Prozessen wie der Lagerverwaltung und der Materialbereitstellung für die Fertigung (vgl. Garg 2012).

Die Verwendung von RFID- und Barcode-Technologien durch Handscanner ermöglicht eine automatische Erfassung und Eingabe kritischer Daten in Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP) wie SAP. Beim Scannen von Barcodes auf Produkten oder Verpackungen werden relevante Informationen wie Produktidentifikation und spezifische Daten erfasst und direkt fehlerfrei ins ERP-System übertragen. Diese Technik ersetzt die manuelle Dateneingabe, was zeitaufwendig und fehleranfällig sein kann, und optimiert dadurch die Lagerverwaltung (vgl. Tuli/Kaluvakuri 2022). Eine sofortige Aktualisierung des Lagerbestands, sobald Waren ein- oder ausgehen, verbessert die Genauigkeit der Bestandsdaten und unterstützt eine effiziente Nachverfolgung und Verwaltung von Ressourcen (vgl. Chen et al. 2018).

Die nahtlose Integration von Handscannern in bestehende Technologie-Ökosysteme stellt einen entscheidenden Faktor für die Effizienzsteigerung von Logistikprozessen dar. Moderne Handscanner bieten vielfältige Konnektivitätsoptionen wie Wi-Fi, Bluetooth und Cloud-Anbindungen, die eine direkte und sofortige Datenübertragung in zentrale Datenbanksysteme ermöglichen. Diese Konnektivität erleichtert nicht nur die Echtzeit-Aktualisierung von Inventardaten, sondern auch die sofortige Analyse und Verarbeitung der erfassten Informationen (vgl. Hendrikx et al. 2022) .

Die fortgeschrittene Integration dieser Geräte mit ERP-Systemen ermöglicht eine effiziente Datenflusssteuerung, die manuelle Eingriffe minimiert und die Datenintegrität erhöht (vgl. Tong et al. 2020). Die automatische Synchronisation mit der Cloud oder Unternehmensservern erlaubt allen relevanten Abteilungen den Zugriff auf die neuesten Daten, was die Entscheidungsfindung verbessern kann, und die Reaktionsfähigkeit des Unternehmens steigert (vgl. De Oliveira/Handfield 2018b).

Zudem sind Handscanner so gestaltet, dass sie in vielfältigen industriellen Umgebungen eingesetzt werden können. Ihre Robustheit und das Design, das auf einfache Desinfektion und Reinigung abzielt, machen sie ideal für den Einsatz in Reinräumen, wo Sauberkeit und Kontaminationskontrolle oberste Priorität haben. Die Geräte können speziell so angepasst werden, dass sie den strengen Hygienestandards entsprechen, ohne dabei ihre Funktionalität oder Konnektivität einzuschränken.

2.2.1 Bedeutung der Softwareintegration bei Handscanner-Technologien

Die Rolle der Software bei der Nutzung von Handscannern in logistischen Prozessen ist entscheidend, um die volle Funktionalität und Effizienz dieser Technologien zu entfalten. Moderne Handscanner sind nicht nur Hardware-Geräte, sondern werden durch ausgeklügelte Softwarelösungen ergänzt, die ihre Effektivität in der Datenerfassung und -verarbeitung maßgeblich steigern.

Die Software, die Handscanner antreibt, ermöglicht eine Vielzahl von Funktionen, die weit über das einfache Einlesen von Barcodes hinausgehen. Dazu gehören die Verarbeitung und Interpretation der erfassten Daten, die Validierung der Informationen gegenüber Datenbanken in Echtzeit und das Ausführen komplexer Logistikaufgaben direkt vom Gerät aus. Zum Beispiel können Softwareanwendungen auf Handscannern so konfiguriert werden, dass sie nicht nur Daten erfassen, sondern auch sofortige Lagerbestandsaktualisierungen vornehmen, Bestellungen auslösen oder detaillierte Berichte über Lagerbewegungen und -zustände generieren (vgl. Garg 2012).

Die Integration von Handscanner-Software in bestehende ERP-Systeme wie SAP ist ein kritischer Aspekt, der die nahtlose Kommunikation zwischen der Datenerfassungsebene und der Unternehmensressourcenplanung ermöglicht. Durch solche Integrationen können Daten, die durch Scanner erfasst werden, direkt in das ERP-System eingespeist und verarbeitet werden, was den gesamten Logistikprozess beschleunigt und optimiert (vgl. Tong et al. 2020). Dies verbessert die Transparenz und ermöglicht eine konsistente Datenhaltung, was wiederum präzise und zeitnahe Entscheidungen unterstützt (vgl. Erkeyman 2018).

2.3 Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Fertigungslogistik

Die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung in der Fertigungslogistik transformiert die industrielle Landschaft grundlegend und bringt Veränderungen für die Effizienz, Qualität und Flexibilität der Logistikprozesse mit sich (vgl. Han et al. 2021). Diese technologischen Entwicklungen sind besonders in spezialisierten Umgebungen wie Reinräumen von entscheidender Bedeutung, wo Präzision und Kontaminationskontrolle zentrale Anforderungen darstellen (vgl. Yang et al. 2021).

Durch die Implementierung digitaler Technologien, wie beispielsweise Materialscanner und Systeme zur digitalen Datenerfassung, werden Daten über Materialbewegungen in Echtzeit erfasst und verarbeitet. Dies ermöglicht eine präzisere Überwachung und Steuerung der Logistikprozesse (vgl. Loske/Klump 2020). In Reinraumumgebungen, wo jede Abweichung von festgelegten Parametern zu schwerwiegenden Produktfehlern führen kann, ermöglicht die Digitalisierung eine kontinuierliche Überprüfung und Anpassung der Prozessbedingungen. Werkzeuge wie digitale Sensoren und Steuerungssysteme sammeln und verarbeiten Daten zu Komponenten, Materialfluss und Transaktionen, was eine effiziente und fehlerfreie Logistik sicherstellt (vgl. Kammerer et al. 2020).

Automatisierungstechnologien spielen hier eine entscheidende Rolle bei der Minimierung menschlicher Eingriffe, was besonders in Reinräumen zur Verringerung von Kontaminationsrisiken beiträgt. Scanner und automatisierte Logistiksysteme führen komplexe und repetitive Aufgaben mit hoher Präzision aus. Diese Systeme erhöhen nicht nur die Effizienz der Materialbewegungen, sondern verbessern auch die Produktqualität durch die Reduktion von Fehlern, die bei manuellen Prozessen auftreten könnten (vgl. Coelho et al. 2022). Die Automatisierung trägt entscheidend zur Kostensenkung und Zeitersparnis bei, indem sie die Notwendigkeit manueller Eingriffe reduziert und gleichzeitig die Fehleranfälligkeit minimiert (vgl. Zhou et al. 2020).

Moderne Fertigungsanlagen, insbesondere in der Reinraumlogistik, sind zunehmend mit Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP) vernetzt, die eine zentrale Rolle in der digitalen Logistik spielen. ERP-Systeme ermöglichen eine nahtlose Integration verschiedener Logistikprozesse von der Bestellung der Komponenten bis zur Auslieferung der Einzelkomponenten in die Fertigung. Die Integration von ERP-Systemen unterstützt eine effiziente Ressourcenverwaltung, verbessert die Lieferkettenkoordination und optimiert den

Materialfluss. Dies führt zur Kostensenkung und verhindert sowohl Überproduktion als auch Materialengpässe, indem stets eine optimale Balance gewährleistet wird, so dass nie zu viel oder zu wenig Material vorhanden ist (vgl. Tong et al. 2020).

Die Kombination aus digitalen und automatisierten Technologien führt zu einer hochgradig effizienten und adaptiven Fertigungsumgebung. Sie ermöglicht es Unternehmen wie der Carl Zeiss SMT GmbH, schnell auf Veränderungen in der Nachfrage oder auf neue Marktanforderungen zu reagieren.

3 Stand der Forschung und Technik

Das folgende Kapitel bietet einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Technik im Bereich der Logistiktechnologien, insbesondere der Handscanner, und adressiert spezifische Herausforderungen und Lösungen, die in der Reinraum-Logistik der Halbleiterindustrie relevant sind. Dieser Abschnitt analysiert die neuesten Entwicklungen und Anwendungen dieser Technologien sowie deren Einfluss auf die Effizienz und Effektivität der logistischen Abläufe. Darüber hinaus wird ein besonderer Fokus auf die Herausforderungen gelegt, die in hochspezialisierten Industriebereichen wie der Halbleiterfertigung auftreten, und es werden Best Practices und Fallstudien vorgestellt, die erfolgreiche Implementierungen und Optimierungen illustrieren.

3.1 Aktuelle Anwendungen von Handscannern in der Logistik

In der modernen Logistik sind Handscanner entscheidend für die Optimierung und Digitalisierung von Wareneingängen, Warenausgängen und allgemeinen Buchungsprozessen. Durch ihre Integration in Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP) werden diese Prozesse erheblich effizienter und weniger fehleranfällig gestaltet (vgl. Erkayman 2018). In diesem Unterabschnitt werden spezifische, aktuelle Anwendungen von Handscannern in der Logistik beleuchtet, die über die grundlegende Einführung dieser Technologien hinausgehen und konkrete Verbesserungen in den Abläufen moderner Unternehmen zeigen.

3.1.1 Optimierung der Logistikprozesse durch den Einsatz von Handscanner-Technologien

Handscanner erleichtern die präzise und schnelle Erfassung von Einzelkomponenten und Kits, sobald diese an einem Eingangspunkt des Lagers oder der Produktionsstätte eintreffen. Die Geräte lesen Barcodes oder RFID-Tags, die an den Komponenten angebracht sind, und übermitteln diese Daten sofort in das ERP-System. Dieser Prozess ermöglicht eine direkte Aktualisierung des Lagerbestands und reduziert die Fehler, die bei manueller Eingabe auftreten können (vgl. Tong et al. 2020). Durch die automatisierte Erfassung können auch interne Warenbewegungen effizient verfolgt werden, was die Genauigkeit und Transparenz innerhalb der Produktionskette erhöht (vgl. Loske/Klumpp 2020).

Durch den Einsatz von Handscannern in der Erfassung von internen Wareneingängen wird der manuelle Aufwand drastisch reduziert. Mitarbeiter können sich auf wertsteigernde Aufgaben konzentrieren, während Routineaufgaben wie die Erfassung und Buchung von Lagerbewegungen automatisiert werden. Dies führt zu einer deutlichen Beschleunigung der Prozesse und einer verbesserten Effizienz in der Lagerverwaltung (vgl. Zhou et al. 2020). Zudem unterstützt die Technologie die Durchführung von Qualitätskontrollen, indem sie ermöglicht, Produktspezifikationen direkt im ERP-System zu überprüfen, wie beispielsweise Chargennummern und Verfallsdaten bei Komponenten aus der Reinigung (vgl. Tong et al. 2020).

Die fortgeschrittene Integration von Handscanner-Technologien mit ERP-Systemen, wie SAP, spielt eine entscheidende Rolle für eine effiziente Logistik. Indem Daten zu Einzelkomponenten und Kits direkt bei deren Eingang erfasst und in das System eingespeist werden, wird die Datenintegrität gewahrt und der Überblick über den gesamten Materialfluss verbessert (vgl. Tong et al. 2020). Diese Integration erleichtert nicht nur die sofortige Aktualisierung von Inventardaten, sondern ermöglicht auch eine umfassende Analyse und Verarbeitung der erfassten Informationen, was wiederum die Entscheidungsfindung und die Reaktionsfähigkeit des Unternehmens steigert (vgl. De Oliveira/Handfield 2018).

3.2 Spezifische Herausforderungen in der Reinraum-Logistik der Halbleiterindustrie

In der Halbleiterindustrie stellen Reinraumumgebungen besondere Herausforderungen an die Logistik, insbesondere bei der Handhabung und Lagerung von empfindlichen Komponenten wie EUV-Komponenten. Diese hochsensiblen Teile müssen nach strengsten

Reinigungsverfahren, sowohl trocken als auch nass, umgehend weiterverarbeitet oder unter kontrollierten Bedingungen gelagert werden. Jede Verzögerung in diesem Prozess kann dazu führen, dass die Komponenten ihre spezifischen Eigenschaften verlieren, was sie für den Einsatz in der Halbleiterfertigung ungeeignet macht. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer präzisen Zeitplanung und raschen Handhabung, um die Integrität und Funktionalität dieser teuren Teile zu gewährleisten.

Ein weiteres signifikantes Problem in der Halbleiterproduktion ist die Ausgasung von Fetten, die auf den Komponenten verbleiben können. In den Vakuumumgebungen, die für die Halbleiterproduktion typisch sind, kann das Fett ausgasen, was durch den niedrigen Druck, der den Siedepunkt des Fetts senkt, noch verstärkt wird. Dieser Vorgang ist nicht nur zeitaufwendig, sondern verlängert auch die notwendigen Produktionszyklen erheblich und beeinträchtigt die Effizienz des Herstellungsprozesses.

Die erforderliche zyklische oder Mehrfachreinigung der Komponenten kompliziert die Logistikplanung weiter. Solche wiederholten Reinigungsprozesse müssen sorgfältig geplant und zeitlich genau abgestimmt werden, um die Produktionsstandards ohne Unterbrechung des Fertigungsflusses zu erfüllen. Eine flexible und reaktionsfähige Logistikstrategie ist unerlässlich, um auf schnelle Änderungen reagieren zu können und dennoch die Effizienz der Produktion zu wahren.

Die Automatisierung spielt eine entscheidende Rolle bei der Minimierung von Kontaminationsrisiken und menschlichen Fehlern. Automatisierte Transportsysteme und fortschrittliche Handhabungstechnologien helfen, direkte menschliche Interaktionen mit sensiblen Komponenten zu vermeiden. Dies ist entscheidend, um die Reinheit und Qualität der Halbleiterprodukte zu sichern. Zudem tragen solche Systeme durch die Verringerung manueller Prozesse zur Kosteneinsparung bei und erhöhen die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Produktionsabläufe.

3.3 Aktuelle Fallstudien

Im Bereich der Logistiktechnologien bieten Best Practices und Fallstudien wertvolle Einblicke in erfolgreiche Implementierungen und Optimierungen. Eine besonders interessante Fallstudie stellt die Untersuchung der Technischen Universität München zum Einsatz von Pick-by-Vision und RFID-Handschuhen dar. Diese Studie zeigt auf, wie durch innovative Technologien die

Effizienz und Genauigkeit in der Kommissionierung verbessert werden können, was auch für die Anwendung von Handscannerlösungen in der Reinraum-Logistik der Carl Zeiss SMT GmbH relevant ist.

3.3.1 Fallstudie: RFID-Handschuh an der Technischen Universität München

Das Konzept des RFID-Handschuhs, das an der Technischen Universität München entwickelt und untersucht wurde, basiert auf der Nutzung eines mobilen RFID-Lesegerätes, das in Form eines Handschuhs am Handgelenk getragen wird. Die Bereitstelleneinheiten im Regal sind mit RFID-Transpondern versehen, die vom Kommissionierer mittels des RFID-Handschuhs gelesen werden. Während des Greifvorgangs bewegt der Kommissionierer den RFID-Handschuh in den Sende-/Empfangsbereich des Transponders, wodurch die Entnahme des Artikels automatisch überprüft und bestätigt wird (vgl. Günthner/Rammelmeier 2012).

Die Untersuchung zeigte, dass passive UHF-Transponder hinsichtlich der erforderlichen Lesereichweite und Datenübertragungsrate am besten geeignet sind. Durch die konstruktive Gestaltung des RFID-Handschuhs konnte die Empfindlichkeit gegenüber dem menschlichen Wassergehalt, ein Nachteil des UHF-Bereiches, weitestgehend kompensiert werden. Ein wesentlicher Vorteil des Konzepts ist, dass für die Interaktion mit dem System kein zusätzlicher Handhabungsschritt erforderlich ist, was die natürlichen Bewegungsabläufe des Kommissionierers nicht verlangsamt. Dadurch konnte die Fehlerquote um 59% im Vergleich zur klassischen Belegkommissionierung gesenkt werden, ohne dass die Kommissionierleistung sank (vgl. Günthner/Rammelmeier 2012).

Der RFID-Handschuh übermittelt die aus den Transpondern gelesenen Daten kabellos über eine Bluetooth-Schnittstelle an einen Rechner, der die Auswertung und Interpretation der Daten übernimmt. Neben dem mobilen Lesegerät, der Fingerantenne und der Kommunikationseinheit ist auch die Energieversorgung im Handschuh integriert. Trotz der Vorteile, wie der Reduktion der Fehlerquote und der Minimierung zusätzlicher Handhabungsschritte, gibt es auch Nachteile, wie das zusätzliche Gewicht am Arm und die Gefahr, mit dem Gehäuse des Lesegerätes am Regal hängen zu bleiben (vgl. Günthner/Rammelmeier 2012).

Die Erkenntnisse aus dieser Studie sind auch auf die Implementierung von Handscannerlösungen übertragbar. Ähnlich wie beim RFID-Handschuh können Handscanner

durch die Automatisierung der Erfassungsprozesse die Fehlerquote signifikant reduzieren und die Effizienz steigern. Handscanner, die Barcodes oder RFID-Tags lesen, können in das ERP-System integriert werden, um die Daten zu Lagerbewegungen in Echtzeit zu erfassen und zu verarbeiten (vgl. Tong et al. 2020). Dies verbessert die Genauigkeit der Bestandsdaten und unterstützt eine effizientere Kommissionierung, wie es auch bei der Nutzung des RFID-Handschuhs beobachtet wurde (vgl. Günthner/Rammelmeier 2012).

3.3.2 Fallstudie: Anwendung von Kennzeichnungstechnologien in der Holzlogistik

In der Fallstudie „Deutschland: Kennzeichnungstechnologien“ im Rahmen des VARMA-Projekts wurde untersucht, wie verschiedene Kennzeichnungstechnologien, darunter auch Barcodes, in der Holzlogistik angewendet werden können. Ziel der Untersuchung war es, die Effizienz und Genauigkeit in der Logistikkette zu verbessern und Medienbrüche zu überwinden. In der Fallstudie wurden verschiedene Szenarien erstellt, um die Effekte dieser Technologien unter realen Bedingungen zu ermitteln und ihre Praxistauglichkeit zu bewerten. (vgl. Ehrhardt et al. 2017)

Die Fallstudie umfasste die Definition des Versuchsaufbaus, die Festlegung der Testmethoden und die Untersuchung verschiedener Kennzeichnungssysteme. Dabei wurden Technologien wie Barcodes und QR-Codes hinsichtlich ihrer Eignung und Praxistauglichkeit in Sägewerken und Holzverteilzentren getestet. Abschließend wurden die erzielbaren Effekte ermittelt und hinsichtlich Effizienzsteigerung, Genauigkeit und Prozessverbesserung bewertet (vgl. Ehrhardt et al. 2017).

Die Anwendung von Barcodes bietet in der Logistik zahlreiche Vorteile. Barcodes ermöglichen eine schnelle und präzise Erfassung von Informationen, was die Prozesse beschleunigt und die Fehlerquote minimiert (vgl. Abidin et al. 2019). Sie sind kostengünstig, einfach zu implementieren und in fast allen logistischen Prozessen anwendbar. Die automatische Erfassung von Barcodes reduziert die Notwendigkeit manueller Dateneingaben, was die Effizienz weiter steigert, und menschliche Fehler reduziert. Barcodes sind zudem robust und können auch in herausfordernden Umgebungen zuverlässig gelesen werden (vgl. Ehrhardt et al. 2017).

Diese Erkenntnisse aus der Fallstudie sind in Teilen auch auf das Projekt zur Implementierung von Handscannerlösungen in der Reinraum-Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH

übertragbar. Beide Szenarien zielen darauf ab, durch die Automatisierung der Datenerfassung die Effizienz zu steigern und die Fehlerquote zu minimieren. Die Verwendung von Barcodes in Kombination mit Handscannern kann somit auch in der Reinraum-Logistik zu einer signifikanten Prozessoptimierung beitragen, indem die Genauigkeit der Datenerfassung erhöht und die manuelle Arbeitslast reduziert wird. Die positive Bewertung der Barcode-Technologie in der Fallstudie unterstützt die Entscheidung, diese Technologie in der Reinraum-Logistik einzusetzen und verdeutlicht ihr Potenzial für Effizienzsteigerungen und Fehlerreduktion.

4 Methodik

In diesem Kapitel wird das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Es wird zunächst das Konzept des Rapid Prototyping erläutert, welches als zentrale Methode zur Entwicklung und Implementierung der Handscannerlösung dient. Anschließend folgt eine detaillierte wirtschaftliche Betrachtung, um die ökonomischen Vorteile und potenziellen Kosteneinsparungen durch die Einführung der Handscannertechnologie zu bewerten. Nach der Vorstellung der Methoden werden die Datenerhebungs- und Analyseverfahren erläutert. Abschließend werden die Kriterien für die Evaluation der Lösung festgelegt, um die Zeit- und Kosteneinsparungen der Handscannertechnologie umfassend beurteilen zu können.

4.1 Forschungsdesign

Das Forschungsdesign dieser Arbeit basiert auf dem Einsatz von Rapid Prototyping und einer anschließenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, um eine umfassende Bewertung der Implementierung von Handscannerlösungen in der Reinraumlogistik der Carl Zeiss SMT GmbH zu gewährleisten.

Rapid Prototyping wurde gewählt, um schnell einen funktionalen Prototyp der Handscannerlösung zu entwickeln und unmittelbares Feedback von den Nutzern zu erhalten (vgl. Medelli'n-Castillo/Torres 2009). Dieser Ansatz ermöglicht es, grundlegende Konzepte und Funktionen rasch zu testen und notwendige Anpassungen zeitnah vorzunehmen (vgl. Sandi/Oscare 2017). Die Vorteile von Rapid Prototyping liegen in der schnellen Implementierung, der Flexibilität zur Anpassung an Nutzerfeedback und der Minimierung von Entwicklungsrisiken (vgl. Christoforakos et al. 2019).

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergänzt das Rapid Prototyping, indem sie die ökonomischen Aspekte der Implementierung analysiert. Dies umfasst die Bewertung der potenziellen Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen durch den Einsatz der Handscannertechnologie (vgl. Return on Investment Analysis 2019). Ziel ist es, die finanziellen Vorteile und den Return on Investment (ROI) der neuen Technologie darzulegen.

Durch die Kombination von Rapid Prototyping und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird eine ganzheitliche Sichtweise auf die Implementierung der Handscannerlösungen sichergestellt. Während das Rapid Prototyping die technische Machbarkeit adressiert, fokussiert sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf die ökonomischen Implikationen. Diese integrative Herangehensweise ermöglicht es, sowohl technische als auch finanzielle Aspekte umfassend zu berücksichtigen und eine fundierte Entscheidung zur Einführung der Handscannertechnologie zu treffen.

4.2 Vorstellung der Methoden

In diesem Abschnitt wird die methodische Herangehensweise beschrieben, die zur Umsetzung der Handscannerlösungen und zur Bewertung ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit verwendet wurde. Dies umfasst die detaillierte Darstellung des Rapid Prototyping-Ansatzes sowie die Durchführung einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

4.2.1 Rapid Prototyping (RP)

Rapid Prototyping ist ein Entwicklungsansatz, bei dem schnell ein funktionaler Prototyp eines Produkts erstellt wird, um Konzepte und Funktionen frühzeitig zu testen und unmittelbares Feedback zu erhalten (vgl. Saprikin et al. 2015). Dieser Ansatz ermöglicht es, Iterationen basierend auf Nutzerfeedback durchzuführen und so die Lösung kontinuierlich zu verbessern. Die Hauptvorteile von Rapid Prototyping liegen in der schnellen Implementierung, der Flexibilität zur Anpassung an Produktionsumgebungen und der Minimierung von Entwicklungsrisiken (vgl. Sandi/Oscare 2017).

Der Rapid Prototyping-Ansatz wurde in drei Phasen umgesetzt, um die Entwicklung und Implementierung der Handscannerlösungen systematisch zu gestalten:

- I. Konzeptionsphase (Prototype): In dieser ersten Phase wurden die Anforderungen an die Handscannerlösungen definiert und ein vorläufiges Design erstellt. Ziel war es, die grundlegenden Funktionen und Schnittstellen zu identifizieren, die für die Integration in die bestehende Infrastruktur der Carl Zeiss SMT GmbH erforderlich sind. Die Konzeptionsphase endete mit der Erstellung eines ersten Prototyps, der die grundlegenden Funktionen abbildet.
- II. Entwicklungsphase (Review): In der zweiten Phase wurde der erste Prototyp detailliert überprüft und getestet. Diese Phase umfasste die Programmierung der Software, die Konfiguration der Hardware und die Integration der Handscanner in das ERP-System. Während der Entwicklungsphase wurde die Zeitersparnis durch die Nutzung der Handscannerlösungen gemessen und analysiert. Ziel dieser Phase war es, sicherzustellen, dass der Prototyp alle definierten Anforderungen erfüllt und signifikante Verbesserungen in der Effizienz der Logistikprozesse bietet.
- III. Optimierungsphase (Refine): In der abschließenden Phase wurden auf Basis der Ergebnisse aus der Entwicklungsphase Vorschläge für weitere Optimierungen und Verbesserungen des Prototyps erarbeitet. Diese Phase beinhaltete die Identifikation von Schwachstellen und die Ausarbeitung von Empfehlungen zur Feinabstimmung der Software, zur Verbesserung der Hardware-Komponenten und zur Optimierung der Schnittstellen zum ERP-System. Ziel war es, konkrete Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Handscannerlösungen vorzuschlagen, um deren Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit zu maximieren.

Es wird bewusst darauf verzichtet, während dieser Forschungsarbeit Iterationen durchzuführen, da diese erst dann geplant sind, sobald eine interne Entscheidung darüber getroffen wurde, ob und inwiefern die vorgeschlagene Lösung tatsächlich implementiert werden soll. Aus diesem Grund konzentriert sich diese Arbeit auf die Erstellung von Vorschlägen für weitere Optimierungen, die bei einer potenziellen zukünftigen Implementierung berücksichtigt werden können.

4.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stellt einen zentralen Bestandteil der Methodik dar und zielt darauf ab, die ökonomischen Vorteile und potenziellen Kosteneinsparungen durch die Implementierung der Handscannerlösungen zu bewerten (vgl. Return on Investment Analysis 2019). Dieser Abschnitt beschreibt den Ansatz zur Durchführung der Wirtschaftlichkeitsanalyse, wobei sowohl die Kosten der Implementierung als auch die Kosten der Nicht-Implementierung berücksichtigt werden.

Zunächst werden die Projektkosten erfasst, die sowohl die Investitionskosten als auch die laufenden Betriebskosten umfassen. Die Investitionskosten beinhalten die Anschaffungskosten der Handscanner, die Kosten für die Softwareentwicklung und -integration sowie die Schulung der Mitarbeiter. Zu den laufenden Betriebskosten gehören Wartungs- und Instandhaltungskosten der Geräte, Lizenzgebühren für die Software und eventuelle Supportkosten.

Darüber hinaus wird der zusätzliche Personalaufwand durch manuelle Tätigkeiten berechnet, einschließlich der Gehälter und Sozialkosten. Die relevanten Daten stammen aus internen Kostensätzen und öffentlich einsehbaren Tariftabellen, die jedoch nur exemplarisch sind und aus Gründen der Geheimhaltung nicht vollständig akkurat genannt werden können.

Anschließend erfolgt der Vergleich der Kosten. Ziel ist es, den Return on Investment (ROI) zu berechnen und den Zeitraum zu bestimmen, in dem sich die Investition amortisiert. Zudem wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Auswirkungen von negativen Änderungen in den zugrunde gelegten Annahmen auf die Wirtschaftlichkeit des Projekts zu bewerten (siehe Anhang 1).

Die Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beginnt mit der Datenerhebung. Alle relevanten Daten zum Mitarbeiteraufwand und den Prozesskosten werden aus internen Berichten und Kostensätzen des Unternehmens gesammelt. Zusätzlich wird ein Gespräch mit Herr Weckenmann, dem Head of Transactional Accounting Europe – Service Accounting and Tax bei ZEISS, geführt, um interne Kostensätze zu erhalten und einen Leitfaden für die Betrachtung zu entwickeln.

Nach der Datenerhebung erfolgt die Kalkulation der Kosten, wobei die direkten und indirekten Kosten sowohl für die Implementierung der Handscannerlösungen als auch für die Beibehaltung der aktuellen Prozesse ohne die neue Technologie berechnet werden. Daraufhin wird die Analyse und Bewertung durchgeführt. Eine Kostenbetrachtung und eine Sensitivitätsanalyse werden vorgenommen, um die Wirtschaftlichkeit der Implementierung zu bewerten. Dies umfasst die Ermittlung des ROI und die Analyse der Amortisationszeit.

Abschließend werden die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in einer detaillierten Auswertung im Kapitel 6. Ergebnisse vorgestellt, welche dann als Entscheidungsgrundlage für die vollständige Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH dient. Diese fundierte und systematische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gewährleistet eine umfassende Bewertung der ökonomischen Vorteile und potenziellen Einsparungen durch die Implementierung der Handscannerlösungen. Dadurch wird sichergestellt, dass sowohl die technischen als auch die finanziellen Aspekte der Implementierung berücksichtigt werden, um eine fundierte und nachhaltige Entscheidung zu treffen.

4.3 Datenerhebung und -analyse

Die Datenerhebung und -analyse für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung basieren auf mehreren wichtigen Faktoren: Zeitaufwand, Mitarbeiterkosten sowie Prozess- und Implementierungskosten. Diese Daten dienen der quantitativen Berechnung des Return on Investment (ROI) und der Sensitivitätsanalyse und bilden gleichzeitig die Grundlage für eine qualitative Bewertung.

Die Kosten für Mitarbeiter wurden ebenfalls erfasst, um die Wirtschaftlichkeit der Implementierung zu berechnen. Diese Informationen sind entscheidend für die Analyse der Kosteneinsparungen durch die Reduktion manueller Tätigkeiten nach der Implementierung der Handscannerlösungen.

Die Implementierungskosten der Investition und des Projekts setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Die Investitionskosten beinhalten die Anschaffungskosten der Handscanner, die Kosten für die Softwareentwicklung und -integration sowie die Schulung der Mitarbeiter. Zu den laufenden Betriebskosten gehören Wartungs- und Instandhaltungskosten der Geräte, Lizenzgebühren für die Software und eventuelle Supportkosten. Darüber hinaus umfassen die Implementierungskosten auch die zusätzlichen Stromkosten für den Betrieb der

Handscanner und die damit verbundenen Geräte sowie weitere betriebliche Ausgaben, die mit der Implementierung und dem Betrieb der neuen Technologie verbunden sind (siehe Anhang 1).

Die Daten für die Prozess- und Implementierungskosten wurden aus internen Kostensätzen der Carl Zeiss SMT GmbH sowie aus den Bestellungen der Handscanner bei den Zulieferern ermittelt. Diese umfassende Erfassung und Analyse der relevanten Kostenfaktoren ermöglicht eine detaillierte und fundierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die sowohl die kurz- als auch die langfristigen ökonomischen Auswirkungen der Implementierung der Handscannerlösungen berücksichtigt.

Die Zeitersparnis durch die Implementierung der Handscannerlösungen wird durch eine interne Recherche ermittelt. Dazu werden für 89 Buchungsbabläufe die Zeiteinheiten erfasst, wobei die exakte Zeit für einen Ablauf mit den Handscannern und ohne Handscanner bestimmt wird. Die Differenz dieser Untersuchung bildet die Grundlage für die spätere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, da hier dann die Zeitersparnis pro Jahr hochgerechnet wird. Diese Analyse ermöglicht es, die Effizienzgewinne durch die Implementierung der Handscannerlösungen quantitativ zu bewerten und deren potenziellen Einfluss auf die gesamte Prozessoptimierung zu verstehen.

4.4 Kriterien für Evaluation

Die Evaluation der Handscannerlösungen erfolgt anhand mehrerer klar definierter Kriterien, um die Effektivität und Effizienz der Implementierung umfassend zu beurteilen. Diese Kriterien wurden entwickelt, um sowohl die technischen als auch die wirtschaftlichen Aspekte der Handscannertechnologie zu bewerten und eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

Ein zentrales Kriterium ist die Zeitersparnis, die durch die Implementierung der Handscannerlösungen erzielt wird. Diese wurde bereits in der Entwicklungsphase durch detaillierte Zeitmessungen von Buchungsvorgängen ermittelt. Die durchschnittliche Zeitersparnis pro Buchungsvorgang, die Reduktion der Arbeitszeit pro Mitarbeiter und Monat sowie die daraus resultierenden Effizienzgewinne sind entscheidende Indikatoren für den Erfolg der Implementierung.

Die wirtschaftliche Betrachtung der Implementierung umfasst die Analyse der Investitionskosten, der laufenden Betriebskosten und der potenziellen Kosteneinsparungen durch die Zeit- und Fehlerreduktion. Der Return on Investment (ROI) und die Amortisationszeit sind zentrale Kennzahlen, die die Wirtschaftlichkeit der Implementierung bewerten (vgl. Return on Investment Analysis 2019). Zudem wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Auswirkungen von möglichen Abweichungen in den Annahmen zu berücksichtigen.

5 Implementierung

In diesem Kapitel wird der Prozess der Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH detailliert beschrieben. Dabei werden die Entwicklung des Prototyps, die Testphase und die Sammlung von Feedback sowie die Vorschläge für Anpassungen und Optimierungen erläutert. Ziel ist es, einen umfassenden Überblick über die einzelnen Schritte und Phasen der Implementierung zu geben und die dabei gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse darzustellen.

5.1 Rapid Prototyping

Die Entwicklung des Prototyps basierte auf dem Rapid Prototyping-Ansatz, der in drei Hauptphasen unterteilt ist: Prototyping, Review und Refine. Dieses zyklische Modell ermöglicht es, schnell einen funktionsfähigen Prototyp zu erstellen, basierend auf Erkenntnissen zu verbessern und kontinuierlich zu optimieren, bis eine vorläufige Lösung entstanden ist (vgl. Sable/Borlepwar 2018; Bayar/Aziz 2018).

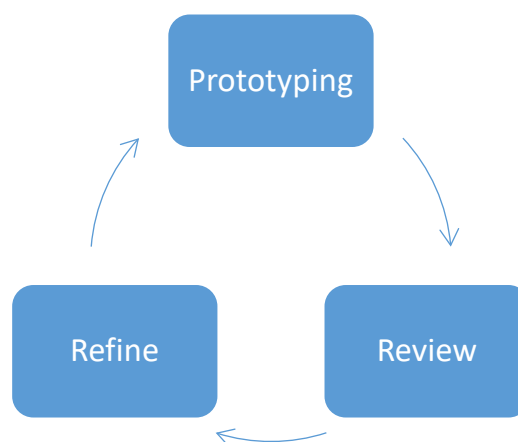


Abbildung 1: Prototyping Prozessablauf Schema
Quelle: Eigene Darstellung

5.1.1 Konzeptionsphase (Prototyping)

Der Prozess begann mit der Idee und wenigen Leitlinien für eine Scannerlösung in der HiNA (High Numeric Apperture) und LoNA (Low Numeric Apperture) Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH. Um die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten besser zu verstehen, wurden mehrere Termine im Reinraum mit den Abteilungsverantwortlichen durchgeführt. Dabei wurden die Prozesse und Abläufe live und in Person begleitet und detailliert dokumentiert.

Diese intensive Beobachtung und Dokumentation vor Ort halfen, die Schnittstellen der Lösung zu identifizieren und den Zusammenhang zwischen dem operativen Geschäft in der Logistik und dem SAP-System zu verstehen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in Form eines Prozessablaufes dokumentiert und visualisiert. Diese Dokumentation bildet die Grundlage für die Entwicklung des Prototyps und stellt sicher, dass alle relevanten Aspekte und Anforderungen berücksichtigt werden.

Durch diesen iterativen Ansatz des Rapid Prototyping konnte ein funktionaler Prototyp der Handscannerlösung entwickelt werden.

5.1.2 Entwicklungsphase (Review)

Nachdem die Konzeptionsphase abgeschlossen war, wurde ein Inateck Barcode Scanner Pro 8 erworben. Zunächst wurde nur ein Modell bestellt, um die verschiedenen Kompatibilitäten zu testen, insbesondere die Anbindung an das SAP-System. Das Gerät wurde vor dem Einsatz zur Prüfung an Apleona gegeben. Dieser interne Dienstleister bei der Carl Zeiss SMT GmbH führt eine Elektroprüfung durch, um sicherzustellen, dass die Geräte den Sicherheitsstandards entsprechen. Nach erfolgreicher Prüfung und Freigabe wurde das Gerät in das operative Geschäft außerhalb des Reinraums eingeführt und diversen Funktionstests unterzogen, um sicherzustellen, dass alle Funktionen einwandfrei arbeiten.

Zu den Funktionstests gehörten grundlegende Prüfungen wie das Ein- und Ausschalten des Geräts, die Überprüfung der Scanfunktion und die Sicherstellung, dass alle vom Hersteller spezifizierten Funktionen korrekt arbeiten. Diese Tests waren notwendig, um sicherzustellen, dass das Gerät in der spezifischen Arbeitsumgebung der Carl Zeiss SMT GmbH zuverlässig funktioniert.

Nach der erfolgreichen Funktionsprüfung musste das Gerät auf Reinraumtauglichkeit getestet werden. Hierfür wurde es an geschultes Reinraumpersonal übergeben, welches die Bedingungen bewertete, unter denen das Gerät im Reinraum eingesetzt werden kann. Das geschulte Personal führte verschiedene Tests durch, um sicherzustellen, dass das Gerät keine Kontaminationsrisiken darstellt und unter den strengen Reinraumbedingungen verwendet werden kann. Es wurde festgestellt, dass das Gerät ohne Komplikationen eingesetzt werden kann.

Anschließend wurde das Gerät an das SAP-System angebunden. Die nahtlose Integration in das ERP-System mit dem Software Development Kit (SDK) ermöglichte eine effiziente Nutzung des Barcode-Scanners innerhalb von SAP. Das SDK ist eine Sammlung von Software-Tools und Programmierschnittstellen, die Entwicklern helfen, Anwendungen für ein bestimmtes Software-Framework zu erstellen. Im Rahmen des SDK wurden spezifische Funktionen programmiert, um die Kommunikation zwischen dem Scanner und dem SAP-System zu ermöglichen.

Die Datenübertragung wurde gründlich getestet, um sicherzustellen, dass die erfassten Barcodes korrekt und in Echtzeit in das System übertragen werden. Dazu wurden verschiedene Szenarien simuliert, wie das Scannen von Barcodes unter unterschiedlichen Bedingungen und auf verschiedenen Oberflächen. Die Tests umfassten auch das Scannen von schlecht lesbaren Codes, um die Robustheit und Zuverlässigkeit des Scanners zu überprüfen. Diese Tests sind entscheidend, um sicherzustellen, dass der Scanner in der Praxis zuverlässig funktioniert und alle Anforderungen erfüllt.

5.1.3 Optimierungsphase (Refine)

Nach der Entwicklungsphase wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse Vorschläge für weitere Optimierungen und Verbesserungen des Prototyps erarbeitet. Diese Phase beinhaltete die Identifikation von Schwachstellen und die Ausarbeitung von Empfehlungen zur Feinabstimmung der Software, zur Verbesserung der Hardware-Komponenten und zur Optimierung der Schnittstellen zum ERP-System. Ziel war es, konkrete Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Handscannerlösungen vorzuschlagen, um deren Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit zu maximieren.

5.2 Vorschläge für Optimierungen

Auf Basis der Erkenntnisse wurden mehrere Optimierungsvorschläge erarbeitet, um die Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit der Handscannerlösungen weiter zu verbessern. Diese Vorschläge zielen darauf ab, die Effizienz und Zuverlässigkeit der Lösungen zu maximieren und sicherzustellen, dass sie den spezifischen Anforderungen der Reinraumlogistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH gerecht werden.

- Die initiale Einführungsphase zeigte, dass die Software des Scanners bei der Erfassung von schlecht lesbaren Barcodes gelegentlich fehlerhafte Daten übermittelte. Ein Vorschlag zur Optimierung besteht darin, die Fehlerkorrekturalgorithmen der Scanner-Software zu verfeinern. Dies könnte durch die Implementierung fortschrittlicher Bildverarbeitungsalgorithmen erreicht werden, die in der Lage sind, beschädigte oder schlecht gedruckte Barcodes präziser zu erkennen und zu dekodieren. Zudem könnte maschinelles Lernen eingesetzt werden, um die Erkennungsgenauigkeit kontinuierlich zu verbessern.
- Angesichts der Sensibilität der erfassten Daten ist die Implementierung zusätzlicher Sicherheitsprotokolle unerlässlich. Hierzu könnten erweiterte Verschlüsselungsmechanismen gehören, die sicherstellen, dass Daten sowohl während der Übertragung als auch im Ruhezustand geschützt sind. Darüber hinaus sollten regelmäßige Sicherheitsupdates und Penetrationstests durchgeführt werden, um potenzielle Schwachstellen in der Scanner-Software zu identifizieren und zu beheben. Ein weiteres Sicherheitsmerkmal könnte die Einführung von Zwei-Faktor-Authentifizierung (2FA) sein, um den Zugriff auf die Scanner und die damit verbundenen Systeme zusätzlich abzusichern.
- Um die Wartung der Scanner zu optimieren und Ausfallzeiten zu minimieren, wurde vorgeschlagen, automatisierte Wartungsprotokolle zu implementieren. Diese Protokolle könnten regelmäßige Selbsttests der Scanner umfassen, die den Zustand der Hardware und Software überwachen. Bei Erkennung von Abweichungen oder bevorstehenden Problemen könnten automatisch Wartungsaufträge erstellt und an das technische Personal oder den Abteilungsverantwortlichen übermittelt werden. Dies würde proaktive Wartungsmaßnahmen ermöglichen und die Betriebszeit der Scanner maximieren.

- Eine nahtlose Integration der Handscannerlösungen mit den vorhandenen ERP-Systemen wie SAP ist entscheidend für die Effizienz der Logistikprozesse. Ein Vorschlag zur Optimierung besteht darin, spezifische APIs (Application Programming Interfaces) zu entwickeln, die eine direkte und effiziente Kommunikation zwischen den Handscannern und dem ERP-System ermöglichen. Diese APIs sollten so gestaltet sein, dass sie in Echtzeit Daten über Lagerbestände, Aufträge und Warenbewegungen austauschen können. Ein weiterer Aspekt könnte die Implementierung von Middleware-Lösungen sein, die als Vermittler zwischen den Scannern und dem ERP-System fungieren und die Datenintegration und -synchronisation erleichtern. Diese Middleware könnte zudem erweiterte Funktionen wie Datenvalidierung und -bereinigung bieten, um sicherzustellen, dass nur korrekte und vollständige Daten in das ERP-System übertragen werden. Durch diese optimierte Integration könnten die Handscanner in Echtzeit aktuelle Lagerbestände abrufen, Buchungen sofort aktualisieren und automatische Benachrichtigungen bei Bestandsabweichungen oder anderen Unregelmäßigkeiten generieren.

Die vorgeschlagenen Optimierungen zielen darauf ab, die Leistungsfähigkeit und Effizienz der Handscannerlösungen in der Reinraum-Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH weiter zu steigern. Durch die Verbesserung der Software, die Erweiterung der Konnektivitätsoptionen und die Integration zusätzlicher Sensoren wird die Zuverlässigkeit und Funktionalität der Scanner erhöht. Zudem tragen spezifische Anpassungen zur besseren Integration mit ERP-Systemen und erweiterten Datensicherheitsmaßnahmen dazu bei, die Handscannerlösungen optimal in die bestehenden Logistikprozesse einzubinden. Diese Maßnahmen gewährleisten nicht nur eine höhere Präzision und Effizienz bei der Datenerfassung, sondern auch eine verbesserte Datenintegrität und Sicherheit. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung und Anpassung der Handscannerlösungen an die spezifischen Anforderungen der Reinraum-Logistik wird die Carl Zeiss SMT GmbH in der Lage sein, ihre Logistikprozesse nachhaltig zu optimieren und die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

6 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH detailliert dargestellt. Es wird aufgezeigt, wie die neuen Technologien die Effizienz und Genauigkeit in den Logistikprozessen verbessert haben. Besonderes Augenmerk wird auf die wirtschaftliche Analyse gelegt, einschließlich der Berechnung des Return on Investment (ROI) sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Sensitivität. Ziel ist es, die finanziellen und operativen Vorteile der Implementierung zu

bewerten und die langfristigen Auswirkungen auf die Geschäftsprozesse der Carl Zeiss SMT GmbH zu analysieren.

6.1 Zeitmessung und Analyse der Ergebnisse

Um die Effizienz der Implementierung der Handscannerlösungen zu bewerten, wurden detaillierte Zeitmessungen für Buchungsvorgänge durchgeführt. Dabei wurde die Zeit in Sekunden gemessen, die für 89 Buchungsschritte benötigt wurde, sowohl mit als auch ohne den Einsatz von Handscannern. Diese Messungen dienten dazu, die genaue Zeitersparnis zu ermitteln und die potenziellen Effizienzgewinne zu quantifizieren. Die Tabelle zeigt die Messungen der Buchungsvorgänge. In der ersten Spalte wird die Messposition aufgelistet, während die zweite und dritte Spalte die gemessene Zeit in Sekunden für den jeweiligen Buchungsvorgang ohne und mit Handscanner darstellt (vgl. Tabelle 1). Die gemessenen Zeiten variieren, jedoch ist im Durchschnitt eine signifikante Zeitersparnis zu erkennen (vgl. Tabelle 2). Die vollständige Tabelle befindet sich im Anhang.

Messposition	Zeit (s) mit Optimierung	Zeit (s) ohne Optimierung
1	5,7	13,7
2	6,9	17,3
3	6,5	16,3
...

Tabelle 1: Zeitmessung - Vergleich
Quelle: Eigene Darstellung

Messposition	Zeit (s) mit Optimierung	Zeit (s) ohne Optimierung
Durchschnitt	6,4	15,2

Tabelle 2: Zeitmessung - Gesamtergebnis im Durchschnitt
Quelle: Eigene Darstellung

Durch die Implementierung der Handscannerlösungen wurde die durchschnittliche Zeit pro Buchungsvorgang von 15,2 Sekunden auf 6,4 Sekunden reduziert. Dies ergibt eine durchschnittliche Zeitersparnis von 8,8 Sekunden pro Buchungsvorgang (vgl. Tabelle 2). Auf Basis der ermittelten Zeitersparnis pro Buchungsvorgang wurde die tägliche und monatliche Zeitersparnis berechnet. Bei einer Anzahl von etwa 170 Buchungen pro Tag und Mitarbeiter wurde eine signifikante Effizienzsteigerung festgestellt. Die tägliche Zeitersparnis pro

Mitarbeiter beträgt dabei rund 0,414 Stunden, was auf einen Monat hochgerechnet eine Zeitersparnis von etwa neun Stunden ergibt.

Die Durchführung von 89 Buchungsvorgängen wurde gewählt, da diese Anzahl als ausreichend repräsentativ für die typischen Abläufe in der Logistik angesehen wird. Da die Buchungsvorgänge weitgehend standardisiert und gleichartig sind, bietet diese Stichprobe eine zuverlässige Grundlage für die Bewertung der Zeitersparnis. Die neun Stunden Zeitersparnis pro Monat und Mitarbeiter können direkt in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Da die Buchungsvorgänge und die daraus resultierenden Zeitersparnisse konsistent sind, ist es angemessen, diese Werte zur Berechnung der ökonomischen Vorteile der Implementierung der Handscannerlösungen zu verwenden.

6.2 Quantitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH wird anhand einer detaillierten Analyse der Arbeitszeitreduktion, Mitarbeiterkosten sowie der Prozess- und Implementierungskosten durchgeführt. Diese Analyse erfolgt sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Sensitivität.

6.2.1 Arbeitszeitanalyse

Die Analyse der Arbeitszeitstunden für die HiNA- (High Numeric Aperture) und LoNA- (Low Numeric Aperture) Logistikbereiche zeigt die Optimierungseffekte durch den Einsatz der Handscannerlösungen. Unter der Annahme, dass ein Monat im Durchschnitt 4,35 Wochen hat, ergeben sich bei einer 35-Stunden-Woche 152 Arbeitszeitstunden pro Mitarbeiter und Monat (vgl. Tabelle 3) (siehe Anhang 1).

Vor der Optimierung betrugen die Arbeitszeitstunden pro Mitarbeiter im Monat 152 Stunden. Dies führte zu einer Gesamtarbeitszeit von 760 Stunden pro Monat (5 MA x 152 Stunden) im HiNA-Bereich und 1.520 Stunden pro Monat (10 MA x 152 Stunden) im LoNA-Bereich. Nach der Implementierung der Handscannerlösungen konnten die Arbeitszeitstunden auf 143 pro Mitarbeiter im Monat reduziert werden (vgl. Tabelle 3). Dies ergab eine Gesamtarbeitszeit von 715 Stunden pro Monat im HiNA-Bereich und 1.430 Stunden pro Monat im LoNA-Bereich. Die Differenz zeigt eine Reduktion von 9 Stunden pro Mitarbeiter und Monat, was insgesamt 135 Stunden pro Monat (15 MA x 9 Stunden) beträgt.

Ohne Optimierung			
Logistikbereich	MA	Arbeitsstunden pro MA im Monat	Gesamt
HiNA	5	152	760
LoNA	10	152	1520

Optimierung durch Handscanner (Arbeitszeitstundenreduzierung)			
Logistikbereich	MA	Arbeitsstunden pro MA im Monat	Gesamt
HiNA	5	143	715
LoNA	10	143	1430
Gesamtlast der Arbeitszeitstunden wurde effektiv um 9 Stunden pro Monat und Mitarbeiter reduziert.			

Tabelle 3: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Optimierung Vergleich Arbeitszeitstunden
Quelle: Eigene Darstellung

6.2.2 Mitarbeiterkosten für die Carl Zeiss SMT GmbH

Für die Berechnung der Mitarbeiterkosten wurde exemplarisch die ERA-Entgeltgruppe 6 nach IG-Metall für Baden-Württemberg zugrunde gelegt, die einen klassischen und branchenüblichen Facharbeiterlohn repräsentiert, wie Anhang 1 auch zeigt. (vgl. Metall- und Elektroindustrie 2024). Der Bruttolohn wurde mit 3.310,00 € angesetzt. Zusätzlich wurden die Sozialkosten mit einem Faktor von 1,45 berechnet, was 1.489,50 € ergibt (siehe Anhang 1). Die anteiligen Infrastrukturkosten wurden nach Anhang 1 mit 150 € pro Mitarbeiter im Monat pauschal angenommen, um die Bereitstellung von PCs und anderen Ressourcen abzudecken. Somit betragen die Gesamtkosten pro Mitarbeiter und Monat 4.949,50 € (vgl. Tabelle 4).

Kosten für die Carl Zeiss SMT GmbH pro Mitarbeiter und Arbeitszeitstunde			
ERA-Endgeldgruppe 6 Bruttolohn	Sozialkosten	Anteilige Infrastrukturkosten (pauschal)	Gesamt pro Monat
3.310,00 €	1.489,50 €	150,00 €	4.949,50 €

Arbeitsstunden Gesamt Monat	Stundenlohn Kosten	Lohnkosten mit negativer Sensitivität (10%)	Lohnkosten ohne negative Sensitivität
152	32,56 €	29,31 €	32,56 €

Tabelle 4: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Ermittlung Lohnkosten
Quelle: Eigene Darstellung

Die Berechnung der Lohnkosten pro Arbeitszeitstunde ergab 32,56 € ohne Berücksichtigung der Sensitivität. Bei Berücksichtigung einer negativen Sensitivität, die einen geringeren Lohn bei Neueinstellungen oder andere Abweichungen beinhaltet, wurden die Kosten auf 29,31 € pro Stunde angesetzt (vgl. Tabelle 4).

6.2.3 Implementierungskosten

Die Implementierungskosten umfassen die Anschaffungskosten der Handscanner, die Softwareentwicklung und -integration sowie die Schulung der Mitarbeiter. Diese Investitionskosten wurden mit 25.915,00 € angesetzt, wobei eine Sensitivität von 10% berücksichtigt wurde, um potenziell höhere Kosten abzudecken, was die Investitionskosten auf 28.506,50 € erhöht (vgl. Tabelle 5). Diese Sensitivität ist ein realistischer Wert, da sie mögliche Schwankungen und unerwartete Zusatzkosten während der Implementierung berücksichtigt (siehe Anhang 1).

Jahr 1		
Position	Investitionskosten in €	Aufgerundet in €
Anschaffungskosten der Handscanner	1.039,92 €	1.040,00 €
Softwareentwicklung	1.000,00 €	1.000,00 €
Softwareintegration	800,00 €	800,00 €
Schulung der Mitarbeiter (reine Schulungskosten)	3.000,00 €	3.000,00 €
Wartungskosten der Geräte	250,00 €	250,00 €
Instandhaltungskosten der Geräte	150,00 €	150,00 €
Lizenzgebühren für Software	165,00 €	165,00 €
Supportkosten	150,00 €	150,00 €
Stromkosten für den Betrieb der Handscanner	16,80 €	20,00 €
Anschaffung von Zubehör (Ladestationen, Halterungen)	320,00 €	320,00 €
Kosten für Sicherheitsprüfungen (z.B. Elektroprüfung)	208,00 €	210,00 €
Reinraumtauglichkeitstests	150,00 €	150,00 €
Kosten für die Dokumentation und Prozessvisualisierung	162,81 €	165,00 €
Entwicklung und Anpassung von Schnittstellen zum ERP-System	489,45 €	490,00 €
Netzwerkinfrastruktur	600,00 €	600,00 €
Datenverschlüsselung und Sicherheitsprotokolle	1.500,00 €	1.500,00 €
Kosten für Pilotversuche und Testläufe	1.000,00 €	1.000,00 €
Ersatz- und Reservegeräte	259,98 €	260,00 €
Produktivitätsverlust während der Einarbeitung (15h pro MA)	14.653,13 €	14.655,00 €
Summe	25.915,00 €	25.925,00 €
mit Sensitivität	28.506,50 €	28.520,00 €

Tabelle 5: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Ermittlung Implementierungskosten

Quelle: Eigene Darstellung

Die laufenden Betriebskosten umfassen Wartungs- und Instandhaltungskosten der Geräte, Lizenzgebühren für die Software und eventuelle Supportkosten. Auch zusätzliche Stromkosten und andere betriebliche Ausgaben wurden in diese Kalkulation einbezogen. Besonders hervorzuheben sind die Kosten für die Schulung der Mitarbeiter, die Wartungskosten der Geräte sowie die Produktivitätsverluste während der Einarbeitung.

Zeitraum	Gesamtwirtschaftlichkeit pro Mitarbeiter in €
Jahr	118.788,00 €
Monat	9.899,00 €
Stunde	65,13 €

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Gesamtwertschöpfung pro Mitarbeiter in Euro

Quelle: Eigene Darstellung

Der Produktivitätsverlust während der Einarbeitung wurde ebenfalls berücksichtigt, da dieser eine signifikante Rolle in der Gesamtbewertung der Implementierungskosten spielt (siehe Anhang 1). Dieser wurde berechnet, indem die 15 Stunden Einarbeitungszeit pro Mitarbeiter mit der Bruttogesamtwertschöpfung pro Stunde und Mitarbeiter (65,13 €) multipliziert wurden (vgl. Tabelle 6). Hieraus ergibt sich ein Produktivitätsverlust von 14.655,00 € für alle betroffenen 15 Mitarbeiter (vgl. Tabelle 5). Die Gesamtwirtschaftlichkeit pro Mitarbeiter für das Unternehmen ZEISS wurde ermittelt, indem die Gesamtkosten pro Jahr und Mitarbeiter mit dem Faktor zwei multipliziert wurden. D.h. konkret, dass ein Mitarbeiter mindestens den doppelten Umsatz der Personalkosten erwirtschaftet. Diese Berechnung zeigt deutlich, dass die anfänglichen Einlernzeiten einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtkosten haben, jedoch auch eine notwendige Investition in die langfristige Effizienzsteigerung und Kostensenkung darstellen.

6.2.3.1 Betriebskosten für einen angesetzten Fünfjahreszeitraum

je Folgejahr (ab 2. Betriebsjahr)		
Position	Investitionskosten in €	Aufgerundet in €
Wartungskosten der Geräte	250,00 €	250,00 €
Instandhaltungskosten der Geräte	150,00 €	150,00 €
Lizenzgebühren für Software	165,00 €	165,00 €
Supportkosten	150,00 €	150,00 €
Stromkosten für den Betrieb der Handscanner	16,80 €	20,00 €
Ersatz- und Reservegeräte	259,98 €	260,00 €
Summe	991,78 €	995,00 €

Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Kosten für Folgejahre
Quelle: Eigene Darstellung

Die Betriebskosten für den Fünfjahreszeitraum umfassen mehrere Positionen, die zur nachhaltigen Nutzung und Wartung der Handscannerlösungen erforderlich sind. Diese Kosten sind detailliert in Tabelle 7 aufgeführt und beinhalten sowohl einmalige als auch laufende Ausgaben.

Die Summe der jährlichen Betriebskosten beträgt somit 991,78 €, was auf 995 € aufgerundet wurde (vgl. Tabelle 7). Diese Kostenaufstellung verdeutlicht die langfristigen finanziellen Anforderungen für den Betrieb und die Wartung der Handscannerlösungen über einen Zeitraum von fünf Jahren.

6.2.4 ROI-Berechnung

Die Einsparung durch die Reduktion der Arbeitszeitstunden wurde ermittelt, indem die Differenz der Arbeitszeitstunden mit den Kosten pro Arbeitszeitstunde multipliziert wurde. Ohne Berücksichtigung der Sensitivität beträgt die jährliche Einsparung 52.751,25 €, während sie mit Berücksichtigung der Sensitivität 47.476,13 € beträgt. Der Return on Investment (ROI) wurde sowohl ohne Abzinsung als auch mit Abzinsung berechnet. Ohne Abzinsung und unter Annahme der Sensitivität von 10 Prozent ergibt sich ein ROI von 0,60, während er mit Abzinsung 0,63 beträgt. Die Berechnung der monatlichen Annuität, die für die Abzinsung erforderlich ist, wurde mithilfe des internen Zinsfußes (WACC) durchgeführt, der für das Fiscal Year 2022/23 für ZEISS bei 13,94% liegt (vgl. Tabelle 8). Dieser Wert wurde aus dem aktuellen Jahresabschluss der Carl Zeiss SMT GmbH entnommen (vgl. ZEISS Gruppe et al. 2023).

	ROI (mit Berücksichtigung Sensitivität 10%)	ROI (ohne Berücksichtigung Sensitivität 10%)
Einsparung in €	47.476,13 €	52.751,25 €
Investitionskosten in €	28.506,50 €	25.915,00 €
ohne Abzinsung	0,60 a	0,491 a
Annuität p. m.	3.956,34 €	4.395,94 €
WACC (FY 2022/23)	13,94%	13,94%
mit Abzinsung	0,63 a	0,51 a

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsberechnung - ROI Ermittlung mit u. ohne Sensitivität
Quelle: Eigene Darstellung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt deutlich, dass die Implementierung der Handscannerlösungen eine signifikante Reduktion der Arbeitszeitstunden und damit eine Kosteneinsparung für die Carl Zeiss SMT GmbH zur Folge hat. Die Berücksichtigung der Sensitivität bietet dabei einen realistischen Blick auf mögliche Abweichungen in den Kosten und zeigt, dass die Investition auch unter diesen Bedingungen wirtschaftlich sinnvoll ist.

6.3 Einsparungspotential für Fünfjahreszeitraum

	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf 5 Jahre				
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Einsparung in €	47.476,13 €	47.476,13 €	47.476,13 €	47.476,13 €	47.476,13 €
IK in €	28.506,50 €	995,00 €	995,00 €	995,00 €	995,00 €
Bilanz	18.969,63 €	46.481,13 €	46.481,13 €	46.481,13 €	46.481,13 €
Anm.: Werte sind nicht inflationsbereinigt. IK = Investitionskosten					

Tabelle 9: Wirtschaftlichkeitsberechnung - Fünf Jahre Betrachtung
Quelle: Eigene Darstellung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über einen Zeitraum von fünf Jahren zeigt eine detaillierte Übersicht der jährlichen Einsparungen und Investitionskosten (IK) im Zusammenhang mit der Implementierung der Handschannerlösungen. Diese Informationen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Für jedes der fünf Jahre beträgt die Einsparung durch die Handschannerlösungen 47.476,13 €. Die Investitionskosten im ersten Jahr umfassen die anfänglichen Anschaffungskosten sowie laufende Kosten und belaufen sich auf 28.506,50 €. In den folgenden Jahren reduzieren sich die Investitionskosten auf 995 € pro Jahr, die laufende Betriebskosten wie Wartung und Lizenzen abdecken (vgl. Tabelle 7).

Die Bilanz zeigt, dass bereits im ersten Jahr eine positive Wirtschaftlichkeit mit einer Bilanz von 18.969,63 € erreicht wird. In den Jahren zwei bis fünf bleibt die Bilanz konstant bei 46.481,13 €, was die kontinuierlichen jährlichen Einsparungen abzüglich der laufenden Kosten reflektiert (vgl. Tabelle 9). Die Werte sind nicht inflationsbereinigt, was ebenfalls in der Anmerkung der Tabelle angegeben ist.

6.4 Qualitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Neben der quantitativen Analyse der Implementierung der Handschannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH ist die qualitative Betrachtung ebenfalls von Bedeutung. Besonders hervorzuheben ist das Potenzial zur Reduktion manueller Fehler, die in der Logistik und

Produktion erhebliche betriebswirtschaftliche Auswirkungen haben können. Manuelle Fehler führen häufig zu finanziellen Verlusten und Qualitätsproblemen. Eine Automatisierung dieser Prozesse hat das Potenzial, solche Fehler zu minimieren und dadurch die Prozessqualität signifikant zu steigern. Manuelle Prozesse in der Logistik sind fehleranfällig, was zu ungenauen Bestandsaufnahmen, falschen Buchungen und ungenauen Materialzuordnungen führen kann. Die Einführung von Handscannerlösungen kann diese Fehler durch die Automatisierung der Datenerfassung und -übertragung reduzieren (vgl. Nair et al. 2018). Durch die nahtlose Integration der erfassten Daten in das ERP-System wird die Notwendigkeit manueller Eingaben eliminiert, was die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten verbessern kann (vgl. Tong et al. 2020).

Ein weiterer Aspekt der qualitativen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Vermeidung von Produktionsstopps. Fehlerhafte Buchungen können zu Verzögerungen und Unterbrechungen im Produktionsprozess führen. Solche Störungen verursachen nicht nur direkte Kosten, sondern beeinträchtigen auch die Effizienz und Produktivität des gesamten Unternehmens (vgl. Indrawati et al. 2019). Handscannerlösungen haben das Potenzial, zur Sicherstellung der Produktionskontinuität beizutragen, indem sie solche Fehler verhindern (vgl. Nair et al. 2018).

Obwohl die Einsparungen durch Fehlerreduktion nicht exakt quantifizierbar sind, ist das Potenzial für signifikante Kosteneinsparungen offensichtlich. Die qualitative Analyse verdeutlicht, dass diese Einsparungen einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Projekts leisten können. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass solche qualitativen Einsparungen schwer messbar sind und daher nicht direkt in die quantitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen (vgl. De Block/Vis 2018).

7 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH umfassend diskutiert und im Kontext der Forschungsfragen interpretiert. Es wird analysiert, inwieweit die Ziele der Arbeit erreicht wurden und welche Implikationen sich aus den Ergebnissen für die Praxis und zukünftige Forschung ergeben. Dabei wird insbesondere auf die Effizienzsteigerung, die Reduktion der manuellen Arbeitslast sowie die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Implementierung eingegangen.

7.1 Interpretation der Ergebnisse im Kontext der Forschungsfrage

Die Forschungsfrage dieser Arbeit lautete:

In welchem Maße tragen die Einführung und der Einsatz von Handscannerlösungen und zugehöriger Software zur Effizienzsteigerung in der Reinraum-Logistik bei Carl Zeiss SMT GmbH bei und inwieweit kann dadurch die manuelle Arbeitslast reduziert werden?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden umfassende Untersuchungen und Analysen durchgeführt. Die Implementierung der Handscannertechnologie in der Reinraum-Logistik der Carl Zeiss SMT GmbH zielte darauf ab, die Effizienz der Buchungsvorgänge zu steigern und die manuelle Arbeitslast zu reduzieren. Dabei wurde besonders auf die Zeitersparnis pro Buchungsvorgang, die Reduktion von Fehlern und die wirtschaftliche Rentabilität der Implementierung geachtet. Die durchgeführten Messungen und die anschließende wirtschaftliche Analyse liefern überzeugende Belege für die signifikante Verbesserung der Prozesseffizienz durch die Einführung der Handscanner. Die Implementierung zeigte, dass durch die Reduktion der Bearbeitungszeit pro Buchungsvorgang und die Verringerung der Fehlerquote Zeit- und Kosteneinsparungen realisiert werden konnten. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik, insbesondere in spezialisierten Umgebungen wie der Reinraum-Logistik.

7.1.1 Effizienzsteigerung durch Zeitersparnis

Die Ergebnisse der Untersuchung belegen eindeutig, dass die Implementierung der Handscannertechnologie eine signifikante Effizienzsteigerung in den Logistikprozessen der Carl Zeiss SMT GmbH bewirkt. Die durchschnittliche Zeit für einen Buchungsvorgang konnte von 15,2 Sekunden auf 6,4 Sekunden reduziert werden, was einer bemerkenswerten Zeitersparnis von 8,8 Sekunden pro Buchung entspricht. Diese erhebliche Reduktion der Bearbeitungszeit zeigt die hohe Effektivität der Handscannerlösungen. Bei einer täglichen Buchungsrate von etwa 170 Buchungen pro Mitarbeiter summiert sich die Zeitersparnis auf beachtliche Werte. Pro Tag ergibt sich dadurch eine Einsparung von insgesamt 1.496 Sekunden, was etwa 24,93 Minuten entspricht. Hochgerechnet auf einen Monat führt dies zu einer monatlichen Zeitersparnis von rund 9 Stunden pro Mitarbeiter. Diese Berechnung verdeutlicht, dass die Automatisierung der Buchungsvorgänge durch Handscanner nicht nur

zu einer beträchtlichen Reduktion der manuellen Arbeitslast führt, sondern auch signifikante Effizienzgewinne ermöglicht .

Diese Effizienzsteigerung bestätigt die Erwartungen, dass durch die Automatisierung der Buchungsvorgänge nicht nur die Arbeitslast der Mitarbeiter verringert wird, sondern auch die Datenverarbeitung schneller und genauer erfolgt. Die Verbesserung der Genauigkeit reduziert das Risiko von Fehlern, die bei manuellen Prozessen häufig auftreten, und trägt somit zur Erhöhung der Prozessqualität bei. Dies führt letztlich zu einer Steigerung der Betriebseffizienz und unterstützt die strategischen Ziele der Carl Zeiss SMT GmbH, ihre Logistikprozesse kontinuierlich zu optimieren.

Die Zeitersparnis pro Buchung ist besonders relevant in einem Umfeld wie der Reinraum-Logistik, wo Präzision und Effizienz von höchster Bedeutung sind. Die Reduzierung der Bearbeitungszeit trägt zur Optimierung der Arbeitsabläufe bei, minimiert die Wartezeiten und erhöht die Produktivität. Die eingesparte Zeit kann für andere wertschöpfende Tätigkeiten genutzt werden, was die Gesamtleistung der Logistikabteilung weiter steigert.

7.1.2 Wirtschaftliche Bewertung der Scannerimplementierung

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, dass die Einsparungen durch die reduzierte Arbeitszeit und die gesteigerte Effizienz die Implementierungskosten deutlich übersteigen, was die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Handscannerlösungen unterstreicht. Der berechnete Return on Investment (ROI) verdeutlicht diesen wirtschaftlichen Vorteil umfassend. Der ROI wird ermittelt, indem die durch die Implementierung erzielten Nettoeinsparungen den gesamten Investitionskosten gegenübergestellt werden (vgl. Nwude 2016). In diesem Fall zeigt der ROI, dass die Einsparungen die Kosten der Implementierung bereits im ersten Jahr nach Einführung der Handscannertechnologie übersteigen.

Die detaillierte Analyse zeigt, dass durch die Reduktion der Arbeitszeit um 9 Stunden pro Mitarbeiter und Monat Kosteneinsparungen realisiert werden können. Bei einer Berechnung basierend auf den durchschnittlichen Arbeitskosten pro Stunde ergibt sich eine jährliche Einsparung, die die initialen Investitionskosten für die Handscanner, die Softwareentwicklung und -integration sowie die Schulung der Mitarbeiter deutlich übersteigt. Diese Effizienzgewinne ermöglichen eine Amortisation der Implementierungskosten in einem relativ kurzen Zeitraum und führen zu nachhaltigen Kosteneinsparungen in den folgenden Jahren. Diese positive

wirtschaftliche Bewertung wird durch den Vergleich mit bestehenden Studien und Praktiken gestützt. Beispielsweise bestätigen Fang et al. (2023) und Acemoglu/Restrepo (2019), dass Investitionen in Automatisierungstechnologien langfristig zu Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen führen können. Diese Studien zeigen, dass Automatisierung nicht nur direkte Kosten wie Arbeitszeit einspart, sondern auch indirekte Kosten wie Fehlerkorrekturen und Nacharbeiten reduziert. Auch die in Kapitel 3 beschriebenen Fallstudien von Ehrhardt et al. (2017) aus der Holzindustrie sowie das Konzept des RFID-Handschuhs von Günthner/Rammelmeier (2012) verdeutlichen die Vorteile der Automatisierung in der Logistik. Die Reduktion von Fehlern durch Automatisierungstechnologien kann einen bedeutenden Einfluss auf die Prozessqualität und die Betriebskosten haben, was die wirtschaftlichen Vorteile weiter verstärkt (vgl. Pereira et al. 2014).

Die qualitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigte zusätzlich, dass potenzielle Einsparungen durch die Reduktion manueller Fehler möglich sind. Diese Einsparungen lassen sich zwar schwer genau quantifizieren, tragen jedoch zur Gesamteffizienz und Kostenreduktion bei. Manuelle Fehler in der Logistik können vielfältige negative Auswirkungen haben, darunter fehlerhafte Lagerbuchungen, falsche Bestandsdaten und Verzögerungen in der Produktion, die insgesamt zu hohen Kosten führen können (vgl. Aicher et al. 2017). Durch den Einsatz von Handscannerlösungen wird das Risiko solcher Fehler reduziert. Diese Fehlerreduktion verbessert nicht nur die Prozessqualität, sondern führt auch zu einer Verringerung der Kosten für Fehlerkorrekturen und Nacharbeiten (vgl. Pereira et al. 2014).

Ein weiterer wichtiger Aspekt der qualitativen Analyse ist die Reduktion von Produktionsstillständen und Verzögerungen, die durch fehlerhafte manuelle Buchungen verursacht werden. Produktionsausfälle und Nacharbeiten können Kosten verursachen, die oft nicht direkt in der quantitativen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt werden. Die Automatisierung dieser Prozesse durch Handscanner trägt dazu bei, die Zuverlässigkeit und Effizienz der Logistikabläufe zu erhöhen, wodurch diese indirekten Kosten ebenfalls reduziert werden (vgl. Eyahanyo/Rath 2019).

7.2 Limitationen der Forschung

Trotz der positiven Ergebnisse gibt es auch einige Limitationen in der Forschung, die berücksichtigt werden müssen. Eine wesentliche Einschränkung ist die begrenzte Anzahl von Buchungsvorgängen, die für die Zeitersparnisanalyse herangezogen wurden. Obwohl die ausgewählten 89 Buchungsvorgänge repräsentativ für den täglichen Betrieb sind, könnte eine

größere Stichprobe zu noch präziseren Ergebnissen führen (vgl. Andrade 2020). Die Beschränkung auf 89 Buchungsvorgänge ergab sich aus der praktischen Notwendigkeit, diese Messungen im laufenden Arbeitsalltag durchzuführen, ohne den Betriebsablauf zu stören. Eine größere Anzahl an Messungen wäre schwer umzusetzen gewesen, da dies den normalen Arbeitsfluss erheblich beeinträchtigt hätte.

Darüber hinaus basiert die qualitative Analyse auf Annahmen, die nicht vollständig quantifizierbar sind, wie die genaue Fehlerquote und die damit verbundenen Kosten. Diese Annahmen stützen sich auf Schätzungen und Erfahrungswerte, die variieren können (vgl. Williams/Albers 2018). Die methodischen Beschränkungen beinhalten auch, dass die Daten zur Zeitersparnis und Fehlerreduktion durch interne Messungen und Beobachtungen erhoben wurden. Externe Validierungen durch unabhängige Studien oder Benchmarks fehlen, was die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse einschränkt (vgl. Howell 2014).

Zusätzlich wurde der Fokus ausschließlich auf die Faktoren Zeitersparnis und Kostenreduktion gelegt, während andere potenziell relevante Faktoren wie die Auswirkungen auf die Mitarbeiterzufriedenheit und die langfristige Nachhaltigkeit der Effizienzgewinne nicht untersucht wurden. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich zudem auf die Implementierung von Handscannerlösungen in der spezifischen Umgebung der Reinraum-Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH. Daher können die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf andere logistische Umgebungen oder Industrien übertragen werden.

In diesem Zusammenhang wäre es lohnenswert, in zukünftigen Forschungen die Integration zusätzlicher Automatisierungstechnologien und deren kombinierte Effekte auf die Effizienz und Mitarbeiterzufriedenheit zu untersuchen. Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich auch aus der Notwendigkeit, die langfristigen Auswirkungen der Implementierung auf die Betriebskosten und die Produktivität detaillierter zu analysieren.

Zusätzlich könnten zukünftige Studien die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitsbedingungen und die Mitarbeiterzufriedenheit untersuchen, um ein umfassenderes Bild der Vorteile und Herausforderungen der neuen Technologien zu erhalten. Die gewonnenen Ergebnisse werfen weitere Fragen auf, die durch weiterführende Untersuchungen, beispielsweise durch Langzeitstudien oder branchenübergreifende Vergleiche, ergänzt werden könnten.

7.3 Ausblick und zukünftige Forschungen

Die vorliegende Arbeit bietet eine solide Grundlage für die Bewertung der Implementierung von Handscannerlösungen in der Reinraum-Logistik. Für zukünftige Forschungen wäre es jedoch sinnvoll, weiterführende Studien durchzuführen, die eine größere Datenbasis nutzen und längere Beobachtungszeiträume umfassen. Eine umfassendere Datenbasis würde die Genauigkeit und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse erhöhen, insbesondere hinsichtlich der Effizienzgewinne und Kosteneinsparungen (vgl. Andrade 2020).

Insbesondere die Untersuchung der langfristigen Auswirkungen auf die Betriebskosten und die Produktivität wäre von großem Interesse. Langfristige Effekte, wie die Nachhaltigkeit der Effizienzgewinne, die kontinuierliche Reduktion von Fehlern und die dauerhafte Akzeptanz der Technologie durch die Mitarbeiter, sollten eingehend untersucht werden.

Außerdem könnten zukünftige Studien die Integration zusätzlicher Automatisierungstechnologien in die Logistikprozesse untersuchen und deren kombinierte Effekte auf die Effizienz und Fehlerreduktion analysieren. Technologien wie Robotik, künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen bieten vielversprechende Ansätze zur weiteren Optimierung der Logistikprozesse (vgl. Woschank et al. 2020).

Eine weitere interessante Forschungsrichtung wäre die detaillierte Analyse der Auswirkungen auf die Mitarbeiterzufriedenheit und die Arbeitsbedingungen. Die Einführung neuer Technologien kann sowohl positive als auch negative Effekte auf das Arbeitsumfeld haben (vgl. Jafari/Van Looy 2022). Es wäre daher wichtig zu verstehen, wie die Digitalisierung die Motivation, das Wohlbefinden und die Produktivität der Mitarbeiter beeinflusst.

8 Fazit

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit die Einführung und der Einsatz von Handscannerlösungen und zugehöriger Software zur Effizienzsteigerung in der Reinraum-Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH beitragen und wie dadurch die manuelle Arbeitslast reduziert werden kann. Die Implementierung der Handscannertechnologie hat gezeigt, dass die durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Buchungsvorgang signifikant reduziert werden konnte. Die Zeitersparnis betrug pro Buchungsvorgang 8,8 Sekunden, was sich bei einer

täglichen Buchungsrate von etwa 170 Buchungen pro Mitarbeiter auf eine monatliche Zeitersparnis von rund 9 Stunden pro Mitarbeiter summiert.

Die wirtschaftliche Bewertung der Implementierung zeigte, dass die Einsparungen durch die reduzierte Arbeitszeit und die gesteigerte Effizienz die Implementierungskosten deutlich übersteigen. Der Return on Investment (ROI) verdeutlichte diesen wirtschaftlichen Vorteil umfassend. Es wurde festgestellt, dass die Einsparungen die Kosten der Implementierung bereits im ersten Jahr nach Einführung der Handscannertechnologie übersteigen. Diese positiven wirtschaftlichen Effekte wurden durch die Reduktion der Arbeitszeit um 9 Stunden pro Mitarbeiter und Monat sowie durch die Verringerung der manuellen Fehler und damit verbundenen Kosten realisiert.

Zudem zeigt die qualitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, dass potenzielle Einsparungen durch die Reduktion manueller Fehler möglich sind. Diese Einsparungen haben das Potenzial, zur Gesamteffizienz und Kostenreduktion beizutragen, auch wenn sie schwer genau quantifizierbar sind. Die Reduktion von Produktionsstillständen und Verzögerungen, die durch fehlerhafte manuelle Buchungen verursacht werden könnten, kann ebenfalls zu einer verbesserten Zuverlässigkeit und Effizienz der Logistikprozesse beitragen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit unterstreichen die Bedeutung der Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik, insbesondere in spezialisierten Umgebungen wie der Reinraum-Logistik. Die Implementierung der Handscannerlösungen bei der Carl Zeiss SMT GmbH hat nicht nur zu einer signifikanten Reduktion der manuellen Arbeitslast und einer Verbesserung der Prozessqualität geführt, sondern auch erhebliche wirtschaftliche Vorteile erbracht. Die erhöhte Effizienz und Genauigkeit der Datenverarbeitung tragen zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens bei.

Die Arbeit liefert eine solide Grundlage für die Bewertung der Implementierung von Handscannerlösungen in der Reinraum-Logistik. Für zukünftige Forschungen wäre es sinnvoll, weiterführende Studien durchzuführen, die eine größere Datenbasis nutzen und längere Beobachtungszeiträume umfassen. Insbesondere die Untersuchung der langfristigen Auswirkungen auf die Betriebskosten und die Produktivität wäre von großem Interesse. Außerdem könnten zukünftige Studien die Integration zusätzlicher Automatisierungstechnologien in die Logistikprozesse untersuchen und deren kombinierte Effekte auf die Effizienz und Fehlerreduktion analysieren. Eine weitere interessante

Forschungsrichtung wäre die detaillierte Analyse der Auswirkungen auf die Mitarbeiterzufriedenheit und die Arbeitsbedingungen, um ein umfassenderes Bild der Vorteile und Herausforderungen der Digitalisierung in der Logistik zu erhalten.

Literaturverzeichnis

Die Quellenangaben wurden alphabetisch geordnet, um eine klare und strukturierte Übersicht zu gewährleisten.

Abidin, Z. Zainal/N.A. Zakaria/Z. Abal/A.A. Anuar/N. Harum/Baharon/Z. Ayop (2019): Enhanced Physical Document Management using NFC with Verification for Security and Privacy, in: International Journal Of Advanced Computer Science And Applications/International Journal Of Advanced Computer Science & Applications, Bd. 10, Nr. 3, [online] doi:10.14569/ijacsa.2019.0100322.

Acemoglu, Daron/Pascual Restrepo (2019): Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor, in: The Journal Of Economic Perspectives/The Journal Of Economic Perspectives, Bd. 33, Nr. 2, S. 3–30, [online] doi:10.1257/jep.33.2.3.

Aicher, T./D. Schütz/M. Spindler/S. Liu/W.A. Günthner/B. Vogel-Heuser (2017): Automatic analysis and adaption of the interface of automated material flow systems to improve backwards compatibility, in: IFAC-PapersOnLine, Bd. 50, Nr. 1, S. 1217–1224, [online] doi:10.1016/j.ifacol.2017.08.345.

Andrade, Chittaranjan (2020): Sample Size and its Importance in Research, in: Indian Journal Of Psychological Medicine, Bd. 42, Nr. 1, S. 102–103, [online] doi:10.4103/ijpsym.ijpsym_504_19.

Bayar, M. Sanem/Zeeshan Aziz (2018): Rapid Prototyping and Its Role in Supporting Architectural Design Process, in: Journal Of Architectural Engineering, Bd. 24, Nr. 3, [online] doi:10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000307.

Chen, Chen/Jian Mao/Xingwen Gan (2018): Design of Automated Warehouse Management System, in: MATEC Web Of Conferences, Bd. 232, S. 03049, [online] doi:10.1051/mateconf/201823203049.

Christoforakos, Lara/Stefan Tretter/Sarah Diefenbach/Sven-Anwar Bibi/Moritz Fröhner/Kirstin Kohler/Dominick Madden/Tobias Marx/Thies Pfeiffer/Nadine Pfeiffer-Leßmann/Nina Valkanova (2019): Potential and Challenges of Prototyping in Product Development and Innovation, in: I-com, Bd. 18, Nr. 2, S. 179–187, [online] doi:10.1515/icom-2019-0010.

De Block, Debora/Barbara Vis (2018): Addressing the Challenges Related to Transforming Qualitative Into Quantitative Data in Qualitative Comparative Analysis, in: Journal Of Mixed Methods Research, Bd. 13, Nr. 4, S. 503–535, [online] doi:10.1177/1558689818770061.

De Oliveira, Marcos Paulo Valadares/Robert Handfield (2018): Analytical foundations for development of real-time supply chain capabilities, in: International Journal Of Production Research, Bd. 57, Nr. 5, S. 1571–1589, [online] doi:10.1080/00207543.2018.1493240.

Ehrhardt, Ina/Bettina Heise/Fraunhofer IFF/Anne-Katrin Osdoba/Mike Lange/TH Wildau/Antje Maschmann-Fehrens/Holzindustrie Templin GmbH/Wolf-Georg Fehrens/Hieronymus Bischoff/Georg Fehrens GmbH (2017): Praxishandreichung zur Fallstudie Deutschland.

Erkayman, Burak (2018): Transition to a JIT production system through ERP implementation: a case from the automotive industry, in: International Journal Of Production Research, Bd. 57, Nr. 17, S. 5467–5477, [online] doi:10.1080/00207543.2018.1527048.

Eyahanyo, Felix/Thomas Rath (2019): Comparison of manual and automatic barcode detection in rough horticultural production systems, in: International Journal Of Agricultural And Biological Engineering, Bd. 12, Nr. 6, S. 169–176, [online] doi:10.25165/j.ijabe.20191205.4762.

Fang, Alison/Vickie Chen/Matthew McDonald (2023): Breaking down the impact of automation in manufacturing, in: MIT Science Policy Review, Bd. 4, S. 127–136, [online] doi:10.38105/spr.ja3pmgIhj7.

Garg, Niharika (2012): Improving Business Logistics using Barcode Scanners, in: International Journal Of Computer Applications, Bd. 50, Nr. 15, S. 1–5, [online] doi:10.5120/7844-0815.

Han, Lu/Hanping Hou/Z. M. Bi/Jianliang Yang/Xiaoxiao Zheng (2021): Functional Requirements and Supply Chain Digitalization in Industry 4.0, in: Information Systems Frontiers, [online] doi:10.1007/s10796-021-10173-1.

Hendriks, Leander/Rui Zhong/Bruno Cornelis/Adrian Munteanu (2022): A Low-Power Distributed Visual Sensor Network for Real-Time Barcode Localization and Identification, in: Sensors, Bd. 22, Nr. 4, S. 1433, [online] doi:10.3390/s22041433.

Indrawati, S/A Azzam/A C Ramdani (2019): Manufacturing efficiency improvement through lean manufacturing approach: a case study in a steel processing industry, in: IOP Conference Series. Materials Science And Engineering, Bd. 598, Nr. 1, S. 012062, [online] doi:10.1088/1757-899x/598/1/012062.

Istiqomah, Nadya Amanda/Putri Fara Sansabilla/Doddy Himawan/Muhammad Rifni (2020): The Implementation of Barcode on Warehouse Management System for Warehouse Efficiency, in: Journal Of Physics. Conference Series, Bd. 1573, Nr. 1, S. 012038, [online] doi:10.1088/1742-6596/1573/1/012038.

Jafari, Pooria/Amy Van Looy (2022): Adopting Digital-Oriented work practices that facilitate work satisfaction, in: IEEE Access, Bd. 10, S. 81522–81545, [online] doi:10.1109/access.2022.3192853.

Kammerer, Klaus/Rüdiger Pryss/Burkhard Hoppenstedt/Kevin Sommer/Manfred Reichert (2020): Process-Driven and Flow-Based Processing of Industrial Sensor Data, in: Sensors, Bd. 20, Nr. 18, S. 5245, [online] doi:10.3390/s20185245.

Khandelwal, Mudit/Satyajit Banerjee/Ankur Gupta (2021): A System & Setup for Faster Model-Based Design Using ECU Rapid Prototyping and an External IoT Connectivity Device, in: IEEE, [online] doi:10.1109/itec-india53713.2021.9932511.

Lin, Chih-Kang/Shangyao Yan/Fei-Yen Hsiao (2020): Optimal Inventory Level Control and Replenishment Plan for Retailers, in: Networks And Spatial Economics, Bd. 21, Nr. 1, S. 57–83, [online] doi:10.1007/s11067-020-09503-8.

Loske, Dominic/Matthias Klumpp (2020): Verifying the effects of digitalisation in retail logistics: an efficiency-centred approach, in: International Journal Of Logistics, Bd. 25, Nr. 2, S. 203–227, [online] doi:10.1080/13675567.2020.1815681.

Mahnert, Alexander/Parag Vaishampayan/Alexander J. Probst/Anna Auerbach/Christine Moissl-Eichinger/Kasthuri Venkateswaran/Gabriele Berg (2015): Cleanroom Maintenance Significantly Reduces Abundance but Not Diversity of Indoor Microbiomes, in: PloS One, Bd. 10, Nr. 8, S. e0134848, [online] doi:10.1371/journal.pone.0134848.

Metall- und Elektroindustrie (2024): Metall- und Elektroindustrie ERA - Monatsentgelte (in Euro) gültig ab 01.05.2024, report, [online] https://www.igmetall.de/download/20240429_Metall-Elektroindustrie_ERA_Tabellen_f8782ca3c8062a6bc947c430313105832715c9a9.pdf.

Munro, Deborah (2019): Working in a Cleanroom, in: Springer eBooks, S. 21–30, [online] doi:10.1007/978-3-030-33073-6_3.

Nair, Chandra/Konstantinos Tsiopanos/Richard Martin/Graham Marshall (2018): Increasing Warehouse Productivity With an Ergonomic Handheld Scanner, in: Ergonomics in Design, Bd. 26, Nr. 3, S. 23–31, [online] doi:10.1177/1064804618757281.

Nwude, E. Chuke (2016): A review on the calculation of return on investment, in: International Journal Of Advanced And Applied Sciences, Bd. 3, Nr. 9, S. 110–119, [online] doi:10.21833/ijaas.2016.09.016.

Pang, Jiayi/Leixian Shen/Qingyun Zhang/He Xu/Peng Li (2019): Design of Modern Logistics Management System Based on RFID and NB-IoT, in: *Advances in intelligent systems and computing*, S. 561–569, [online] doi:10.1007/978-3-030-15035-8_54.

Pereira, Jennifer A./Susan Quach/Jemila S. Hamid/Sherman D. Quan/Amanda Jane Diniz/Robert Van Exan/Jeffrey Malawski/Michael Finkelstein/Salim Samanani/Jeffrey C. Kwong (2014): The integration of barcode scanning technology into Canadian public health immunization settings, in: *Vaccine*, Bd. 32, Nr. 23, S. 2748–2755, [online] doi:10.1016/j.vaccine.2013.11.015.

Phan, Anh Chi/Ha Thu Nguyen/Hao Anh Nguyen/Yoshiki Matsui (2019): Effect of Total Quality Management Practices and JIT Production Practices on Flexibility Performance: Empirical Evidence from International Manufacturing Plants, in: *Sustainability*, Bd. 11, Nr. 11, S. 3093, [online] doi:10.3390/su11113093.

Puangsa-Ard, Yada/Sroisiri Thaweboon/Nattinee Jantaratnotai/Praewpat Pachimsawat (2018): Effects of resterilization and storage time on sterility of paper/plastic pouches, in: *The European Journal Of Dentistry/The European Journal Of Dentistry*, Bd. 12, Nr. 03, S. 417–421, [online] doi:10.4103/ejd.ejd_351_17.

Return on Investment Analysis (2019): in: *The English East India Company's Silk Enterprise in Bengal, 1750–1850*, S. 211–214, [online] doi:10.1017/9781787444928.013.

Rodrigue, Jean-Paul (2020): The distribution network of Amazon and the footprint of freight digitalization, in: *Journal Of Transport Geography*, Bd. 88, S. 102825, [online] doi:10.1016/j.jtrangeo.2020.102825.

Sable, Umesh/Prashant T. Borlepwar (2018): Recent Developments in the Field of Rapid Prototyping: An Overview, in: *Lecture notes in mechanical engineering*, S. 511–519, [online] doi:10.1007/978-981-13-2490-1_47.

Sandi, Aires Jorge Alberto/Giacaglia Giorgio Eugenio Oscare (2017): USE OF RAPID PROTOTYPING IN PRODUCT DEVELOPMENT: A Case Study for Tool Manufacturing for Aeronautical Use, in: *Engineering Research*, Bd. 8, Nr. 5, S. 1–17, [online] doi:10.32426/engresv8n5-001.

Saprikin, A.A./E.A. Ibragimov/E.V. Babakova (2015): Engineering and Technology Based on Rapid Prototyping, in: *Applied Mechanics And Materials*, Bd. 770, S. 622–627, [online] doi:10.4028/www.scientific.net/amm.770.622.

Suleiman, Mohammed Ali/Baofeng Huo/Yuxiao Ye (2021): Linking supplier JIT to flexibility performance: the moderating impact of advanced manufacturing technology and human resource empowerment, in: *Industrial Management + Data Systems/Industrial Management & Data Systems*, Bd. 121, Nr. 11, S. 2237–2253, [online] doi:10.1108/imds-02-2021-0096.

Tong, Qingfei/Xinguo Ming/Xianyu Zhang (2020): The Realization for Automated Warehouse Based on the Integration of ERP and WMS, in: *Proceedings Of The 2020 The 7th International Conference On Automation And Logistics (ICAL)*, [online] doi:10.1145/3412953.3412954.

Tuli, Ferdouse Ara/Swathi Kaluvakuri (2022): Implementation of ERP Systems in Organizational Settings: Enhancing Operational Efficiency and Productivity, in: *Asian Business Review*, Bd. 12, Nr. 3, S. 89–96, [online] doi:10.18034/abr.v12i3.676.

Yang, Zixu/Yunfeng Hao/Wenxing Shi/Xiaoliang Shao/Xiufang Dong/Xuanrui Cheng/Xianting Li/Xiaojun Ma (2021): Field test of pharmaceutical cleanroom cleanliness subject to multiple disturbance factors, in: *Journal Of Building Engineering*, Bd. 42, S. 103083, [online] doi:10.1016/j.jobe.2021.103083.

Youssef, Sherin M./Rana M. Salem (2007): Automated barcode recognition for smart identification and inspection automation, in: *Expert Systems With Applications*, Bd. 33, Nr. 4, S. 968–977, [online] doi:10.1016/j.eswa.2006.07.013.

Yu, Hui/Yifan Fu/Xinjing Qin/Huang Guokai (2020): Mobile Handheld Devices and Embedded in Things Picking System, in: *IEEE*, [online] doi:10.1109/ccet50901.2020.9213136.

Živanović, Saša/Mihajlo Popović/Nikola Vorkapić/Miloš Pjević/Nikola Slavković (2020): An overview of rapid prototyping technologies using subtractive, additive and formative processes, in: *FME Transactions*, Bd. 48, Nr. 2, S. 246–253, [online] doi:10.5937/fmet2001246z.

Zhou, Chenhao/Aloisius Stephen/Xinhu Cao/Shuhong Wang (2020): A data-driven business intelligence system for large-scale semi-automated logistics facilities, in: *International Journal Of Production Research*, Bd. 59, Nr. 8, S. 2250–2268, [online] doi:10.1080/00207543.2020.1727048.

ZEISS Gruppe/Markus Weber/Karl Lamprecht/Sven Hermann/Susan-Stefanie Breitkopf/Jochen Peter (2023): ZEISS Geschäftsbericht 2022/23, ZEISS Gruppe.

9 Anhang

9.1 Gesprächstranskript Interview W. Weckenmann

Gesprächstranskript Interview

Teilnehmer:

Wolfgang Weckenmann (WW): (Head of Transactional Accounting Europe – Service Accounting and Tax bei ZEISS)

Lorenz Schlickenrieder (LS): (Dualer Student Wirtschaftsinformatik in der Logistik bei der Carl Zeiss SMT GmbH)

Datum: 27. Mai 2024

Ort: Teams-Besprechung, Carl Zeiss SMT

Beginn -----

Lorenz Schlickenrieder: Hallo Wolfgang, danke, dass du dir heute Zeit nimmst, um mir bei meiner Bachelorarbeit zu helfen.

Wolfgang Weckenmann: Hallo Lorenz, kein Problem. Ich freue mich, dass ich dich unterstützen kann. Worum genau geht es?

Lorenz Schlickenrieder: Es geht um die Implementierung von Handscannerlösungen in unserer Reinraum-Logistik. Ich möchte eine umfassende Wirtschaftlichkeitsanalyse durchführen und brauche dafür präzise Daten. Kannst du mir hier weiterhelfen?

Wolfgang Weckenmann: Klar, lass uns das Schritt für Schritt durchgehen. Welche spezifischen Informationen benötigst du?

Lorenz Schlickenrieder: Sehr gerne. Beginnen wir mit den Kosten für das Personal. Könntest du mir erklären, welche Daten und Kostensätze ich dafür verwenden sollte?

Wolfgang Weckenmann: Natürlich, Lorenz. Beginnen wir mit den Gehaltskosten. Ich würde dir empfehlen, die ERA-Entgeltgruppe 6 zu verwenden, da dies die gängigste Gruppe für Facharbeiter in unserer Branche ist. Das Bruttogehalt liegt in dieser Gruppe in einem vernünftigen Rahmen und ist repräsentativ für deine Berechnungen.

Lorenz Schlickerrieder: Verstehe. Ich denke hierfür spielt der Faktor Sozialkosten auch eine Rolle? Diese würde ich vermutlich mit einem Faktor von 1,35 oder 1,4 ansetzen.

Wolfgang Weckenmann: Für die Sozialkosten könntest du einen Faktor von 1,45 ansetzen, das halte ich für realistischer. Das ist ein üblicher Wert, der die verschiedenen Abgaben und Sozialleistungen abdeckt.

Lorenz Schlickerrieder: Wie sieht es mit den Infrastrukturkosten aus?

Wolfgang Weckenmann: Für die Infrastrukturkosten könntest du pauschal etwa 150 € pro Mitarbeiter und Monat ansetzen. Diese Kosten decken die Bereitstellung von PCs und anderen notwendigen Ressourcen ab.

Lorenz Schlickerrieder: Okay, das klingt sinnvoll. Was ist mit den Kosten pro Arbeitsstunde?

Wolfgang Weckenmann: Um die Kosten pro Arbeitsstunde zu berechnen, solltest du die Gesamtkosten pro Mitarbeiter und Monat durch die durchschnittliche Anzahl der Arbeitsstunden pro Monat teilen. Bei einer 35-Stunden-Woche und einem Monat mit durchschnittlich 4,35 Wochen ergeben sich rund 152 Stunden pro Monat.

Lorenz Schlickerrieder: Das macht Sinn. Kommen wir zur Implementierung der Handscanner. Was sind die spezifischen Kosten, die ich berücksichtigen sollte?

Wolfgang Weckenmann: Die Implementierungskosten umfassen mehrere Komponenten. Die Anschaffungskosten der Handscanner, die Kosten für die Softwareentwicklung und -integration sowie die Schulung der Mitarbeiter. Für die Anschaffungskosten würde ich einen realistischen Wert ansetzen, den du in den Angeboten der Hersteller findest. Die Softwareentwicklung und Integration könnten ebenfalls ins Gewicht fallen. Es wäre sinnvoll, Schätzungen aus der IT-Abteilung einzuholen. Falls du hier eine detaillierte Auflistung angeben möchtest, empfehle ich dir, in Excel eine Kostenaufstellung zu erstellen.

Lorenz Schlickerrieder: Okay, das sollte kein Problem darstellen. Mein Vorschlag wäre nun, die laufenden Betriebskosten zu ermitteln, sodass wir auch auf einen längerfristigen Zeitraum die Rentabilität betrachten können.

Wolfgang Weckenmann: Ja, unbedingt. Dazu gehören Wartungs- und Instandhaltungskosten der Geräte, Lizenzgebühren für die Software und eventuelle Supportkosten. Diese Kosten solltest du jährlich berechnen. Auch die Stromkosten und sonstige betriebliche Ausgaben sollten in deine Kalkulation einfließen.

Lorenz Schlickenrieder: Noch eine Frage: Wie berücksichtige ich den Produktivitätsverlust während der Einarbeitung?

Wolfgang Weckenmann: Das ist ein wichtiger Punkt. Für die Einarbeitung könntest du einen Produktivitätsverlust von etwa 15 Stunden pro Mitarbeiter annehmen. Die Gesamtwertschöpfung pro Stunde könnte in deinem Fall eine entscheidende Rolle spielen. Es wäre sinnvoll, diese Werte aus internen Berichten oder Studien zu entnehmen, die ähnliche Implementierungen untersucht haben. Falls du hier keine Informationen oder Richtwerte findest, würde ich mich an der branchenüblichen Wertschöpfung pro Kopf orientieren. Dieser liegt nach meinem letzten Standpunkt etwa zwischen 100.000 und 125.000 Euro.

Lorenz Schlickenrieder: Danke, das hilft mir sehr. Gibt es sonst noch etwas, das ich berücksichtigen sollte?

Wolfgang Weckenmann: Denke daran, dass die Sensitivitätsanalyse wichtig ist. Berücksichtige mögliche Schwankungen in den Kosten und stelle sicher, dass du auch pessimistische Szenarien berechnest. So erhältst du ein umfassenderes Bild der Wirtschaftlichkeit deines Projekts.

Lorenz Schlickenrieder: Vielen Dank für deine Empfehlungen, Wolfgang. Das gibt mir eine gute Grundlage für meine Berechnungen.

Wolfgang Weckenmann: Gern geschehen, Lorenz. Viel Erfolg bei deiner Bachelorarbeit!

----- **Ende**

9.2 Zeitmessung Tabelle

Die Tabelle zeigt die gemessenen Bearbeitungszeiten in Sekunden (s) an verschiedenen Messpositionen sowohl mit als auch ohne die Implementierung der Handscannerlösungen. In der ersten Spalte sind die Messpositionen nummeriert. Die zweite Spalte listet die Zeiten mit Optimierung, während die dritte Spalte die Zeiten ohne Optimierung darstellt.

Messposition	Zeit (s) mit Optimierung	Zeit (s) ohne Optimierung
1	5,7	13,7
2	6,9	17,3
3	6,5	16,3
4	5,2	13,1
5	5,3	14,0
6	5,3	12,7
7	6,1	14,8
8	5,1	12,7
9	5,1	12,6
10	5,2	12,9
11	6,7	16,5
12	6,2	15,8
13	6,4	16,4
14	5,4	13,6
15	5,6	13,8
16	5,8	13,9
17	5,5	13,5
18	6,8	16,9
19	6,2	15,8
20	6,5	16,5
21	6,1	14,6
22	5,5	13,8
23	5,5	13,7
24	6,1	15,8
25	5,7	14,3
26	5,7	14,3
27	5,6	14,0
28	6,1	15,8
29	5,9	14,3
30	5,5	13,7
31	6,3	16,1
32	5,9	15,0
33	6,2	15,5
34	5,1	12,6
35	5,3	13,0
36	6,0	14,9
37	5,9	14,8

38	6,2	15,6
39	5,7	14,3
40	5,6	14,1
41	6,0	15,3
42	6,4	16,0
43	5,9	15,0
44	6,4	16,3
45	6,2	15,6
46	5,8	14,5
47	5,9	14,7
48	6,2	15,7
49	5,8	14,5
50	6,0	14,7
51	6,0	15,0
52	5,4	13,2
53	6,3	16,2
54	6,3	15,8
55	5,3	13,2
56	6,4	16,3
57	6,2	15,6
58	5,5	13,5
59	5,9	14,9
60	5,7	14,2
61	5,7	14,3
62	6,1	15,9
63	5,4	13,3
64	6,3	16,2
65	5,8	14,3
66	6,4	16,4
67	6,3	16,0
68	6,3	16,3
69	6,1	15,9
70	6,4	16,3
71	6,3	16,2
72	5,6	14,1
73	5,7	14,2
74	5,2	12,8
75	6,0	15,0
76	6,7	16,4
77	6,7	16,6
78	7,0	17,5
79	6,6	16,4
80	6,2	15,8
81	5,0	12,4
82	5,0	12,4
83	5,1	12,4
84	5,6	13,9

85	6,1	15,8
86	5,8	14,4
87	5,7	14,1
88	6,0	14,9
89	6,0	15,6
Durchschnitt	6,4	15,2

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Lorenz Schlickenrieder, Matrikelnummer 3710344, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter verfasst und alle Quellen und Hilfsmittel, die ich benutzt habe, vollständig und korrekt angegeben habe. Ich versichere zudem, dass ich die Arbeit vorher nicht in gleicher oder ähnlicher Form in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht habe und die eingereichte schriftliche Fassung der auf dem elektronischen Speichermedium entspricht.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Der Textteil der Arbeit umfasst 10.524 Wörter.

Heidenheim, den 20.06.2024

Schlickenrieder, Lorenz