



**Diplomarbeit**

**Feasibility Untersuchung**  
**zum Einsatz von RFID in der Holzwirtschaft**  
**am Beispiel eines Profilholzwerkes**

**eingereicht von**  
**Markus Fritz**

**Studienrichtung**  
**Holztechnologie und Management**

**Betreuer:**  
**Univ. Prof. Mag. Dr. Manfred Gronalt**

**Wien, im Dezember 2010**

---

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz von RFID (Radio-frequency identification) in der Holzwirtschaft. Die Arbeit soll einen Überblick über die verschiedensten Anwendungsbereiche von RFID geben. Des Weiteren wird speziell auf die Einsatzmöglichkeiten von RFID in der Holzindustrie eingegangen. Der Hauptteil der Arbeit ist eine Machbarkeitsstudie für eine RFID Implementierung in einem Profilholzwerk.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den theoretischen Grundlagen von RFID. Es wird die Funktionsweise von RFID und die unterschiedlichen Bauformen vom Auto-ID-System beschrieben. In weiterer Folge wird auf die Stärken und Schwächen des Systems eingegangen um einen Vergleich zu anderen Auto-ID-Systemen zu erhalten.

Der Hauptteil der Arbeit ist eine Erstellung eines Anforderungsprofils für eine RFID-Implementierung in einem Profilholzwerk. Um herauszufinden welches Einsparungspotenzial die einzelnen Arbeitsprozesse mit sich bringen, wurde die gesamte Produktionslinie von Profilholz mit einem Geschäftsmodellierungsprogramm dargestellt. Das sogenannte Ist-Konzept diente als Ausgangsbasis für die Erstellung des Soll-Konzepts, das unter Berücksichtigung von RFID erstellt wurde.

Mit Hilfe einer Teststellung wurde ermittelt, welche Tags für eine mögliche Implementierung geeignet sind. Im Feldversuch wurde von 22 RFID-Transpondern die maximale Lesereichweite geprüft. Als Testobjekte dienten alle Produkte und Sortimente die im Unternehmen erzeugt werden und mit RFID-Transponder ausgestattet werden. Die Testergebnisse dienten dazu die technische Machbarkeit und mögliche Umsetzung zu überprüfen und um eine ökonomische Bewertung durchführen zu können.

Damit das Einsparungspotential für RFID im Bereich der Profilholzherstellung ermittelt werden konnte, wurde ein zweites Geschäftsmodell (Soll-Konzept), unter Berücksichtigung von RFID, erstellt.

Der letzte Teil der Arbeit ist die ökonomische Bewertung der RFID-Implementierung. Anhand der Ergebnisse der einzelnen Testreihen und des ermittelten Einsparungspotenzials für ausgewählte Arbeitsschritte, wurden eine Amortisationsrechnung und eine Kapitalverzinsungsrechnung durchgeführt.

Als Schlussfolgerung kann gesagt werden, dass auf Grund der unterschiedlichsten Eigenschaften vom Holz, der Produktvielfalt und der Lagervarianten die sich im Unternehmen befinden, kein geeigneter Transponder für alle Produkte gefunden werden konnte. Weiters wurde das Lesen einer geforderten Holzstärke für eine mögliche Implementierung nicht erreicht.

## **Abstract**

The master thesis deals with the use of Radio Frequency Identification (RFID) in the timber industry.

The aim is to give an overview of the different fields of application in the RFID technology and to work out a feasibility study for an RFID implementation in a profile-timber-factory.

The first part concentrates on the theoretical basics of RFID. In this section the author describes the functionality and the different types of RFID and Auto-ID systems. Furthermore, the strengths and weaknesses of the system were pointed out for a comparison with other Auto-ID systems.

The focus of the case study is to create a profile of requirements for the manufactory. To demonstrate the savings of an implementation of a RFID system, it is necessary to depict the whole production process with the business modelling tool ARENA. With this tool it was possible to create the actual concept. The actual concept is the base for the creation of a target concept.

The experiment should find out which tags are suitable for a possible implementation. For the experiment were 22 RFID transponders available. The test objects were the products and product lines of the company which were equipped with RFID transponders.

The test results were used to monitor the technical feasibility and the possible implementation of RFID. Moreover, an economic calculation was generated to proof the profitability of RFID.

In conclusion, it was not possible to find the right transponder due to the attributes of wood and the variety of products and warehouse systems of the company. The RFID system will not implement, because it did not reach the required wood thickness.

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	II
Abstract .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	IX
Formelverzeichnis .....	X
Abkürzungsverzeichnis .....	XI
1 Einleitung und Aufgabenstellung .....	1
2 Auto ID Systeme .....	4
2.1 Auto-ID System RFID .....	4
2.1.1 RFID - Middleware .....	6
2.1.2 Transponder .....	7
2.1.3 Bauformen von Transpondern .....	7
2.2 RFID-Frequenzbereiche .....	9
2.2.1 Low Frequency .....	10
2.2.2 High Frequency .....	11
2.2.3 Ultrahigh Frequency .....	12
2.2.4 Der elektronische Produktcode .....	14
3 Einsatzmöglichkeiten von RFID .....	15
3.1 Stärken und Schwächen von RFID .....	15
3.2 Barcode vs. RFID .....	16
3.3 Anwendungsgebiete für RFID-Systeme .....	16
3.4 RFID Beispiele in der Holzindustrie .....	20
3.4.1 Rundholzmarkierung mit RFID .....	20
3.4.2 Auto-ID-Lösungen für die Papierindustrie .....	21
3.4.3 RFID in der Möbelindustrie .....	22
3.4.4 Anlageninventur für Equipment .....	22
4 Fallstudie für den RFID-Einsatz in der Holzwirtschaft .....	23
4.1 Unternehmen Johann Pabst Holzindustrie GmbH .....	23
4.1.1 Standort Zeltweg .....	25
4.1.2 Standort Obdach .....	27
4.2 Produktions- und Absatzmengen .....	31
4.3 Analyse des Materialflusses und der Geschäftsprozesse .....	32
4.3.1 Innerbetrieblicher Transport .....	32
4.3.2 Arbeitsprozesse für einen innerbetrieblichen Transport .....	33

4.4	Produktionsablauf .....	34
4.4.1	Säge und Paketbildung .....	34
4.4.2	Trockenkammer .....	35
4.4.3	Paketfluss .....	36
4.4.4	Arbeitsvorbereitung .....	38
4.4.5	Produktionsablauf im Profilholzwerk.....	38
4.5	Lagerübersicht .....	43
4.5.1	Zwischenlagerung in Halle 9 .....	46
4.5.2	Kommissionslager .....	46
4.5.3	Einlagerung in Halle 13 .....	46
4.6	Geschäftsprozessmodellierung .....	47
4.7	IST- Konzept Profilholzwerk.....	49
4.7.1	Annahme der Bestellung .....	50
4.7.2	Arbeitsvorbereitung .....	50
4.7.3	Produktion.....	51
4.7.4	Versand und Kommissionierung.....	52
4.7.5	Verladung Shuttle.....	53
4.8	Soll-Konzept für den RFID Einsatz.....	55
4.8.1	Annahme der Bestellung .....	56
4.8.2	Arbeitsvorbereitung .....	56
4.8.3	Produktion.....	57
4.8.4	Tag-Erkennung .....	59
4.8.5	Ein- und Auslagerung.....	60
4.8.6	Kommissionierung.....	60
4.8.7	Verladung Shuttle.....	61
4.8.8	Überwachung mit RFID .....	62
5	Bewertung einer Pilotanwendung mit RFID-Unterstützung .....	63
5.1	Anforderung und Ziele an das Pilotprojekt.....	63
5.2	Ziel der technischen Testmethoden .....	66
5.3	Material und Methode .....	66
5.3.1	Material .....	66
5.3.2	Testequipment .....	69
5.3.3	UHF Transpondertypen.....	71
5.3.4	Readerkomponenten.....	72
5.4	Wahl der Experimente.....	74
5.4.1	Testreihen .....	74
5.4.2	Transponderanbringung.....	74

5.4.3	Datenerhebung .....	75
5.4.4	Versuchsablauf .....	77
6	Ergebnisse der Testreihen.....	78
6.1	Test 1: Erfassung aller Tagtypen .....	78
6.2	Test 2: Erfassung ausgewählter Transpondertypen .....	80
6.3	Test 3: Erfassung durch Fichten Rohware hindurch.....	84
6.4	Test 4: Erfassung Profilware .....	85
6.5	Test 5: Erfassung durch Profilware hindurch.....	86
6.6	Test 6: Erfassung Holzstaffel .....	87
6.7	Test 7: Erfassung Profilholzpaket.....	89
6.8	Test 8: Erfassung Alpenspanpalette.....	91
6.9	Test 9: Erfassung Pellets-Palette .....	93
6.10	Test 10: Erfassung von gespannteten Holzstaffeln.....	95
6.11	Test 11: Erfassung mittels Portalsystem .....	97
6.12	Test 12: Erfassung eines eingearbeiteten Transponders mit dem RFID-Portal .....	99
6.13	Test 13: Erfassung mittels Lesegerät am Stapler .....	100
6.14	Test 14: Erfassung mittels RFID Handheld .....	101
6.15	Resümee der Ergebnisse.....	102
7	Ökonomische Bewertung.....	104
7.1	Tools zur Bewertung von RFID .....	104
7.2	RFID-Kalkulatoren .....	105
7.3	Ökonomische Bewertung von RFID für das Projekt „Werk II“ .....	106
7.4	Auswertung der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	113
7.4.1	RFID-Anschaffungskosten.....	113
7.4.2	Laufende Kosten .....	115
7.4.3	Einsparungen durch RFID .....	116
7.4.4	Dynamische Amortisationsrechnung .....	118
7.4.5	Return on Investment.....	120
7.4.6	Vergleichsberechnung.....	122
7.5	Verbesserungsvorschläge und Ausblick.....	130
	Literaturverzeichnis .....	131

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: UHF – Transponder ( EUROPEAN EPC COMPETENCE CENTER).....	5
Abb. 2: Grundprinzip induktiver passiver RFID-Systeme .....	8
Abb. 3: RFID Betriebsfrequenzen.....	9
Abb. 4: LF-Nagel (RFID-LÖSUNGEN).....	10
Abb. 5: Transponder für die Tieridentifikation .....	11
Abb. 6: HF-Transponder.....	12
Abb. 7: TAG sample set UHF 868MHz (TAGNOLOGY).....	13
Abb. 8: EPC (GLOBAL STANDARD).....	14
Abb. 9: Kombiniertes Smart-Label.....	16
Abb. 10: Rundholzstamm Transponder (FVA BADEN-WÜRTTEMBERG) .....	20
Abb. 11: Papierrolle mit Transponder .....	21
Abb. 12: Verwaltung (PABST-HOLZ) .....	26
Abb. 13: BSH-Werk 1, Pellets und Alpenspanproduktion (PABST-HOLZ).....	26
Abb. 14: BSH-Werk 2, Zeltlager (PABST-HOLZ).....	26
Abb. 15: Werk 3 Schnittholzlagerplatz (PABST-HOLZ) .....	27
Abb. 16: Rundholzlagerplatz (PABST-HOLZ).....	28
Abb. 17: Werk 2: Profilholzwerk (PABST-HOLZ).....	28
Abb. 18: Werk 1: Stammwerk Obdach (PABST-HOLZ).....	28
Abb. 19 Shuttle (EIGENE DARSTELLUNG) .....	32
Abb. 20 Schematische Darstellung der Spanerlinie (IHF, BOKU WIEN).....	35
Abb. 21: Holzpaket mit Einleger (PABST-HOLZ).....	36
Abb. 22: Auslagerung aus einer Trockenkammer (PABST-HOLZ) .....	36
Abb. 23: Getrocknete Holzpakete (PABST-HOLZ) .....	37
Abb. 24: Prozessmodell Arbeitsvorbereitung (EIGENE DARSTELLUNG).....	38
Abb. 25: Automatische Hobelinie (WEINIG AG) .....	39
Abb. 26: Produktion PHW (PABST HOLZ) .....	40
Abb. 27: Modellierung Profilholzwerk IST-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG).....	42
Abb. 28: Übersicht Werk 2 (PABST HOLZ) .....	44
Abb. 29: Prozesslandkarte Ist-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG) .....	49
Abb. 30: Annahme Bestellung (EIGENE DARSTELLUNG).....	50
Abb. 31: Arbeitsvorbereitung (EIGENE DARSTELLUNG).....	51
Abb. 32: Arbeitsprozess Produktion (EIGENE DARSTELLUNG) .....	51
Abb. 33: Arbeitsschritte Versand (EIGENE DARSTELLUNG).....	52
Abb. 34: Kommissionierung (EIGENE DARSTELLUNG) .....	53
Abb. 35: Verladung Shuttle (EIGENE DARSTELLUNG) .....	54
Abb. 36: Prozesslandkarte Soll-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG) .....	55

Abb. 37: Bestellung RFID (EIGENE DARSTELLUNG).....	56
Abb. 38: Arbeitsvorbereitung RFID (EIGENE DARSTELLUNG).....	57
Abb. 39: Produktion RFID (EIGENE DARSTELLUNG) .....	59
Abb. 40: Transpondererkennung RFID (EIGENE DARSTELLUNG).....	60
Abb. 41: Ein- und Auslagerung mit RFID (EIGENE DARSTELLUNG).....	60
Abb. 42: Kommissionierung RFID (EIGENE DARSTELLUNG) .....	61
Abb. 43: Verladung Shuttle RFID (EIGENE DARSTELLUNG) .....	61
Abb. 44: RFID Alarmierung (EIGENE DARSTELLUNG) .....	62
Abb. 45: Alpenspan (PABST HOLZ).....	68
Abb. 46: Pelletspalette (EIGENE DARSTELLUNG) .....	68
Abb. 47: Tagformate (TAGNOLOGY).....	70
Abb. 48: Symbol XR480 und Long-Range Antenne (TAGNOLOGY).....	72
Abb. 49: RFID Portal (TAGNOLOGY) .....	73
Abb. 50: Handheld (TAGNOLOGY).....	73
Abb. 51: Tag Anbringung auf Schnittholzpaket (EIGENE DARSTELLUNG).....	75
Abb. 52: Tag Anbringung auf Fertigware (EIGENE DARSTELLUNG).....	75
Abb. 53: Antenne (EIGENE DARSTELLUNG) .....	77
Abb. 54: Testobjekt 1 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	78
Abb. 55: Testobjekt 2 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	80
Abb. 56: Testobjekt 4 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	85
Abb. 57: Testobjekt 5 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	86
Abb. 58: Testobjekt 6 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	87
Abb. 59: Regressionsgleichung Holzstärke (EIGENE DARSTELLUNG) .....	88
Abb. 60: Testobjekt 7 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	89
Abb. 61: Testobjekt 8 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	91
Abb. 62: Testobjekt 9 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	93
Abb. 63: Regressionsgerade Pellets-Palette (EIGENE DARSTELLUNG) .....	94
Abb. 64: Testobjekt 10 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	95
Abb. 65: Testobjekt 11 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	97
Abb. 66: Mindestabstand zum Portal (EIGENE DARSTELLUNG).....	98
Abb. 67: Testobjekt 12 (EIGENE DARSTELLUNG) .....	99
Abb. 68: Stapler mit Antenne (EIGENE DARSTELLUNG) .....	100
Abb. 69: Lesevorgang mit einem Handheld (EIGENE DARSTELLUNG).....	101
Abb. 70: Vergleich ROI (EIGENE DARSTELLUNG) .....	127
Abb. 71: Vergleich Nettoeinzahlung (EIGENE DARSTELLUNG) .....	127
Abb. 72: Vergleich Einsparung (EIGENE DARSTELLUNG).....	128
Abb. 73: Amortisationsdauer (EIGENE DARSTELLUNG).....	128

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Frequenzbänder im Vergleich .....	6
Tabelle 2: Übersicht der Werke (Daten aus dem Jahr 2009) .....	24
Tabelle 3: Wegdistanzen .....	29
Tabelle 4: Mengenströme .....	30
Tabelle 5: Lagerkapazitäten .....	45
Tabelle 6: Einteilung Paketware .....	67
Tabelle 7: Transpondertypen .....	71
Tabelle 8: Ergebnis Test 1 .....	79
Tabelle 9: Ergebnisse Test 2 .....	81
Tabelle 10: Vergleichstabelle .....	82
Tabelle 11: Ergebnisse Test 6 .....	88
Tabelle 12: Ergebnisse Test 7 .....	90
Tabelle 13: Ergebnisse Test 8 .....	92
Tabelle 14: Ergebnisse Test 9 .....	94
Tabelle 15: Ergebnisse Test 10 .....	96
Tabelle 16: Mindestabstände von Alien Spiggle Higgs zum Gate .....	98
Tabelle 17: Testergebnis 12 .....	100
Tabelle 18: Einsparungen durch RFID .....	108
Tabelle 19: Anzahl Transponder .....	110
Tabelle 20: Anzahl der Verladungen .....	111
Tabelle 21: Inventur .....	111
Tabelle 22: Anzahl Kommissionierung .....	111
Tabelle 23: Anzahl Einlagerung .....	112
Tabelle 24: Anlieferung Rohware .....	112
Tabelle 25: Kostenaufstellung Hardware .....	113
Tabelle 26: Kostenaufstellung für RFID-Implementierung .....	114
Tabelle 27: Laufende Kosten .....	115
Tabelle 28: Einsparungen durch RFID .....	117
Tabelle 29: Amortisationsdauer .....	119
Tabelle 30: Return on Investment .....	121
Tabelle 31: Aufstellung Varianten .....	122
Tabelle 32: Vergleichsberechnung Variante 2 .....	123
Tabelle 33: Vergleichsberechnung Variante 3 .....	124
Tabelle 34: Vergleichsberechnung Variante 4 .....	125
Tabelle 35: Vergleichsberechnung Variante 5 .....	126
Tabelle 36: Kostenvergleich für Etikettierung .....	129

## Formelverzeichnis

Formel 1 Jährliche Einsparung .....	107
Formel 2 Einsparungen RFID .....	116
Formel 3 Dynamische Amortisationsrechnung .....	118
Formel 4 ROI.....	120

## Abkürzungsverzeichnis

Auto-ID	Automatische Identifikation und Datenerfassung
Akh	Arbeitskraftstunde
bit	binary digit
BSH	Brettschichtholz
bzw.	beziehungsweise
ca.	Zirka
cbm	Kubikmeter
cm	Zentimeter
etc.	et cetera
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EPC	Elektronische Produktcode
ERP-System	Enterprise Resource Planning
fm	Festmeter
GHz	Gigahertz, $1 \text{ s}^{-9}$
HF	High Frequency
ID-Number	Identification Number
ISO	International Organization for Standardization
k.A.	keine Angabe
kHz	Kilohertz, $1 \text{ s}^{-3}$
Km/h	Kilometer pro Stunde
LF	Low Frequency
LKW	Lastkraftwagen
LVS	Lagerverwaltungssystem
m	Meter
MHz	Megahertz, $1 \text{ s}^{-6}$
OCR	Optical Character Recognition

PE	Polyethylen
PHW	Profilholzwerk
RFID	Radio-frequency identification
ROI	Return on Investment
Sms	Short Message Service
TAG	Transponder
to.	Tonnen
u.ä.	und ähnliches
usw.	und so weiter
u.v.m.	und vieles mehr
UHF	Ultra-High-Frequency
WLAN	Wireless Local Area Network
WM-System	Warenmanagementsystem

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit ist es, die RFID-Tauglichkeit im Bereich Profilholz zu überprüfen und aufzuzeigen, unter welchen Rahmenbedingungen sich der Einsatz von RFID in der Holzindustrie rechnet. Um das herauszufinden, wird ein Anforderungsprofil für eine RFID-Implementierung für ein Profilholzwerk erstellt.

Damit eine zukünftige Installation von RFID auch von Nutzen ist, muss der gesamte Produktionsablauf analysiert und auf die individuellen Unternehmensbedürfnisse eingegangen werden. Um den gesamten Produktionsablauf der Profilholzproduktion zu veranschaulichen, wird der Produktionsprozess für die Herstellung von Profilhölzern mit allen nachlaufenden Prozessen modelliert und grafisch dargestellt.

Im Anforderungsprofil werden alle internen und externen Logistikprozesse für die Profilholzerzeugung beschrieben, damit es den Anbietern von RFID-Lösungen möglich ist, ein funktionsfähiges und herstellerneutrales RFID-Konzept zu erstellen.

Durch die Applikation der RFID-Tags an die Rohware und fertigen Produkte wird jedes einzelne Holzpaket automatisch identifiziert. Die automatische Identifikation soll in erster Linie zu einer Senkung des Dokumentationsaufwandes für die Um- und Ausbuchung aus dem Lagerverwaltungssystem, der Anlieferung der Rohware, bei der Verladung der Shuttles, bei der Kommissionierung und bei der Inventur beitragen. Die Um- und Ausbuchung der Tags erfolgen automatisch, sobald ein Tag von einem Lesegerät in einem Lager oder einer Produktionsstätte erkannt wird. Weiters muss die RFID-Technologie in das bestehende Lagerverwaltungsprogramm integriert werden. Die erfassten Daten sollen die Kommissionierung und Inventur erleichtern, den aktuellen Lagerbestand der einzelnen Lager anzeigen und den physischen Aufenthaltsort der Pakete sowie deren Rückverfolgung im Unternehmen wiedergeben.

Nach Klärung der technischen Fragestellungen und Machbarkeiten befasst sich die nächste Phase mit dem Kosten-Nutzen-Verhältnis. Hier steht klar der Wirtschaftlichkeitsaspekt im Vordergrund. Denn nicht alles was technisch machbar und für das Unternehmen relevant ist, lässt sich auch wirtschaftlich begründen. Die RFID-Möglichkeiten werden in dieser Phase strategisch bewertet und wirtschaftlich geprüft. Das Ergebnis soll als Hilfestellung dienen, um alle verbleibenden Möglichkeiten insgesamt zu betrachten, entsprechend zu positionieren und zu bewerten.

Um die Auswirkungen der RFID-Technologie auf die internen Prozessabläufe eines Unternehmens im Hinblick auf die Logistikkette zu untersuchen, müssen zunächst alle Prozesse, die durch die RFID-Technologie beeinflusst werden, identifiziert werden. Nur in einer klar strukturierten Ablauforganisation kann die Abhängigkeit zwischen den einzelnen Prozessen

aufgedeckt und Prozessabläufe im Hinblick auf die Einführung der RFID-Technologie modifiziert werden.

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Ablauforganisation (Material- und Informationsflussprozesse) der Logistikkette Holzindustrie am Beispiel eines Profilholzwerkes eines mittelständischen Unternehmens im jetzigen Zustand darzustellen (Ist-Analyse). Die Ist-Analyse wird im Kapitel 4.7 grafisch dargestellt und die einzelnen Arbeitsschritte beschrieben. Auf Basis der Ist-Analyse werden Szenarien für den Einsatz der RFID-Technologie zur Identifikation von Schnittholz- und Profilholzpaketen entwickelt (Soll-Konzept) und die damit verbundenen Modifikationen der Prozessabläufe für die spezifischen Organisationseinheiten dargestellt.

In der Ist-Analyse werden die Prozesse der Ablauforganisation zur Profilholzherstellung identifiziert und die Prozessgrenzen festgelegt. Die Festlegung der Prozessgrenzen folgt dabei dem sachlogischen Ablauf der Prozesse. Das bedeutet, dass eine Prozessgrenze dann gezogen wird, wenn eine Abfolge von Aktivitäten, innerhalb der gesamten Logistikkette Profilholzherstellung, eindeutig einem anderen Prozess zuzuordnen ist. Im konkreten Fall bedeutet dies, dass die Nebenströme (Produktion von Pellets und Alpenspan) in der Modellierung berücksichtigt werden, um die Komplexität darzustellen.

Die Prozessidentifikation und Prozessevaluierung der Ist-Analyse erfolgt durch Befragungen von verantwortlichen Mitarbeitern und durch Besichtigungen der Werke. Befragt werden ausschließlich Experten der ausgewählten Organisationseinheiten (Profilholzwerk, Verwaltung, Säge und Logistik), die durch ihre Position über ein umfangreiches Wissen der jeweiligen Prozess verfügen. Nach der Evaluierung der Aktivitäten und Ereignisse eines Prozesses wird die Ablauforganisation des Prozesses mit Hilfe des Geschäftsprozessmodellierungswerkzeugs ADONIS dargestellt.

Die Auswirkungen einer RFID-Implementierung auf die Prozessabläufe der untersuchten Organisationseinheiten werden im Kapitel 4.8 anhand eines Soll-Konzepts dargestellt, dieses wird für die Variante „*Profilholzherstellung*“ entwickelt.

Analog zur Ist-Analyse werden auch für das Soll-Konzept die Arbeitsschritte für die Durchführung der Prozesse ermittelt (Soll-Prozessarbeitsschritte). Für Aktivitäten, die sich in ihrer Ausprägung im Soll-Konzept nicht von ihrer Ausprägung in der Ist-Analyse unterscheiden, werden die Aktivitäten aus der Ist-Analyse übernommen. Aktivitäten der Ist-Analyse, die zur Zielerreichung des Prozesses im Soll-Konzept nicht mehr notwendig sind, werden ersatzlos gestrichen. Aktivitäten, die im Zusammenhang mit der RFID-Kennzeichnung im Soll-Konzept

in veränderter Form oder gänzlich neu in die Ablauforganisation integriert werden müssen, werden neu hinzugefügt. Die neu hinzugefügten Arbeitsschritte (Aktivitäten) basieren fallweise auf Expertenaussagen und auf Erfahrungswerten.

Im Ist/Soll-Vergleich werden die Ist-Aktivitäten und die Soll-Aktivitäten der einzelnen Prozesse gegenübergestellt.

Ein weiterer Teil der Arbeit ist ein Testversuch für das entwickelte Soll-Konzept. Die Ergebnisse der Testreihen werden im Kapitel 5.4.1 dargestellt und sollen die möglichen Risiken und Fehlerquellen beim Einsatz von RFID identifizieren und deren Auswirkungen auf die Prozessabläufe beschreiben. Darüber hinaus werden in diesem Kapitel mögliche Lösungsansätze zur Risiko- und Fehlerminimierung beim Einsatz von RFID in den entwickelten Soll-Konzepten erörtert.

Das Kapitel 7 befasst sich mit der ökonomischen Bewertung von RFID. Für die Investitionsrechnung werden alle Kosten- und Einsparungsfaktoren aufgelistet, die für eine RFID-Implementierung notwendig sind. Durch die Umstrukturierung ergibt sich für die Ablauforganisation der einzelnen Prozesse eine Zeitersparnis. Um zu überprüfen, ob die Investition rentabel ist, werden die Investitionskosten mit der Summe der Einsparungen verglichen. Das Ergebnis der Berechnung ist der Return on Investment (ROI) für die eingesetzte RFID-Technik. Der ROI drückt somit das Verhältnis aus dem erwarteten Mehrwert und den Kosten der Investition aus. Weiters werden verschiedene Szenarien bezüglich Fertigstellungsgrad und Zinsen miteinander verglichen.

## 2 Auto ID Systeme

Auto-ID Systeme (Automatische Identifikationsverfahren) spielen in der modernen Beschaffungs- und Distributionslogistik, sowie in der Kontrolle von Materialflusssystemen eine wichtige Rolle und sind in den genannten Bereichen nicht mehr wegzudenken. Unter dem Begriff Auto-ID werden alle technischen Systeme zusammengefasst, die zur Identifikation, zur Datenerfassung und zum Datenaustausch beitragen. Die Aufgabe der Auto-ID Systeme besteht darin, Informationen zu Personen, Tieren und Gütern bereitzustellen.<sup>1</sup>

Ein Auto-ID System besteht grundsätzlich aus einem Informationsträger, einer Leseeinrichtung und einer Auswerteeinheit. Eines der wichtigsten Elemente in einem Auto-ID System ist der Datenträger und die Art und Weise, wie die Daten vom Datenträger auf die Leseinheit übertragen werden. Die am häufigsten verwendeten Auto-ID Systeme sind, neben Barcode und RFID-Systemen, OCR (Optical Character Recognition<sup>2</sup>) und Biometrische Verfahren wie z.B. Fingerprint, Iris-Erkennung und Chipkarten.

In komplexen Produktions- und Betriebsabläufen spielen automatisierte Identifikations- und Informationssysteme eine entscheidende Rolle. Sie steuern und kontrollieren die Materialflüsse und Prozesseffizienz und sind ein wichtiges Element beim Customer Relationship Management.<sup>3</sup>

### 2.1 Auto-ID System RFID

Die Abkürzung RFID steht für Radio Frequency Identification und bedeutet im Deutschen soviel wie Funkerkennung. Die RFID-Technologie kann, mit Hilfe von Radiowellen, Daten berührungslos und ohne Sichtkontakt zu übertragen.<sup>4</sup> Das System ermöglicht eine eindeutige Zuordnung von Objekten durch elektronisch gespeicherte Daten. Die gespeicherten Daten werden nur dann gesendet, wenn ein dafür vorgesehenes Lesegerät diese abrufft.

---

<sup>1</sup> [vgl. Kern (2007): Anwendung von RFID, S. 1-4 ]

<sup>2</sup> bezeichnet den Vorgang der automatischen Texterkennung bei einer z. B. per Scanner erfassten gedruckten Vorlage [www.e-teaching.org](http://www.e-teaching.org)

<sup>3</sup> [vgl. Müller (2005): Informationstransfer im Supply Chain Management, S. 25]

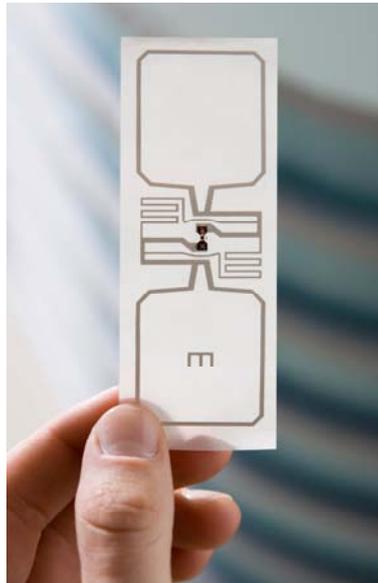
<sup>4</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2006): Basiswissen RFID, S. 2]

Ein RFID System beinhaltet folgende Bestandteile:<sup>5</sup>

1. ein Transponder, auch RFID-Etikett, Smart Label, RFID TAG oder Funketikett genannt,
2. ein Lesegerät, auch Reader oder Interrogator genannt,
3. eine Antenne
4. und eine Middleware.

Die sogenannte Middleware dient zur Integration mit Servern, Diensten und sonstigen Systemen wie z.B. Kassensysteme oder Warenwirtschaftssysteme.

Das Herzstück der RFID-Technologie ist der Transponder. Der Transponder besteht aus einem winzigen Computerchip mit Antenne. Dieser wird an das zu identifizierende Objekt angebracht und ist in ein Trägerobjekt integriert, beispielsweise in ein Klebeetikett oder eine Plastikkarte. Die Abb. 1 zeigt einen UHF-Tag in Etikettenbauform.



**Abb. 1:** UHF – Transponder ( EUROPEAN EPC COMPETENCE CENTER)<sup>6</sup>

Die angebotenen Systeme unterscheiden sich stark in ihren Leistungsmerkmalen, wie zum Beispiel der Lesereichweite, der Materialdurchdringung oder der Pulklesefähigkeit<sup>7</sup>. Ein wichtiges Unterscheidungskriterium in Bezug auf die Bauweise der Transponder ist der Frequenzbereich, indem die Kommunikation mit dem Lesegerät stattfindet.

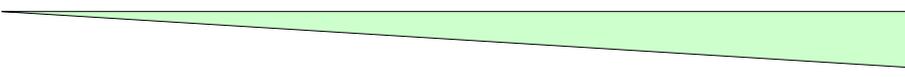
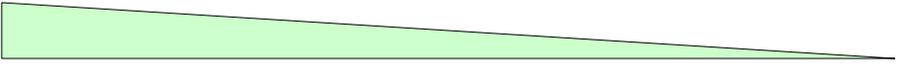
Die Tabelle 1 stellt die wichtigsten Frequenzbänder im Vergleich dar.

<sup>5</sup> [vgl. Finkenzeller (2008): RFID-Handbuch, S. 7]

<sup>6</sup> [vgl. [http://www.eecc.info/files/uhf\\_transponder3.jpg](http://www.eecc.info/files/uhf_transponder3.jpg) Abrufungsdatum: 15.04.2010]

<sup>7</sup> Pulkfassung bedeutet, dass ein Lesegerät mehrere Transponder nahezu gleichzeitig erfasst. Wegen Behinderung durch Kollision werden die Transponder nicht exakt zum gleichen Zeitpunkt erfasst, sondern sehr schnell hintereinander.

Tabelle 1: Frequenzbänder im Vergleich

<b>Vergleich von Frequenzbereichen</b>				
	<b>Low Frequency &lt;135 kHz</b>	<b>High Frequency 3 – 30 MHz</b>	<b>Ultrahigh Frequency 200 MHz – 2GHz</b>	<b>Micro Wave &gt;2GHz</b>
<b>Typische Frequenzen</b>	134,2 kHz	13,56 MHz	869,0 MHz (Eur.) 915,0 MHz (USA)	2,45 GHz 5,48 GHz
<b>Relevante Standards für Luftschnittstellen</b>	ISO 14233 ISO 18000-2	ISO 15693 ISO 14443 ISO 18000-3 EPC Class 1	ISO 18000-6 EPC Class 1 Gen 2	ISO 18000-4
<b>Reichweite</b>	<b>Aktiv</b>	k.A.	bis 5 m	> 10 m
	<b>Passiv</b>	bis 1,5 m	bis 1,5 m	bis 2 m
<b>Leserate</b>				
<b>Materialdurchdringung</b>				
<b>Beispielanwendung</b>	Tieridentifikation	Bibliothek	Palettenverfolgung	Mauterfassung

Quelle: IN ANLEHNUNG AN DITTMANN 2006

### 2.1.1 RFID - Middleware

Die RFID-Middleware ist eine Software, die die Verbindung zwischen der Hardware (Leser/Schreibereinheit) und den Systemen der Geschäftsprozesssteuerung (ERP-Systeme) herstellt. Ein wesentliches Merkmal einer RFID-Middleware ist die Verarbeitung von Informationen in Echtzeit zur Synchronisation der virtuellen Unternehmenswelt (ERP-Systeme, WM-Systeme etc.) mit der realen Welt der Geschäftsprozesse. Die Software ermöglicht eine Kommunikation zwischen Hardware und Geschäftsprozesssteuerungssystemen und setzt sich aus folgenden Segmenten zusammen:

- RFID-Middleware-Kommunikation: Verbindung der beteiligten Systeme,
- RFID-Middleware-Verarbeitung: Verarbeitung der Daten und
- RFID-Middleware-Datenbank: Archivierung und Bereitstellung der Daten.

Um die Potentiale von RFID-Systemen vollständig ausschöpfen zu können, ist es notwendig, dass alle Komponenten eines RFID-Systems, auch über Unternehmensgrenzen hinweg, miteinander kommunizieren. Die Qualität von RFID-Systemen ist damit abhängig von der Zuverlässigkeit der Informationsweitergabe, der Sicherheit der Informationen und der Verfügbarkeit von Informationen. Dies alles wird durch die Verwendung einer Middleware erreicht.<sup>8</sup> Eine weitere wichtige Aufgabe der Middleware ist es, die eingehenden RFID-Daten zu überprüfen, um eine Datenüberflutung zu verhindern.

## **2.1.2 Transponder**

Die Basis von RFID-Systemen sind die Transponder. Sie werden auch RFID-TAGs genannt und bestehen aus einem winzigen Mikrochip, der alle relevanten Daten speichert sowie einer kleinen Sende- und Empfangsantenne. Auf dem Chip ist in der Regel ein Nummerncode gespeichert. Dieser verschlüsselt Informationen, die in einer Datenbank hinterlegt sind. Durch diesen Vorgang erhält jeder Gegenstand mit RFID-Transpondern eine unverwechselbare Identität.<sup>9</sup> Je nach Bedarf lassen sich die Transponder unterschiedlich programmieren. So gibt es Varianten, deren Daten unveränderlich sind, Ausführungen die einmalig beschreibbar sind, sowie wiederbeschreibbare Versionen, deren Daten verändert, gelöscht oder ergänzt werden können.

## **2.1.3 Bauformen von Transpondern**

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bei den Transpondern ist die Energieversorgung, weil sich diese stark auf die Lesereichweite, Lebensdauer und Baugröße auswirkt.<sup>10</sup> Grundsätzlich unterscheidet man zwischen aktiven und passiven Transpondern.

### **2.1.3.1 Aktive Transponder**

Aktive Transponder werden durch eine eigene Batterie mit Energie versorgt. Sie können eigene stärkere Signale senden und dadurch größere Funkdistanzen überwinden. In der Regel sind aktive Transponder teurer als passive Transponder, jedoch bieten sie einen größeren Funktionsumfang. Die Batteriekapazität sowie die Anzahl der Zugriffe und die Umgebungstemperatur beeinflussen die Lebensdauer der Transponder.

---

<sup>8</sup> [vgl. Gross (s.t.): RFID-Systeme: Zentrale Drehscheibe „Middleware“]

<sup>9</sup> [vgl. Global Standards Germany [http://www.gs1-germany.de/standards/epc\\_rfid/der\\_epc/index\\_ger.html](http://www.gs1-germany.de/standards/epc_rfid/der_epc/index_ger.html) Abrufungsdatum:02.06.2010]

<sup>10</sup> [vgl. Finkenzeller (2008): RFID-Handbuch, S. 23]

### 2.1.3.2 Passive Transponder

Passive Transponder verfügen über keine eigene Energieversorgung und haben eine sehr lange Lebensdauer. Die gesamte Energie, die für den Betrieb benötigt wird, wird durch die Antenne des Transponders aus dem magnetischen oder elektromagnetischen Feld, das sich zwischen dem Transponder und dem Lesegerät befindet, entnommen. Die vom Lesegerät abgestrahlte Energie dient zur Datenübertragung. Befindet sich ein Transponder außerhalb der Reichweite eines Lesegerätes, wird der Transponder nicht mit Energie versorgt. Dadurch kann kein Signal ausgesendet werden und es findet keine Datenübertragung statt.

Die fehlende Batterie ermöglicht sehr kleine Baugrößen von passiven Transpondern.

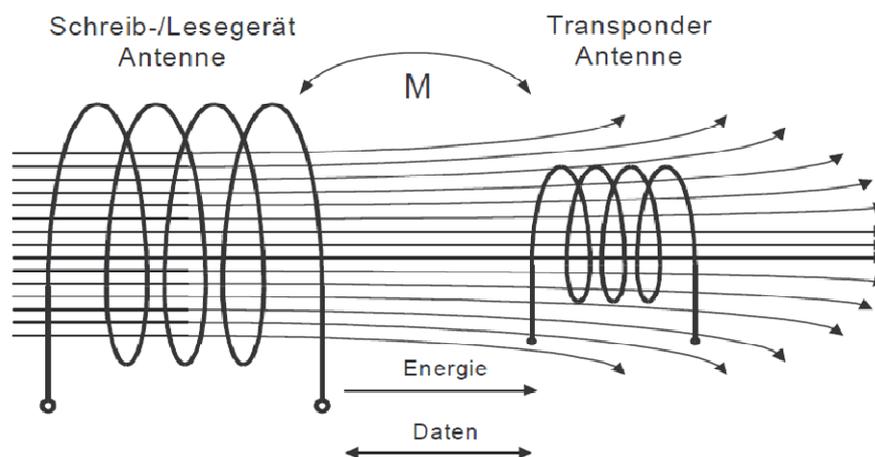


Abb. 2: Grundprinzip induktiver passiver RFID-Systeme<sup>11</sup>

### 2.1.3.3 Semi-passive bzw. semi-aktive RFID

Eine Sonderbauform stellen die semi-passiven und die semi-aktiven Tags dar. Die Datenübertragung wird bei semi-passiven Tags durch das Feld des Lesegeräts gespeist, wie bei der Passivtechnologie. Allerdings besitzt der Transponder eine Batterie, welche den Speicher des Chips mit Energie versorgt. Der Vorteil ist ein geringerer Energieverbrauch als bei der reinen Aktivtechnologie.

Die Form der Transponder unterscheidet sich je nach ihrem Verwendungszweck und reicht von Folientranspondern, Schreibtranspondern, Kartentranspondern bis hin zu Glaskapseltranspondern.

<sup>11</sup> [vgl. Finkenzeller (2008): RFID-Handbuch, S. 44]

## 2.2 RFID-Frequenzbereiche

RFID-Systeme arbeiten in einem Bereich von 100 kHz bis 5,8 GHz, in dem sie sich mehrere Frequenzbänder mit anderen Funkanwendungen wie z.B. Behördenfunk, Radio, Betriebsfunk oder Mobiltelefon teilen.<sup>12</sup>

RFID-Systeme von ca. 100 kHz bis etwa 30 MHz arbeiten mit induktiver Koppelung.<sup>13</sup> Mikrowellen-Systeme im Frequenzbereich 2,45 oder 5,8 GHz verwenden elektromagnetische Felder zur Koppelung.

Im Wesentlichen lassen sich vier charakteristische Frequenzbereiche unterscheiden:

- Low Frequency (LF) Systeme nutzen Frequenzen zwischen 100 bis 135 kHz,
- High Frequency (HF) bezeichnet das Band um 13,56 MHz,
- Im UHF (ultra High Frequency) wird als Standard die Frequenz von 868 MHz genutzt,
- Die Frequenz von 2,4 bis 2,5 GHz wird von RFID-Mikrowellensystemen genutzt.

Die Abb. 3 zeigt die Betriebsfrequenzen.

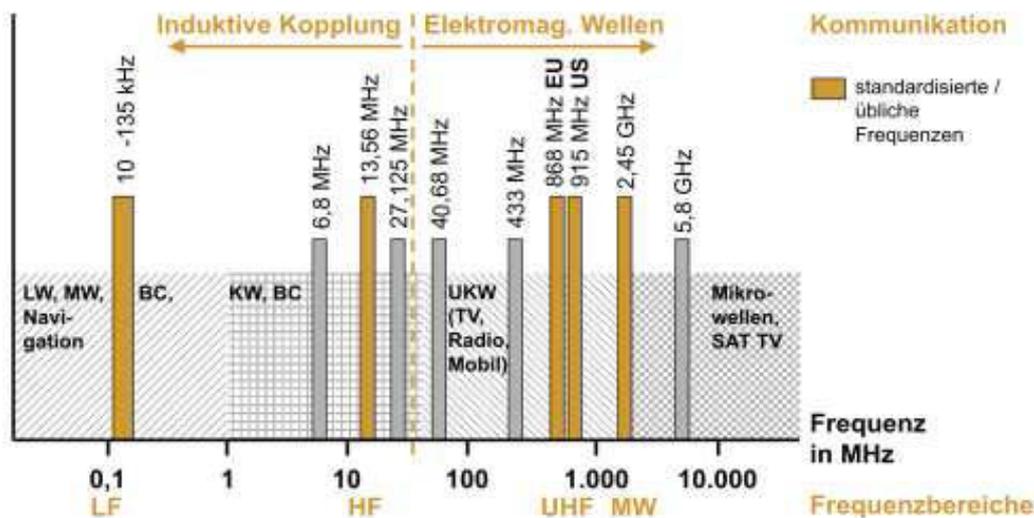


Abb. 3: RFID Betriebsfrequenzen<sup>14</sup>

<sup>12</sup> [vgl. Overmeyer und Vogeler (2005): RFID. Grundlagen und Potenziale, <http://www.elogistics-journal.de/archiv/2005/3/rfid> Abrufungsdatum: 08.06.2010]

<sup>13</sup> die induktive Kopplung ist die Wechselwirkung zwischen einem Magnetfeld und einer im Magnetfeld befindlichen Spule

<sup>14</sup> [vgl. Overmeyer und Vogeler (2005): RFID. Grundlagen und Potenziale, <http://www.elogistics-journal.de/archiv/2005/3/rfid> Abrufungsdatum: 08.06.2010]

### 2.2.1 Low Frequency

Im Frequenzband 100 bis 150 kHz arbeitet die Low Frequency (LF) RFID-Technologie. Die üblichen Frequenzen sind 125 und 134 kHz. Die Größen und Formen der Transponder im LF-Bereich variieren sehr stark. Sie sind beispielsweise als 2 cm lange Glaskapseln oder als Scheibe (Disk-Tag) mit einem 3 bis 8 cm großen Durchmesser erhältlich. Die Transponder sind sehr widerstandsfähig gegen Erschütterungen, extremen Temperaturen (Temperaturen von -25 bis +85 C°) und Chemikalien.

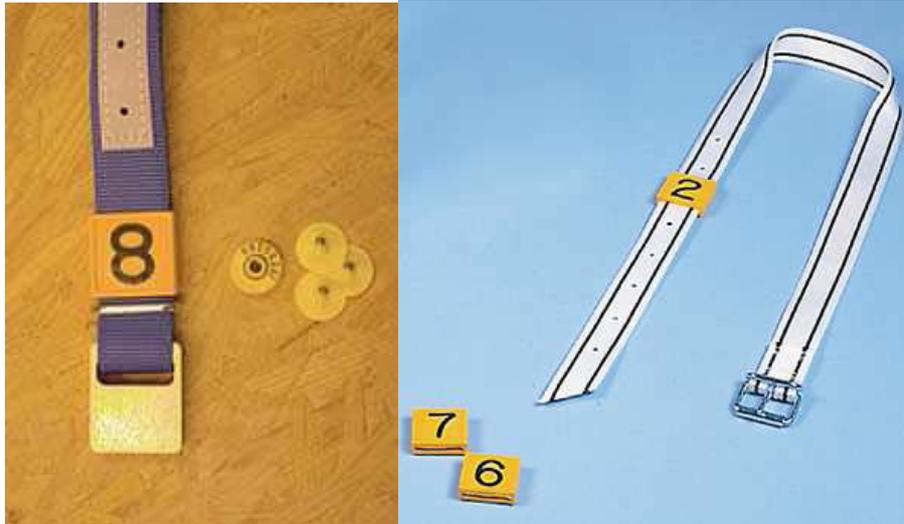
Diese Transponderform wird auch in der Forstwirtschaft zur Einzelstammidentifizierung eingesetzt. Die Abb. 4 zeigt eine solche Transponderbauform.



**Abb. 4:** LF-Nagel (RFID-LÖSUNGEN)

Weitere Anwendungsbereiche der LF-Transponder sind automatische Wegfahrsperrungen für Autos, Zutrittskontrollen und Tieridentifikation.

Die Abb. 5 zeigt einen LF-Transponder wie er in der Fütterungstechnik für Rinder in Einsatz kommt. Die Kuh wird beim Betreten der Futterstation erkannt und bekommt über den Tag verteilt die für sie optimal berechnete Menge an Kraft- und Mineralfutter zugeteilt.



**Abb. 5:** Transponder für die Tieridentifikation<sup>15</sup>

Die LF-Transponder werden hauptsächlich passiv betrieben und erzielen Lesereichweiten von 20 cm bis 1,5 m. Übliche Speicherkapazitäten reichen von 32 bis 2048 bit.

### 2.2.2 High Frequency

Die international am weitesten standardisierte Frequenz im HF Bereich ist 13,56 MHz. Für einen länderübergreifenden Einsatz der RFID Technologien ist die Entwicklung von Standards eine entscheidende Voraussetzung. Wichtigste weltweite Standardisierungsunternehmen für RFID sind die ISO und EPCglobal.<sup>16</sup>

EPCglobal hat die Spezifikation EPC Class 1 für 13,56 MHz herausgegeben. Daneben gibt es eine Reihe herstellerepezifischer Protokolle.<sup>17</sup> Die passive HF Technologie ermöglicht, im Gegensatz zur LF-Technologie, eine Produktion der Transponder als RFID-Etikett. Die nur einen halben Millimeter dicken Etiketten werden auch als Smart Label bezeichnet und können ähnlich wie der Barcode an sämtliche Materialien geklebt werden. Weiters ist es möglich, die Smart Labels zu bedrucken. Dies ermöglicht die Etiketten sowohl als Barcode-System als auch als RFID-Transponder zu verwenden. Vor allem bei Umstellungsphasen vom Barcode zu RFID ist diese Option der doppelten Verwendung von Vorteil.

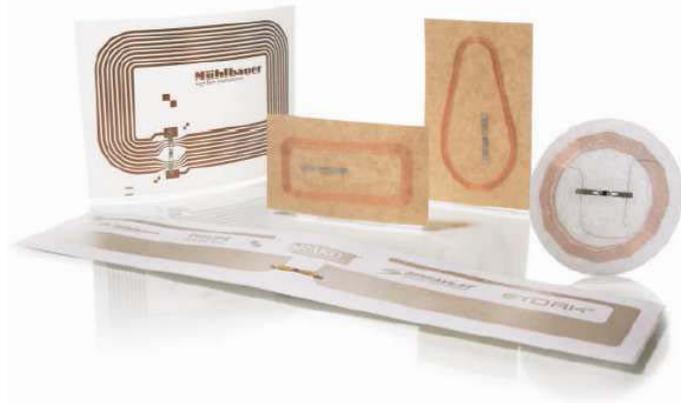
In einem herkömmlichen HF-Selbstklebeetikett wird ein RFID-Inlay eingearbeitet, das die wesentlichen Komponenten, also den Chip und die Antenne, enthält.

Die Abb. 6 zeigt verschiedene Bauformen von HF-Transpondern mit eingearbeiteten Chip.

<sup>15</sup> [vgl. <http://www.fuetterungstechnik.ch> und <http://www.siepmann.net> Abrufungsdatum: 12.06.2010]

<sup>16</sup> [vgl. Küng (s.t.): Die Gen2 UHF RFID Technik ist einsatzbereit  
[https://home.zhaw.ch/~kunr/publikationen/UHF%20RFID\\_final1.pdf](https://home.zhaw.ch/~kunr/publikationen/UHF%20RFID_final1.pdf) Abrufungsdatum: 07.06.2010]

<sup>17</sup> [vgl. [www.gs1austria.at](http://www.gs1austria.at) Abrufungsdatum: 23.05.2010]



**Abb. 6:** HF-Transponder<sup>18</sup>

Grundsätzlich lassen sich die HF-Tags auch für Zutrittskontrolle, Wegfahrsperrern sowie zur Tieridentifikation einsetzen. Durch die günstige Herstellung, die mit einem günstigeren Preis für ein Etikett verbunden ist, haben die HF-Tags ein großes Potenzial.

Eine HF Anwendung, die sich immer weiter ausbreitet, ist der Einsatz von RFID in Bibliotheken. Jedes Buch wird mit einem Transponder bestückt und der Ausleihprozess wird dadurch vereinfacht.

### 2.2.3 Ultrahigh Frequency

Der Einsatz von RFID im UHF Bereich ist erst seit kurzem möglich. RFID konkurriert auf diesem Frequenzband mit etablierten Anwendungen, wie Mobiltelefonen, schnurlosen Telefonen oder Funkdiensten. Für die Freigabe der einzelnen Bänder sind die jeweiligen Länder verantwortlich. Eine weltweit etablierte RFID-Frequenz ist 433,92 MHz und wird häufig bei Anwendungen mit aktiven Transpondern verwendet. Die passive Technologie wird eher auf höheren Frequenzen eingesetzt. In Europa ist dafür die Frequenz 869 MHz reserviert und in den USA, Kanada und Australien werden 915 MHz verwendet, die jedoch in Europa für RFID-Systeme nicht verfügbar sind.<sup>19</sup> Die wichtigsten Standards für UHF sind zum einen die ISO 18000-6 Bestimmungen und der EPCglobal Standard. Der Class 1 Generation 2 UHF RFID-Standard gilt für das Frequenzband 860 -960 MHz und soll weltweit eingesetzt werden.

Die UHF-Transponder besitzen eine größere Reichweite als die HF Tags. Übliche Lesereichweiten sind bei passiven Tags drei bis zehn Meter, wobei die Reichweite sehr stark

<sup>18</sup> [vgl. <http://www.iks.tugraz.at/lehre/unterlagen/rfid-systems/7-hp-transponder-technologie> Abrufungsdatum: 12.06.2010]

<sup>19</sup> [vgl. Finkenzeller (2008): RFID-Handbuch, S. 169f]

von der Leistung des Lesegeräts abhängt. Weiters besitzen die UHF-Transponder eine sehr gute Pulkerfassung. Neueste Entwicklungen im UHF erlauben ein Erfassen der Transponder bis zu einer Geschwindigkeit von 250 km/h.<sup>20</sup>

Bei den UHF-Transpondern wird zwischen:

- Labels,
- Hard-Tag und
- ISO Card unterschieden.



**Abb. 7:** TAG sample set UHF 868MHz (TAGNOLOGY)

Die typische Bauform von passiven UHF Transpondern sind jedoch die Selbstklebeetiketten. Meist sind die Smart Labels größer als die vergleichbaren HF Etiketten, weil sie größere Antennen besitzen. Dadurch ist es möglich, längere Abstände zu überbrücken. Mit dem Generation 2 Standard von EPCglobal hat die technologische Entwicklung an Dynamik gewonnen, was zu einer Leistungssteigerung der Technologie geführt hat. Die UHF Transponder sind vor allem in der Industrie- und Logistik-Anwendungen in Verwendung und haben folgende Anwendungsfelder:<sup>21</sup>

- Produktionsprozess für die Produktverfolgung und Prozesskontrolle,
- Automatisches Lagermanagement,
- Intercompany Logistik für die Verfolgung in der Lieferkette,
- Weltweite Logistik für die Verfolgung von Wagons und Container und
- Wartungsaufzeichnungen.

<sup>20</sup> [vgl. Anonymus (2010): RFID Hochgeschwindigkeitsportale für Saudi Arabia Railways]

<sup>21</sup> [vgl. Anonymus (2006): Passive UHF-RFID Transponder für Industrie- und Logistikanwendungen in rauer Umgebung [http://www.harting.com/imperia/md/content/lg/hartingmitronics/downloads/applikationen/rfid\\_tags\\_de.pdf](http://www.harting.com/imperia/md/content/lg/hartingmitronics/downloads/applikationen/rfid_tags_de.pdf)  
Abrufungsdatum: 03.06.2010]

## 2.2.4 Der elektronische Produktcode

Ein wesentlicher Bestandteil der auf einem Transponder gespeicherten Daten ist der Elektronische Produktcode – kurz EPC. Dabei handelt es sich um eine weltweit überschneidungsfreie Ziffernfolge zur eindeutigen Identifizierung von Objekten. Sie setzt sich beispielsweise aus einer internationalen Identnummer (ID-Number) sowie zusätzlichen Informationen (z.B. der Seriennummer eines Produktes) zusammen. Mithilfe des EPC ist jedes Objekt auf der ganzen Welt eindeutig gekennzeichnet und kann somit jederzeit identifiziert werden.<sup>22</sup>

Die Abb. 8 zeigt den Aufbau des EPC am Beispiel einer Artikelnummer.

	Header	Filter	Partition	EPC Manager	Object Class	Serial Number
Länge	8 bits	3 bits	3 bits	20-40 bits	24-4 bits	38 bits
Wert	0011 0000	000	5 (decimal)	<b>4012345</b> (decimal)	<b>012345</b> (decimal)	<b>123456789123</b> (decimal)

**Abb. 8:** EPC (GLOBAL STANDARD)

Die EPC-Nummer enthält keine Zusatzinformationen über das Objekt, das sie identifiziert. Sie ist vielmehr der Zugriffsschlüssel zum EPCglobal-Netzwerk, über das die Zusatzinformationen abgefragt werden können.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> [vgl. Global Standard 1 Germany [http://www.gs1-germany.de/standards/epc\\_rfid/der\\_epc/index\\_ger.html](http://www.gs1-germany.de/standards/epc_rfid/der_epc/index_ger.html) Abrufungsdatum 02.06.2010]

<sup>23</sup> [vgl. Global Standard 1 Germany [http://www.gs1austria.at/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=105/](http://www.gs1austria.at/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=105/) Abrufungsdatum: 23.05.2010]

## 3 Einsatzmöglichkeiten von RFID

### 3.1 Stärken und Schwächen von RFID

Durch den Einsatz der RFID-Technologie ergeben sich Chancen für alle Bereiche des öffentlichen Lebens – für Wirtschaft, Wissenschaft, öffentliche Einrichtungen und Freizeit. RFID kann Prozesse optimieren, Rückverfolgbarkeit erleichtern, Authentizität garantieren, Produktsicherheit verbessern, das Lagermanagement optimieren, Zugangskontrollen vereinfachen und vieles mehr. Darüber hinaus ist es möglich, mit Hilfe der RFID-Technologie autonome Systeme zu entwickeln, die selbstständig reagieren und entscheiden können. Sind beispielsweise Regale in einem Warenlager mit RFID-Lesegeräten ausgestattet, erkennen sie, wann der Bestand zur Neige geht. Die EDV-Systeme können bei Bedarf automatisch eine Nachbestellung abschicken.<sup>24</sup>

Die Radiofrequenz-Identifikations Technologie dient nicht nur dem Handel oder der Industrie sondern bietet auch großes Potenzial für die Verbraucher, beispielsweise in der Pharmaindustrie.

Mithilfe von RFID und Sensortechnologie lässt sich beispielsweise sicherstellen, dass empfindliche Medikamente korrekt gelagert und transportiert werden. Ein speziell entwickelter Transponder ermöglicht es, die Temperatur kontinuierlich an jedem Punkt der Logistikkette zu überprüfen. Sollte der vorgegebene Temperaturbereich verlassen worden sein, kann der Transport gestoppt und eine neue Lieferung veranlasst werden. Auch beim Schutz vor Fälschungen spielt RFID zunehmend eine wichtige Rolle.<sup>25</sup>

Trotz der vielen Vorteile von RFID, gibt es auch Einschränkungen des Systems. Eine Schwäche ist die geringe Reichweite von passiven Transpondern. Für Anwendungsbereiche mit einer Mindestanforderung an die Lesereichweite können die passiven Transponder daher nicht eingesetzt werden. Da passive Transponder aus kostengünstigen Materialien gefertigt werden, sind die Transponder sehr anfällig für Störungen. Die Folgen sind, dass es zu Übertragungsfehlern bzw. Erkennungsproblemen kommen kann. Weiters beeinflussen Metallgegenstände und Wasser die Lesefähigkeit der Transponder. Die hohen Kosten für Transponder, Anschaffung und Implementierung in die betriebseigene Software, erweisen sich ebenfalls als große Schwäche von RFID-Systemen. Neben den technischen Problemen gibt es

---

<sup>24</sup> [vgl. RFID Anwendungsmöglichkeiten und RFID Strategien <http://www.rfid-einsatz.com> Abrufungsdatum: 12.04.2010]

<sup>25</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2007): Basiswissen RFID, S. 10]

Mängel bei der Standardisierung. Uneinheitliche Vorschriften hinsichtlich der Funkstärken und der Frequenzen sind eine große Schwäche des Systems.<sup>26</sup>

### 3.2 Barcode vs. RFID

Zurzeit stehen einer flächendeckenden Nutzung von RFID allerdings noch die hohen Stückkosten der Transponder im Wege. Branchenkenner gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2015 der Preis pro Chip bei rund einem Cent liegen wird. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass RFID-Transponder den Barcode in Handel und Logistik von heute auf morgen ersetzen werden. Vielmehr ist zu erwarten, dass beide Technologien über einen längeren Zeitraum parallel existieren.



Abb. 9: Kombiniertes Smart-Label<sup>27</sup>

Die RFID-Technologie bietet gegenüber dem Barcode folgende Vorteile:

- Berührungslose Datenerfassung ohne Sichtkontakt in Echtzeit,
- Gleichzeitige Erkennung mehrerer Transponder (Pulkerfassung),
- Unempfindlichkeit gegenüber Schmutz,
- Erweiterter Speicherumfang für Daten und
- Möglichkeit der Datenspeicherung und Veränderung.

### 3.3 Anwendungsgebiete für RFID-Systeme

RFID ist eine Schlüsseltechnologie, die in den vergangenen Jahren Prozesse z.B. in Logistik und Konsumgüterwirtschaft grundlegend verändert hat und auch weiterhin verändern wird.

<sup>26</sup> [vgl. Franke und Dangelmaier (2006): RFID- Leitfaden für die Logistik, S. 91-96]

<sup>27</sup> [vgl. [www.rfidinfotek.com](http://www.rfidinfotek.com) Abrufungsdatum: 13.12.2009]

Durch die rasante Entwicklung und das immer breitere Spektrum an Anwendungsbereichen wird RFID langsam aber sicher massenkompatibel. Die Technologie unterstützt zahlreiche Anwendungen in den unterschiedlichsten Bereichen. Im folgenden Kapitel werden einige Branchen beschrieben, in denen RFID erfolgreich eingesetzt wird.<sup>28</sup>

RFID-Systeme bieten in der gesamten Logistik und im Transportwesen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise findet man RFID-Systeme in der Automobilindustrie oder in Transportprozessen, wo es um die Steuerung von wieder verwendbaren Transportbehältern geht. Auch an Flughäfen kommt RFID zum Einsatz. In Shanghai erhalten alle Gepäckstücke einen RFID-Transponder. Sie lassen sich damit schneller und zuverlässiger verladen als mit Hilfe der herkömmlichen Barcode Technik. Sollte trotzdem ein Gepäckstück verloren gehen, kann das Flughafenpersonal durch RFID das Gepäckstück leichter auffinden.

Bei Warenanlieferungen erfolgt die Überprüfung auf Richtigkeit und Vollständigkeit quasi selbstständig. Durch die RFID-Systeme kann eine Vielzahl an Transpondern gleichzeitig (Pulkerfassung) ausgelesen und verarbeitet werden.

Für die Standorterfassung einzelner Behälter in der Produktion, kommen LF RFID-PET-Etiketten mit 13,56 MHz zum Einsatz. Die etikettierten Behälter werden während des Transports automatisch erfasst und mit Daten gefüttert. Beim Wiedereintreffen der Behälter erfolgt entweder eine Ergänzung oder eine Löschung der gespeicherten Daten. Um die Kosten so gering als möglich zu halten, besteht auch die Möglichkeit die 16-stellige ID-Nummer mit der Datenbank zu verknüpfen, um die Logistikabläufe der einzelnen Behälter zu verfolgen. Durch die automatische Erkennung lassen sich Behältermanagement, Produktion und Lagerhaltung optimieren. Durch die Anbringung einer Leseinheit am Gabelstapler lassen sich auch große Behälter automatisch erfassen.<sup>29</sup>

In der Automobilproduktion werden in den verschiedenen Bereichen der Produktion RFID-Systeme eingesetzt. Beispielsweise wird auf Karosserieträger ein RFID Transponder appliziert. Dieser ermöglicht jederzeit die exakte Zuordnung der Karosserien und enthält die für die Produktion relevanten Daten des Fahrzeugs. Automobilhersteller wie beispielsweise BMW und Volkswagen verwenden die RFID-Technologie, um den Bauzustand des Autos zu dokumentieren, die Steuerung des Karossenflusses in der Fertigung sowie den Prozess entlang der Fertigung zu optimieren.<sup>30</sup> Ein durch RFID unterstütztes Behältermanagement führt zu einer verbesserten Zuordnung der Behälter und gestaltet Just-in-time-Produktionen verlässlicher. Durch den Einsatz der RFID-Technik lässt sich jedes Produkt im Fertigungspro-

---

<sup>28</sup> [vgl. Informationsforum RFID [http://www.info-rfid.de/anwendungsbereiche/index\\_ger.html](http://www.info-rfid.de/anwendungsbereiche/index_ger.html)  
Abrufungsdatum: 19.10.2010]

<sup>29</sup> [vgl. Anonymus (s.t.): Einsatzgebiete von Smart Labels, RFID im Blick Ausgabe 09.2009, S. 49]

<sup>30</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2007): Basiswissen RFID, S. 13]

zess exakt zurückverfolgen und es können die Ursachen für Qualitätsmängel leichter ausfindig gemacht werden.<sup>31</sup>

Bei der Flensburger Brauerei sind alle Bierfässer mit einem RFID-Transponder versehen. Dadurch wird nicht nur das Behältermanagement verbessert, sondern es spart auch Energie und Wasser. Mit Hilfe der Technologie erkennt die Reinigungsanlage, mit welcher Biersorte das Fass gefüllt war, und kann so die Reinigung dem Fass automatisch anpassen.

Um Patienten besser zu identifizieren und die Dokumentationsprozesse zu automatisieren, wird im Rahmen einer Pilotstudie RFID im Gesundheitswesen eingesetzt. Die Patienten eines Spitals erhalten bei ihrer Aufnahme ein Armband mit einem Transponder, auf dem ein Nummerncode gespeichert ist. Das Pflegepersonal liest diese Zahlenfolge über einen Handscanner aus. Die Patientendaten werden aus dem IT-System des Krankenhauses abgerufen und auf dem Lesegerät angezeigt.

Weiters sind alle Arzneimittel der Klinikapotheke mit einem Transponder versehen, so dass das Handlesegerät die Informationen zu den Medikamenten abrufen und sie den Daten des Patienten zuordnen kann. Auf diesem Weg kann die Ausgabe von Medikamenten überwacht werden und eine falsche Zuteilung von Medikamenten vermieden werden. Durch die RFID-Technologie können Verwechslungen von Patientendaten ausgeschlossen werden.<sup>32</sup>

Im Gesundheitswesen werden RFID-Systeme unter anderem bei der Kennzeichnung von Blutplasma, Proben oder anderen medizinischen Produkten eingesetzt. Durch den Einsatz eines Temperatursensors kann die gesamte Kühlkette automatisch überwacht werden.

Bislang setzen Handelsunternehmen RFID vor allem in der Logistik und im Bestandsmanagement ein. Durch den Einsatz von RFID lassen sich die logistischen Abläufe und Warenwirtschaftsprozesse effizient steuern.

Die METRO Group zählt zu den Vorreitern bei der Einführung der RFID-Technologie. In den Vertriebszentren des Konzerns müssen Mitarbeiter die mit RFID-Transpondern gekennzeichneten Paletten nicht mehr manuell erfassen. Lesegeräte an den Wareneingangs- und Ausgangstoren erfassen die gesamte Lieferung und wird in Sekundenschnelle automatisch aus dem Lagerverwaltungssystem gebucht. So verlaufen Waren- und Informationsfluss parallel.

---

<sup>31</sup> [vgl. Anonymus (s.t.): RFID-Anwendungsbeispiele, [http://www.rfid-chips.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=35](http://www.rfid-chips.net/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=35) Abrufungsdatum 08.07.2010]

<sup>32</sup> [vgl. Informationsforum RFID (s.t.): RFID im Gesundheitswesen, S. 6 ff]

Weiters können mit RFID-Labeln ausgestattete Waren an der Kasse vollautomatisch erfasst und abgerechnet werden. Der Einkaufswagen muss dazu nur eine Schleuse passieren, die mit Lesegeräten ausgestattet ist.

Seit vielen Jahren wird RFID für elektronische Skipässe verwendet. Der mit einem Chip ausgestattete Skipass wird an den Skiliften berührungsfrei erfasst. Gleichzeitig wird die Gültigkeit des Ausweises überprüft. Der Lift-Zugang erfolgt automatisch und das lästige Suchen nach der Karte entfällt.

Der RFID-Skipass ermöglicht es ein „*Skiline Höhenmeterdiagramm*“ zu erstellen.<sup>33</sup> Das Skiline Höhenmeterdiagramm ermöglicht es unter Bekanntgabe der Nummer des Ski-Passes die gefahrenen Höhenmeter des Skitages als Skiline Höhenmeterdiagramm anzuzeigen und dabei die Anzahl gefahrener Lifte, Pistenkilometer und eben auch Höhenmeter zu bekommen.

Weiterer Einsatzbereich ist die Ausstattung von Marathonläufern mit RFID-Transpondern. Die an den Schuhen des Sportlers befestigten Transponder übermitteln die exakte Laufzeit an die Messstationen. Ein möglicher Betrug wird somit verhindert.

Mit RFID können Bibliothekskunden schneller und effektiver ihre gewünschten Medien ausleihen. Mit den Tags, die zwischen den Bücherdeckeln kleben, werden die Bücher automatisch bei Entlehnung und Rückgabe verbucht. Das umständliche und zeitintensive manuelle Handling am Schalter entfällt. So beschleunigt sich die Entlehnung und die Wartezeiten werden erheblich verringert. Darüber hinaus wird auch der Diebstahl von Büchern verhindert.

Seit den 70er Jahren werden RFID-Transponder zur Tiererkennung eingesetzt. Die Tiere werden mit Halsbändern, Ohrmarken oder Implantaten gekennzeichnet. In der Rinderhaltung sind Transponder im Einsatz, die durch eine ID-Nummer für jedes Tier automatisch eine individuelle und leistungsangepasste Futtergabe und Überwachung ermöglichen. Die fälschungssichere Kennzeichnung der Tiere dient aber auch zur Rückverfolgung ihrer Herkunft und damit der Seuchen- und Qualitätskontrolle.<sup>34</sup>

Immer öfter wird RFID für Zutrittskontrollen verwendet. Alle relevanten Daten werden durch kontaktlose Chipkarten abgefragt.<sup>35</sup> Hierdurch werden u.a. Kosten, die durch den Verkauf von Tickets an Automaten, die Wartung und Instandhaltung entstehen, reduziert. Durch die

---

<sup>33</sup> [vgl. <http://www.skiline.cc> Abrufungsdatum: 08.06.2010]

<sup>34</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2007):Basiswissen RFID S. 14]

<sup>35</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2007):Basiswissen RFID S. 13]

RFID-Chipkarten werden Wartezeiten verkürzt und die Gefahren von Vandalismus und Ticketerschleichung minimiert.<sup>36</sup>

Viele Unternehmen geben an ihre Mitarbeiter statt Schlüsseln nun Karten aus, die per RFID den Unternehmenszutritt verwalten, die Zeit erfassen und gleichzeitig die Entgeltung übernehmen.

### **3.4 RFID Beispiele in der Holzindustrie**

#### **3.4.1 Rundholzmarkierung mit RFID**

Für die Kennzeichnung von Rundholz kommen seit kurzem passive Transponder mit einer Frequenz von 125 KHz bzw. 13,56 MHz zum Einsatz. Die unterschiedlichen Bauformen wie z.B. Ring-, Nagel- und Etiketten-Transponder werden im Wald direkt nach der Ernte an Holzstämmen angebracht. Bei der Holzaufnahme wird die auf dem Transponder gespeicherte ID-Nummer ausgelesen und mit den Rundholzdaten zu Datensätzen verknüpft. Anschließend werden die ausgelesenen Daten an eine zentrale Datenbank übertragen. Auf dem Weg ins Werk passieren die Holzstämmen weitere Identifikationsstellen, die ebenfalls im Datenaustausch mit der Datenbank stehen. Durch die RFID-Technologie lässt sich der Verbleib des Holzes entlang der gesamten Rundholzlogistikette verfolgen und infolgedessen die Schwundrate kontrollieren. Bei gemeinsamer Holzvermarktung aus dem Kleinprivatwald bietet RFID die Möglichkeit, die Holzstämmen einzeln zu identifizieren und können Lieferanten zugeordnet werden. Die automatische Datengewinnung durch das Auslesen der RFID-Tags spart Zeit und Kosten bei der Dateneingabe und gewährt eine hohe Datenqualität.<sup>37</sup> Die folgende Abbildung zeigt einen Rundholzstamm mit einem RFID-Transponder bestehend aus einem Ringtransponder und dazugehörigem Nagel aus biologisch abbaubarem Material.



**Abb. 10:** Rundholzstamm Transponder (FVA BADEN-WÜRTTEMBERG)

Das bisher von den Forstbetrieben verwendete Kennzeichnungssystem für Rundholz ist im praktischen Betrieb störanfällig und aufwändig. Die Kunststoffplättchen können im rauen

<sup>36</sup> [vgl. Informationsforum RFID (2007):Basiswissen RFID S. 14]

<sup>37</sup> [vgl. Petersen und Vallée (s.t.): Der Einsatz von RFID zur Rundholzidentifikation in der Sägeindustrie]

Umgang mit dem Holz beschädigt, verloren gehen oder verschmutzen werden, so dass eine sichere Identifikation in den weiteren Arbeitsschritten der Rundholzbereitstellung nicht gewährleistet ist. Das Holz kann nicht klar nachvollzogen und auftretende Holzverluste können nicht rückverfolgt werden. Weiters wird beim Ablängen der Rundholzstämmen der applizierte Transponder abgekappt und kann somit nicht wieder verwendet werden.

### 3.4.2 Auto-ID-Lösungen für die Papierindustrie

Die große Produktvielfalt in der Papierindustrie und die geringe Möglichkeit der optischen Unterscheidung erfordert eine eindeutige Produktkennzeichnung. Erschwert wird die Unterscheidung der Papierrollen durch die Beschaffenheit des Papiers.

Zum Einen ist die Kennzeichnung der Rollen auf der Außenseite oft nicht ausreichend, da nach dem Abrollen der ersten Papierlage bzw. Abnehmen der Verpackung die Kennzeichnung nicht mehr gegeben ist. Zum anderen ist die Kennzeichnung auf der Innenseite des Produkträgers (Kernhülse) oft nicht praktikabel, da beispielsweise das Abscannen eines Barcodes im Kernring nicht möglich ist.



Abb. 11: Papierrolle mit Transponder<sup>38</sup>

Aus diesem Grund gibt es für die Papierindustrie eine Auto-ID-Lösungsvariante mittels RFID. Die Produktkennzeichnung erfolgt mit RFID-Transponder in der Kernhülse. Die Vorteile durch RFID sind eine einfache und eindeutige Produktkennzeichnung, es erfolgt eine automatische Prozessstatusverfolgung sowie eine automatische Lager- und Restmengenverwaltung.

Darüber hinaus ist eine derartige RFID-Lösung im Allgemeinen sehr kosteneffizient. Sie erreicht teilweise ihren ROI in weniger als einem Jahr. Die Produkträger und damit die integrierten Transponder werden in einem geschlossenen Kreislauf verwendet, wodurch die laufenden Systemkosten weiter reduziert werden können.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> [vgl. <http://www.bm-tricon.com/start.asp?ID=1169&b=179> Abrufungsdatum 15.05.2010]

<sup>39</sup> [vgl. Anonymus (s.t.): Rohstoffmanagement bei Mondi Neusiedler GmbH, <http://www.bm-tricon.com/start.asp?ID=1169&b=179> Abrufungsdatum 15.05.2010]

### **3.4.3 RFID in der Möbelindustrie**

Mit RFID steht eine Technologie zur Verfügung, die für die Möbelindustrie beachtliche Potentiale und Vorteile bietet. So wird RFID im innerbetrieblichen Bereich, aber auch außerhalb des Unternehmens zur Identifikation eingesetzt.<sup>40</sup>

### **3.4.4 Anlageninventur für Equipment**

IT-Anlagen werden mit einem RFID-Inventarschild gekennzeichnet. Bei der Inventuraufnahme werden die Anlagen mit einem mobilen Lesegerät erfasst. Es findet ein automatischer Soll-Ist-Vergleich der Daten statt. Die erfassten Daten werden für die Weiterverarbeitung auf eine Workstation übertragen. Differenzlisten werden generiert, vom Kostenstellen-Verantwortlichen geprüft und abgezeichnet. Aus den korrigierten Bestandsdaten wird ein aktuelles Anlagenverzeichnis in SAP erzeugt.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> [vgl. Sauter (2006): RFID in der Möbelindustrie, Workshop RFID Erlangen Fraunhofer IIS]

<sup>41</sup> [vgl. Anonymus (s.t.): Anlageninventur IT-Equipment bei Egger  
<http://www.bm-tricon.com/start.asp?ID=1154&b=179> Abrufungsdatum: 24.06.2010]

## **4 Fallstudie für den RFID-Einsatz in der Holzwirtschaft**

Im Kapitel 4 wird ein möglicher RFID-Einsatz für die Produktion von Profilholzbrettern im Unternehmen der Johann Pabst Holzindustrie GmbH vorgestellt. Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung der RFID-Technologie ist es, dass die wesentlichen Arbeitsprozesse für die Herstellung von Profillbrettern zu beschreiben und die möglichen Einsatzgebiete der RFID-Technologie abzuschätzen und zu bewerten. Auf Basis dieser Untersuchung werden die Anforderungen an die RFID-Technologie definiert und beschrieben. Ziel der Fallstudie ist es, ein Anforderungsprofil für einen RFID-Einsatz für das Profilholzwerk zu erstellen. Dabei werden auch Einsatzmöglichkeiten berücksichtigt, die derzeit eher visionär erscheinen, aber mittelfristig durchaus umsetzbar wären. Die Zielsetzung geht somit deutlich über den Ansatz einer klassischen Soll-Ist-Analyse hinaus.

### **4.1 Unternehmen Johann Pabst Holzindustrie GmbH**

Im Unternehmen der Johann Pabst Holzindustrie GmbH erfolgt eine Veredelung des Rohstoffes Holz. Grundlage für die Erzeugung von hochwertigen Holzprodukten, ist feinschichtiges, gesundastiges, hochwertiges Alpenholz. Für die Herstellung der Holzprodukte, müssen verschiedenste Produktionsprozesse an verschiedenen Standorten durchlaufen werden.<sup>42</sup> Das Unternehmen verfügt über zwei Standorte: Zeltweg und Obdach.

Durch die räumliche Entfernung der Standorte gibt es keine einheitlichen Lager. Alle Produktionsstätten verfügen über eigene Lager und Lagerplätze. Die Entfernung zwischen den Standorten Zeltweg und Obdach beträgt ca. 15 Kilometer.

Der Standort Obdach besteht aus den Werk-Ost1, Werk-West1, Werk2 und Werk3, wobei das Werk3 ein reines Schnittholzlager ist.

Am Standort Zeltweg befinden sich die Werke BSH-Werk1, BSH-Werk2, Pelletsproduktion und Alpenspanproduktion.

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die einzelnen Werke und die Produkte die in den jeweiligen Werken produziert werden. Die Daten der produzierten Mengen beziehen sich auf das Wirtschaftsjahr 2009.

---

<sup>42</sup> [vgl. Pabst, <http://www.pabst-holz.com> Abrufungsdatum: 06.05.2009]

**Tabelle 2:** Übersicht der Werke (Daten aus dem Jahr 2009)

<b>Übersicht der Werke</b>			
<b>Werk</b>	<b>Standort</b>	<b>Produkte</b>	<b>Menge/Jahr</b>
<b>Werk-Ost1</b>	Obdach	Säge	251.515 fm
		Trockenkammern	
		Rundholzplatz	
		Verwaltung	
		Lager	
		Hobelwerk	
<b>Werk-West1</b>	Obdach	Holzmarkt	
		Instandhaltung	
<b>Werk-2</b>	Obdach	Profilholzwerk	39.920 cbm
		Alpen Colours	
		Lagerplatz	
<b>Werk-3</b>	Obdach	Lagerplatz	
<b>BSH-Werk-1</b>	Zeltweg	Brettschichtholz	79.189 cbm
<b>BSH-Werk-2</b>	Zeltweg	Brettschichtholz	
<b>Pelletswerk</b>	Zeltweg	Pellets	49.000 to
<b>Alpenspanwerk</b>	Zeltweg	Alpenspan	735.110 St.
<b>Verwaltung</b>	Zeltweg	Verwaltung	

Quelle: IN ANLEHNUNG AN STEINKELLNER 2010

### **4.1.1 Standort Zeltweg**

Die Werke am Standort Zeltweg befinden sich am Gelände des sogenannten Holzinnovationszentrums. Dort befindet sich neben dem Verwaltungsgebäude, die Pelletsproduktion, die Alpenspanproduktion und zwei Produktionsstätten für die Fertigung von Brettschichtholz. Die Abb. 12 bis Abb. 14 zeigen das Verwaltungsgebäude und die einzelnen Produktionsstätten am Standort Zeltweg.

#### **4.1.1.1 Maschinenausrüstung Standort Zeltweg**

##### **Maschinenausrüstung BSH1:**

Keilzinkung: Fa. Grecon

Hobel2: Fa. Kupfermühle

Leimstraße u. HF Presse: Fa. Kallescoe

Hobel3: Fa. Kupfermühle

Hobel4: Fa. Rex

Mechanisierung: Fa. Minda

##### **Maschinenausrüstung BSH2:**

Keilzinkung: Fa. Grecon

Lamellenhobel: Fa. Waco

Leimstraße: Fa. Minda

Bogenpresse u. Stangenpresse: Fa. Minda

Mechanisierung: Fa. Minda

##### **Pelletswerk:**

Gesamte Ausrüstung von Fa. Sprout Matador



**Abb. 12:** Verwaltung (PABST-HOLZ)



**Abb. 13:** BSH-Werk 1, Pellets und Alpspanproduktion (PABST-HOLZ)



**Abb. 14:** BSH-Werk 2, Zelllager (PABST-HOLZ)

## 4.1.2 Standort Obdach

Der Standort Obdach ist ca. 15 Kilometer vom Standort Zeltweg entfernt und besteht aus 3 Werken. Herzstück des Standortes ist die Säge. Das produzierte Schnittholz ist die Grundlage für die weiteren Produkte, die im Unternehmen erzeugt werden. Am Standort Obdach werden neben dem Schnittholz auch Profildbretter, Hobelware und beschichtete Profildbretter produziert. Die folgenden Abbildungen zeigen den Standort Obdach mit all den Produktionsstätten und Lagern.

### 4.1.2.1 Maschinenausrüstung Standort Obdach

#### Maschinenausrüstung Säge:

Profilspaner VM30, Fa. Linck

Sägeaggregat, Fa. Linck

Seperrierförderer, Fa. Linck

Wender, Fa. Linck

Profilspaner VM25, Fa. Linck

Doppelwellenkreissäge, Fa. EWD

#### Maschinenausrüstung PHW:

Hobelmaschine Hydromat 22, Fa. Weinig

Hobelmaschine Unimat, Fa. Weinig

Automatisierung, Fa. Weinig



**Abb. 15:** Werk 3 Schnittholzlagerplatz (PABST-HOLZ)



**Abb. 16:** Rundholzlagerplatz (PABST-HOLZ)



**Abb. 17:** Werk 2: Profilholzwerk (PABST-HOLZ)



**Abb. 18:** Werk 1: Stammwerk Obdach (PABST-HOLZ)

In Tabelle 3 sind die Wegedistanzen angegeben die zwischen den einzelnen Werken zurückzulegen sind. Die angegebenen Werte haben die Einheit „Meter“. Die Erhebung der Distanzen erfolgte mit der online Software google-maps. Um die einzelnen Distanzen zu erheben, wurde eine Routenberechnung zwischen den einzelnen Standorten vorgenommen. Die Ergebnisse wurden aufgezeichnet und in die Tabelle 3 eingetragen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten, wurde bei Routenberechnung für den Ausgangspunkt und Endpunkt von einer Produktionshalle oder Verwaltungsgebäude ausgegangen. Durch die Größe der einzelnen Werke und den unterschiedlichsten Anfahrtspunkte der Shuttles innerhalb eines Werkes, sind die erhobenen Werte als zu niedrig anzusehen.

Tabelle 3: Wegdistanzen

Wegstrecke zwischen den Werken										
	Verwaltung Obdach	Verwaltung. Zeltweg	Werk 1 Ost	Werk 1 West	Werk 2	Werk 3	BSH1	BSH2	Pelletsproduktion	Alpenspanproduktion
Verwaltung Obdach	0									
Verwaltung. Zeltweg	1.150	0								
Werk 1 Ost	170	11.300	0							
Werk 1 West	50	11.500	150	0						
Werk 2	850	12.300	1.150	1.000	0					
Werk 3	1.800	9.700	1.550	1.700	2.700	0				
BSH1	12.100	280	11.900	12.100	13.100	10.300	0			
BSH2	12.800	950	12.600	12.900	13.800	11.000	800	0		
Pelletsproduktion	12.200	240	12.000	12.200	12.400	10.200	150	6.500	0	
Alpenspanproduktion	12.300	250	12.100	12.300	12.500	10.300	160	640	100	0

EIGENE ERHEBUNG

Der rot hinterlegte Wert ist die größte Entfernung zwischen zwei Betriebsstandorten. Die Distanz zwischen dem Werk 2 (Profilholzerzeugung) und dem BSH-Werk 2 beträgt 13,8 km. Durchschnittlich fährt ein Shuttle im Schnitt ca. 75 km pro Tag. Auf ein Jahr hochgerechnet sind das pro Shuttle rund 18.000 km.

Im Schnitt werden pro Shuttle und Tag 30 Fuhren transportiert. Eine Ladung entspricht im Schnitt 15 Paketen. Auf ein Jahr hochgerechnet werden somit einem Shuttle ca. 108.000 Pakete befördert.

Tabelle 4 gibt die Mengenströme an, die zwischen den einzelnen Werken stattfinden. Die Datengrundlage sind Angaben aus dem Produktionsjahr 2009. Die Datenerhebung erfolgte aus dem Lagerverwaltungssystem der Johann Pabst Holzindustrie GmbH und werden in cbm angegeben.

**Tabelle 4:** Mengenströme

	Werk 1 Ost	Werk 1 West	Werk 2	Werk 3	Werk 4 (BSH1+BSH2)	Pelletsproduktion	Alpenspanproduktion
Werk 1 Ost	0	3.865	20.625	608	9.284	-	-
Werk 1 West	21.312	0	15.137	17.042	75.689	-	-
Werk 2	2.806	3.810	0	1.587	390	-	-
Werk 3	9.385	9.553	17.690	0	315	-	-
Werk 4 (BSH1+BSH2)	6.943	5.575	69	150	0	-	-
Pelletsproduktion	-	-	-	-	-	0	-
Alpenspanproduktion	-	-	-	-	-	-	0

EIGENE ERHEBUNG

## 4.2 Produktions- und Absatzmengen

Im Kapitel 4.2 sind die Produktionsmengen und Absatzmengen angeführt, die im Unternehmen abgesetzt oder produziert worden sind. Alle Kennzahlen beziehen sich auf das Produktionsjahr 2009. Die Zahlen beziehen sich auf die produzierte Menge pro Jahr. Angegeben werden die Produktionsmengen in fm, cbm to und Stück.<sup>43</sup>

### Produktionsmengen aus dem Jahr 2009

Einkauf Rundholz:	276.395 fm
Einschnitt:	251.515 fm
Profilholzwerk:	39.920 cbm
Hobelwerk:	53.950 cbm

### Absatzmengen aus dem Jahr 2009

Fichte Schnittholz:	79.750 cbm
Lärche Schnittholz:	2.137 cbm
Fichte gehobelt:	44.740 cbm
Lärche gehobelt:	7.805 cbm
Leimholz:	79.189 cbm
Alpenspan:	735.110 Säcke
Pellets:	49.900 to.

### Zukauf Leimlamellen und Rohhobler im Jahr 2009

Fichte	80.358 cbm
Lärche	2.524 cbm
Sib. Lärche	3.801 cbm
Kiefer	2.200 cbm

Die Anzahl der erzeugten BSH-Fertigwarenpakete betrug im Jahr 2009 ca. 40.900. Aufgrund der Tatsache, dass es bei der Zahl 40.900 um Pakete mit der selben Auftragsnummern han-

<sup>43</sup> [vgl. Steinkellner (2010): schriftl. Mitt.]

delt und ein Paket aus mehreren BSH-Trägern bestehen kann, ist die Zahl lediglich auf die Paketanzahl bezogen. Das heißt, dass die Anzahl der erzeugten BSH-Träger höher liegt. Im Jahr 2009 wurden ca. 108.000 Schnittholzpakete erzeugt, wobei bei der Paketbildung zwischen drei verschiedenen Schnittholzpaketen unterschieden wird.<sup>44</sup> Die unterschiedlichen Dimensionen der Pakete sind in der Tabelle 6 angeführt.

### 4.3 Analyse des Materialflusses und der Geschäftsprozesse

#### 4.3.1 Innerbetrieblicher Transport

Durch die räumliche Entfernung zwischen den einzelnen Produktionsstandorten entsteht ein großer betriebsinterner Materialfluss. Im Jahr 2009 wurden 108.000 Schnittholzpakete und 40.900 BSH-Pakete im Unternehmen der Johann Pabst Holzindustrie GmbH produziert.<sup>45</sup> Angesichts der großen Anzahl an Paketen, die zwischen den einzelnen Werken transportiert werden, gibt es sehr große Anforderungen an die Logistik und an das Lagerhaltungssystem. Um die Versorgung der einzelnen Produktionsstandorte mit Rohware zu gewährleisten, kommen zwei betriebseigene Shuttles zum Einsatz.

Bei den sogenannten Shuttles handelt es sich um betriebseigene LKWs, die einen speziellen Sattelaufleger besitzen um Schnittholzpakete zu befördern. Die Besonderheit der Plateau-Aufleger besteht darin, dass sich das Dach in der Höhe hydraulisch verstellen lässt. Weiters besitzen die Aufleger keinen Planenverschlag an den Außenwänden. Dadurch ist eine rasche Be- und Entladung möglich.

Die Abb. 19 zeigt ein Shuttle (Rollfahre) für den innerbetrieblichen Transport.



Abb. 19 Shuttle (EIGENE DARSTELLUNG)

Grundsätzlich ist eines der Shuttles für die Rohstoffversorgung der BSH-Produktion in Zeltweg verantwortlich und gleichzeitig beliefert das zweite Shuttle die Werke am Standort Obdach mit Rohware bzw. transportiert fertige Produkte zu Zentrallager.

<sup>44</sup> [vgl. Mayer (2010): schriftl. Mitt.]

<sup>45</sup> [vgl. Steinkellner (2010): schriftl. Mitt.]

Weiters werden die Shuttles dazu verwendet, Ladungen vorzubereiten und zu ausgewiesenen Verladeplätzen zu befördern. Durch die Vielfalt an Produkten kann es durchaus vorkommen, dass ein Auftrag unterschiedlichste Artikel enthält. Um Zeit und Kosten zu sparen, werden die Artikel des Auftrags von den Shuttles an den jeweiligen Produktionsstätten abgeholt und zu den Verladeplätzen gebracht. Dort werden die einzelnen Ladungen zusammengefügt, kommissioniert, zwischengelagert und anschließend auf LKWs verladen.<sup>46</sup>

### **4.3.2 Arbeitsprozesse für einen innerbetrieblichen Transport**

Um zu gewährleisten, dass der Lagerbestand mit dem Lagerverwaltungssystem (LVS) übereinstimmt, müssen alle Pakete, die das Werk verlassen oder betriebsintern umgefahren werden, aus dem Lagerverwaltungssystem aus- oder umbucht werden. Dieser Prozess ist mit einem sehr großen Aufwand verbunden, da die erforderlichen Buchungen manuell oder mittels Handscanner erfolgen.

#### **4.3.2.1 Fehlerquellen für Um- und Ausbuchungen**

Ein Problem, das bei Um- und Ausbuchungen entstehen kann ist, dass durch Sonneneinstrahlung oder Beschädigung des Barcodes das Einlesen mittels Scanner nicht möglich ist. Im diesen Fall müssen die Zahlen des Barcodes manuell eingegeben werden, was mit einem großen zeitlich Aufwand verbunden ist. Weiters kann es zu einer falschen Eingabe der Zahlen kommen, wodurch Fehler im Lagerverwaltungssystem auftreten.

Eine weitere Fehlerquelle entsteht bei der Lagerzuweisung der fertigen Profilware. Nach der Produktion wird die Ware einem Lager zugewiesen. Ob die Ware tatsächlich in das vorgesehene Lager kommt, ist nicht 100%ig gegeben. Falsche Einlagerungen durch Schichtwechsel, Unaufmerksamkeit und ähnliches, führen zu Verfälschungen des Lagerbestandes. Folglich stimmt die Anzahl der Pakete im Lager mit der Anzahl der Pakete im Lagerverwaltungssystem nicht überein.

Eine weitere Fehlerquelle sind die Shuttles. An produktionsstarken Tagen bekommen die Fahrer der Shuttles von den Werkleitern laufend Aufträge, Ware zu den verschiedensten Produktionsstandorten zu liefern. Unterdessen steigt der zeitliche Druck der Fahrer und die Pakete werden nicht zeitgerecht umbucht. Dadurch wird wiederum das Lagerhaltungssystem verfälscht und es kann keine exakte Angabe über den Lagerbestand gegeben werden. Bestimmte Pakete in den Lagern wieder aufzufinden, ist mit großem personellen Suchaufwand verbunden. In weiterer Folge ergeben sich auch Probleme für die Inventur.

---

<sup>46</sup> [vgl. Mayer (2010): mdl. Mitt.]

Die Ermittlung des aktuellen Standortes und der exakten Anzahl der Pakete aus dem Lagerverwaltungssystem ist daher nicht möglich.

#### **4.3.2.2 Lagerverwaltungssystem**

Im Lagerverwaltungssystem werden nicht nur die Lagerpositionen der Artikel verwaltet, sondern auch der Wareneingang (Bestellung und Zulieferung), und der Versand (Lieferung - Bestellvergleich, Lieferscheindruck, Disposition im Lager für den Versand).

Mit der Lagerverwaltungssoftware kann der gesamte innerbetriebliche Materialfluss nachvollzogen werden. Als innerbetrieblicher Materialfluss werden alle in einem Unternehmen durchgeführten Warenbewegungen bezeichnet. Dazu zählen Prozesse des Wareneingangs, Ein-, Um- und Auslagerungen und Versand.

Die Aufgabe des Lagerhaltungssystems ist die Bereitstellung der Information über:<sup>47</sup>

- die aktuellen Lagerbestände,
- die gelagerten Pakete nach Dimensionen, Holzart, usw.,
- die Ab- und Zugänge und
- die Lagerkapazität.

### **4.4 Produktionsablauf**

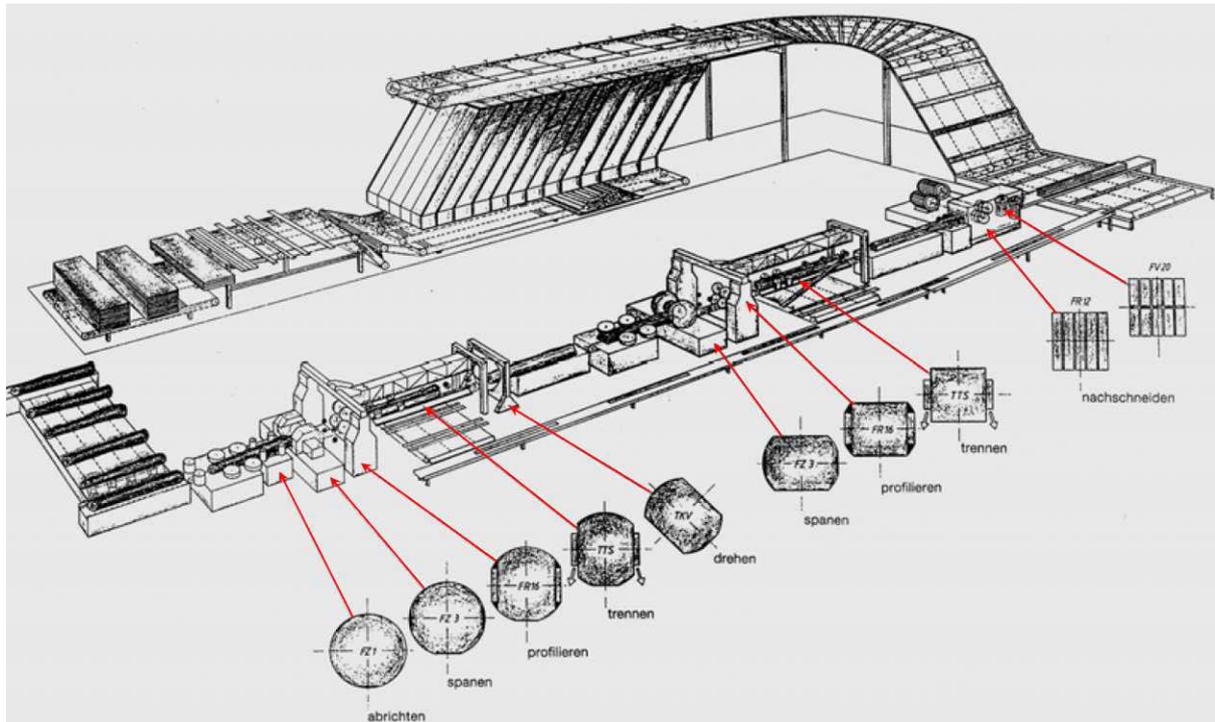
#### **4.4.1 Säge und Paketbildung**

Start für jedes Produkt, das im Unternehmen erzeugt wird, ist die Säge. Der Rohstoff Holz wird mit LKWs als Rundholz angeliefert. Nach der Anlieferung werden die Stämme entrindet, wurzelendreduziert, elektronisch vermessen und visuell qualifiziert. Auf diese Weise können die Stämme einzelnen Sortier-Boxen zugewiesen werden. Nach der Sortierung werden die Stämme aus den Boxen entnommen und für den Einschnitt zwischengelagert. Mobile Stapler bringen die Stämme zur Sägelinie und werden je nach Auftrag in verschiedenste Sortimente eingeschnitten. Im Spanereinzug wird der Stamm anhand der berechneten Daten automatisch in die richtige Lage gedreht und der Maschinengruppe, bestehend aus Profilspaner VM30, Sägeaggregat, Seperrierförderer, Wender, Profilspaner VM25 der Firma Linck und einer Doppelwellenkreissäge von der Firma EWD, zugeführt.

Die Abb. 20 ist eine schematische Darstellung der gesamten Profilspanerlinie.

---

<sup>47</sup> [vgl. Tiedtke (1998): Allgemeine BWL für Schule, Ausbildung und Beruf, S. 353]



**Abb. 20** Schematische Darstellung der Spanerlinie (IHF, BOKU WIEN)

Die Haupt- und Seitenware werden von Mitarbeitern visuell sortiert und von einem Stapelautomat zu Paketen zusammengefügt. Jedes erzeugte Paket bekommt am Ende der Sägelinie einen Paketschein. Dieser wird mittels Drucker erstellt und am Paket befestigt. Die Informationen für den Paketschein werden aus der betriebseigenen Software ausgelesen und beinhalten folgende Datenfelder:

- Paketnummer,
- Produktionsmitarbeiter der den Paketschein erstellt hat,
- Artikelbezeichnung,
- Dimension,
- Anzahl Stück,
- Auftragsnummer und
- Kundenname (nur bei Profilholz).

#### 4.4.2 Trockenkammer

Nach dem Produktionsprozess Säge hat das Holz eine Holzfeuchte von ca. 50%. Ein Stapler bringt die sägerauhen und nassen Bretter entweder in die Trockenkammer oder sie werden auf einem Lagerplatz zwischengelagert.

Für die Herstellung der Profilbretter benötigt die Rohware einen Feuchtigkeitsgehalt von ca. 15%. Zur Erfüllung der Anforderungen wird die frische Rohware in den betriebseigenen

Trockenkammern technisch getrocknet. In den Trockenkammern wird ein künstliches Klima erzeugt, damit die Holzfeuchte schonend aus dem Holz entweichen kann. In der Regel herrschen in der Kammer Temperaturen von 70 bis 90 °C. Der Trocknungsprozess dauert, je nach Holzart, Dimensionen und äußeren Bedingungen, bis zu 10 Tage. Um eine möglichst gleichmäßige Belüftung während der Trocknungsphase zu schaffen, werden lagenweise Stapellatten eingelegt. Die Stapellatten werden quer zur Längsachse der Bretter eingelegt und sollen den Brettern während der Trocknungsphase zu einem festen Verband verhelfen. Diese Funktion kann nur dann erfüllt werden, wenn die Stapellatten genau übereinander angeordnet sind. Weiters soll dadurch verhindert werden, dass sich die Bretter werfen, verziehen und vor allem biegen.<sup>48</sup> Die Abb. 21 zeigt ein solches Paket.



**Abb. 21:** Holzpaket mit Einleger (PABST-HOLZ)

#### 4.4.3 Paketfluss

Wenn der Trocknungsprozess abgeschlossen ist, werden die Schnittholzpakete mittels Stapler entnommen und für die weiteren Verwendungszwecke vorbereitet. Die folgende Abbildung zeigt die Auslagerung eines getrockneten Schnittholzpakets aus einer Trockenkammer.



**Abb. 22:** Auslagerung aus einer Trockenkammer (PABST-HOLZ)

<sup>48</sup> [vgl. Trübswetter (2006): Holz Trocknung, S. 42ff]

Bretter, die zur Weiterverarbeitung nicht geeignet sind, werden aussortiert. Im Gegensatz zu den nassen Paketen besitzen die getrockneten und sortierten Pakete keine Stapleinlagen mehr. Durch das Entfernen der Einleger gibt es keine Änderungen der Dimensionen, jedoch ändert sich die Anzahl der Bretter pro Schnittholzpaket und somit die Laufmeter pro Paket. Am Ende der Sortierung werden die Bretter zu neuen Paketen zusammengefügt und ein neuer Paketschein muss ausgestellt werden.

Der neu ausgestellte Paketschein beinhaltet folgende Datenfelder:

- Paketnummer,
- Produktionsmitarbeiter der den Paketschein erstellt hat,
- Artikelbezeichnung,
- Dimension,
- Anzahl Stück,
- Auftragsnummer und
- Kundenname (nur bei Profilholz).

Der neu ausgestellte Paketschein (PE-Folie) wird auf dem fertigen Paket angebracht. In der Regel werden zwei Paketscheine pro Paket appliziert. Ein Paketschein wird auf der Stirnseite und der zweite Paketschein auf der Längsseite angebracht. Als Befestigungsmedium für die Paketscheine werden Reißnägel verwendet. Die Abb. 23 zeigt getrocknete Pakete mit Paketscheinen an der Stirnseite.



**Abb. 23:** Getrocknete Holzpakete (PABST-HOLZ)

Grundsätzlich gibt es für jedes Produkt verschiedene Dimensionen und Qualitätsanforderungen. Durch die Vielzahl an unterschiedlichen Rohmaterialien, ist ein Zwischenlagern des Rohmaterials erforderlich.

Es besteht daher die Möglichkeit Schnittholzpakete im Werk 3, das als Pufferlager dient, einzulagern. Dadurch soll gewährleistet werden, dass immer genug Rohware für den nächsten Verarbeitungsschritt der Produktionsstätten zur Verfügung steht.

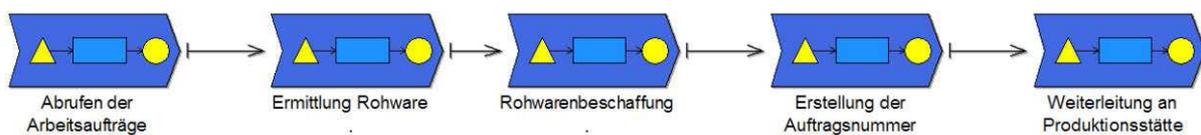
#### 4.4.4 Arbeitsvorbereitung

Jede Produktionsstätte besitzt ein sogenanntes Wareneingangslager. Dort wird die Rohware für die Produktion eingelagert und je nach Auftrag entnommen. In der Regel wird in den Wareneingangslagern nur soviel Rohware zwischengelagert, wie in 2 Produktionsschichten verarbeitet wird.

Für jeden Produktionsstandort gibt es Mitarbeiter, die sogenannten Arbeitsvorbereiter, die die Aufträge nach ihrer Wichtigkeit, wie zum Beispiel Liefertermin, Pressenauslastung [BSH-Werk], Menge, Rüstzeit, Rohstoffverfügbarkeit usw., einteilen.

Die Arbeitsvorbereiter ermitteln dabei die Menge an Rohware, die für die Produktion eines Arbeitsauftrags vorhanden sein muss. Ist die erforderliche Menge an Rohware nicht vorhanden, wird der Arbeitsauftrag „*Rohwareanlieferung*“ den zuständigen Chauffeur des Shuttles übermittelt. Die Arbeitsanweisung erfolgt zu 90% per Telefon.

Je nach Bedarf und Auftrag wird demzufolge Rohware mittels Shuttle zu den einzelnen Produktionsstandorten angeliefert. Die Abb. 24 zeigt das Prozessmodell der Arbeitsvorbereitung für die Herstellung von Profilholz.



**Abb. 24:** Prozessmodell Arbeitsvorbereitung (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.4.5 Produktionsablauf im Profilholzwerk

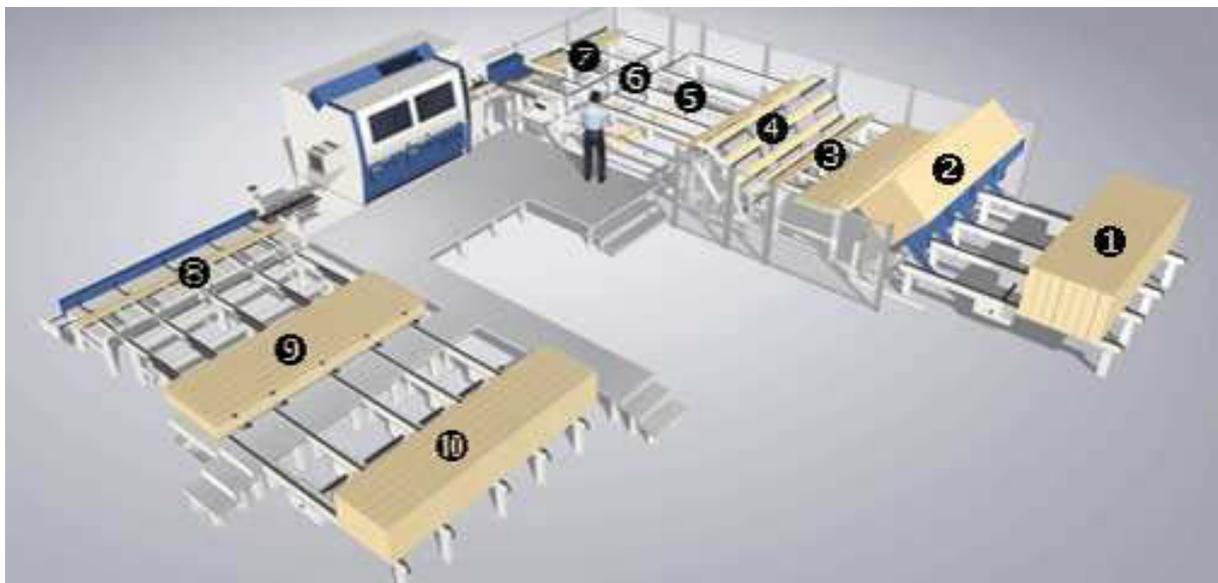
Im Kapitel 4.4 wurden jene Arbeitsschritte beschrieben, die der Profilholzproduktion vorgelagert sind. Nach der Anlieferung der Rohware, dem Einschnitt, der Trocknung, der Sortierung und der Anlieferung der Rohware für die Produktion beginnt der eigentliche Prozess - der Prozess für die Fertigung von Profilbrettern.

Grundlage für die Herstellung der Profilbretter ist die Rohware. In der Regel werden die Holzpakete mit den betriebseigenen Shuttles angeliefert und im Lager „*Rohware*“ zwischengelagert.

Je nach Produktionsauftrag wird die ausgewählte und getrocknete Rohware mit einem Stapler in die Produktionshalle angeliefert, um die Hobelinie damit zu bestücken. Im Anschluss werden der Paketscheine entnommen, gescannt und aus dem Lagerhaltungssystem ausgebucht.

Bevor die Bretter in den Hobelautomaten gelangen, wird eine visuelle Sortierung durch einen Mitarbeiter durchgeführt. Dieser sortiert Bretter aus, die für die Produktion nicht geeignet sind. Die sogenannte „Ausschussware“ wird zu Paketen zusammengefügt und zu B-Hoblern (betriebseigene Bezeichnung) weiterverarbeitet. Damit die Ausschussware auch im LVS aufscheint, wird für jedes Ausschusspaket ein neuer Paketschein erzeugt und auf die Pakete appliziert. Anschließend transportiert ein Stapler die neuen Pakete in ein Zwischenlager. Zur Weiterverarbeitung wird die Ausschussware mittels Shuttle in das Werk 1-Ost gebracht.

Grundsätzlich läuft die gesamte Fertigung der Profilbretter vollautomatisch ab und beinhaltet folgende Aktivitäten und Anlagen:



**Abb. 25:** Automatische Hobellinie (WEINIG AG)

- **Stapelquerförderer:** zum Bereitstellen bzw. Puffern der Rohstapel in Querrichtung
- **Schrägentapelung:** zum lagenweisen Entstapeln der Rohware
- **Kettenquerförderer:** zum Quertransport von sägerauhen Brettern
- **Sortierwippe:** zur manuellen Qualitätssortierung
- **Flachmagazin mit Beschleuniger:** zum kontinuierlichen Beschicken
- **Hobelvorgang:** zur Längsbearbeitung der Ware um ein Profil zu erzeugen
- **Scannvorgang:** zur Fehlererkennung nach dem Hobelvorgang
- **Qualitätskontrolle:** zur Einteilung der Profilware in Qualitätsklassen
- **Universeller Stapelautomat:** zum kontinuierlichen Stapeln von Werkstücken
- **Stapel-Querförderer:** zum Puffern der Fertigstapel in Querrichtung
- **Verpackung:** zum Schutz der Ware auf dem Transportweg

Nach der Verpackung erfolgt die Etikettierung. Am Computer-Terminal wird der Produktionsauftrag durch einen Mitarbeiter abgerufen, gegebenenfalls Änderungen vorgenommen und anschließend für jedes erzeugte Paket einen Paketschein ausgedruckt. Dieser beinhaltet folgende Punkte:

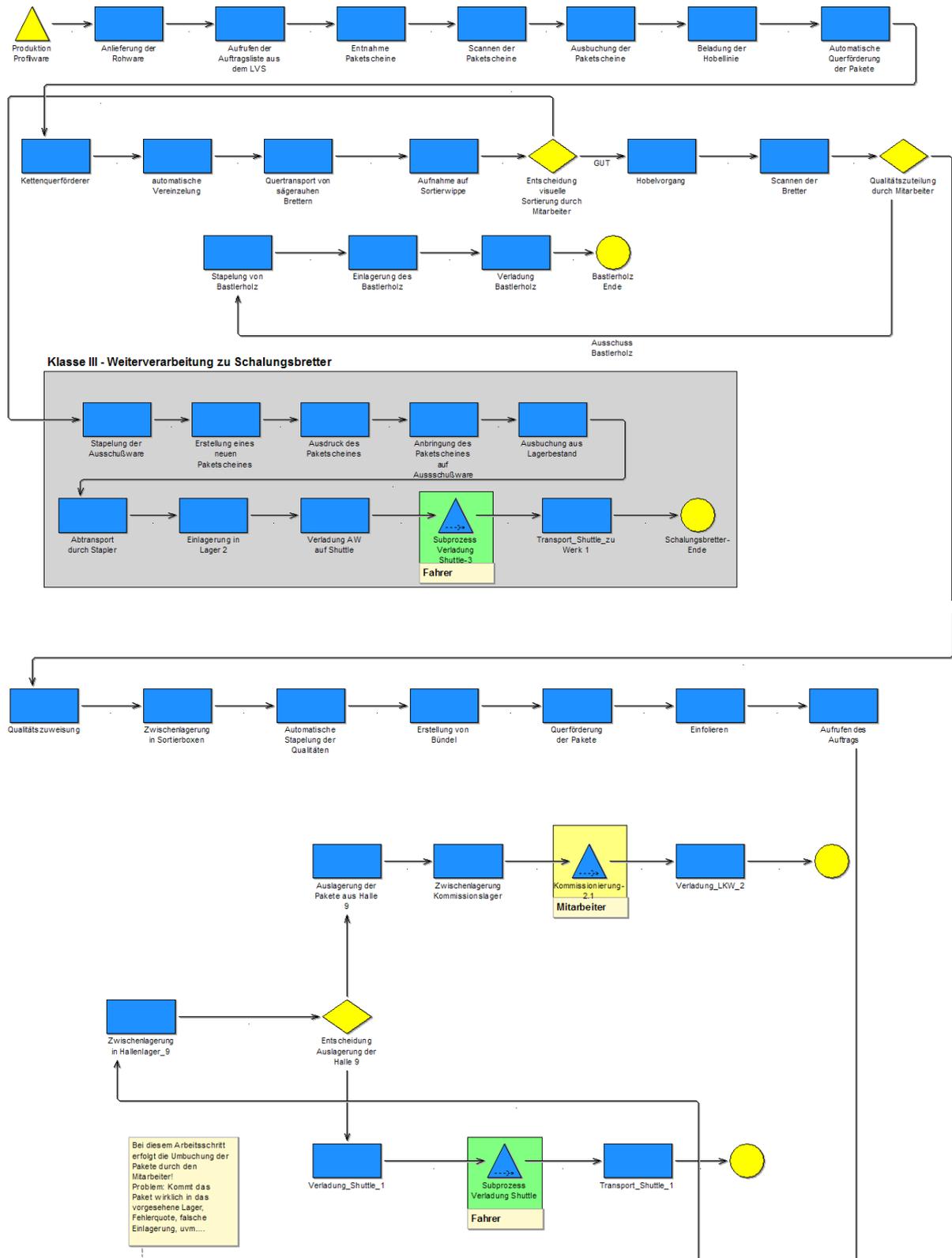
- Paketnummer,
- Erstellungsdatum,
- Produktionsmitarbeiter der den Paketschein erstellt hat,
- Artikelbezeichnung (z.B. Profilware),
- Holzart (z.B. Fichte),
- Dimension (z.B. 15 mm x 119 mm x 4 m),
- Anzahl Stück (z.B. 200)
- Veredlung (z.B. Profil C, gebündelt zu 5 Stk.),
- Kundenauftragsnummer und
- Kundenname.

Nach Erstellung des neuen Paketscheines werden die Pakete kommissioniert und verladen oder Lagern zugewiesen und eingelagert. Die Abb. 26 zeigt die Produktion im PHW.



**Abb. 26:** Produktion PHW (PABST HOLZ)

Die Abb. 27 ist das Ergebnis der Modellierung des PHW. Die Modellierung beginnt mit der Anlieferung der Rohware. Nach der visuellen Sortierung durch einen Mitarbeiter, ist der Hobelvorgang. Die Ausschussware wird zu Schalungsbrettern weiterverarbeitet. Nach dem Hobelvorgang erfolgt die Qualitätszuweisung. Die unterschiedlichen Qualitäten werden automatisch gestapelt und zu Paketen zusammengefügt. Anschließend werden die fertigen Pakete verpackt und ein Paketschein appliziert. Anschließend werden die Pakete je nach Auftrag und Verwendung einem Lager zugewiesen. Die Verladung und Einlagerung der Pakete erfolgt mittels Stapler.



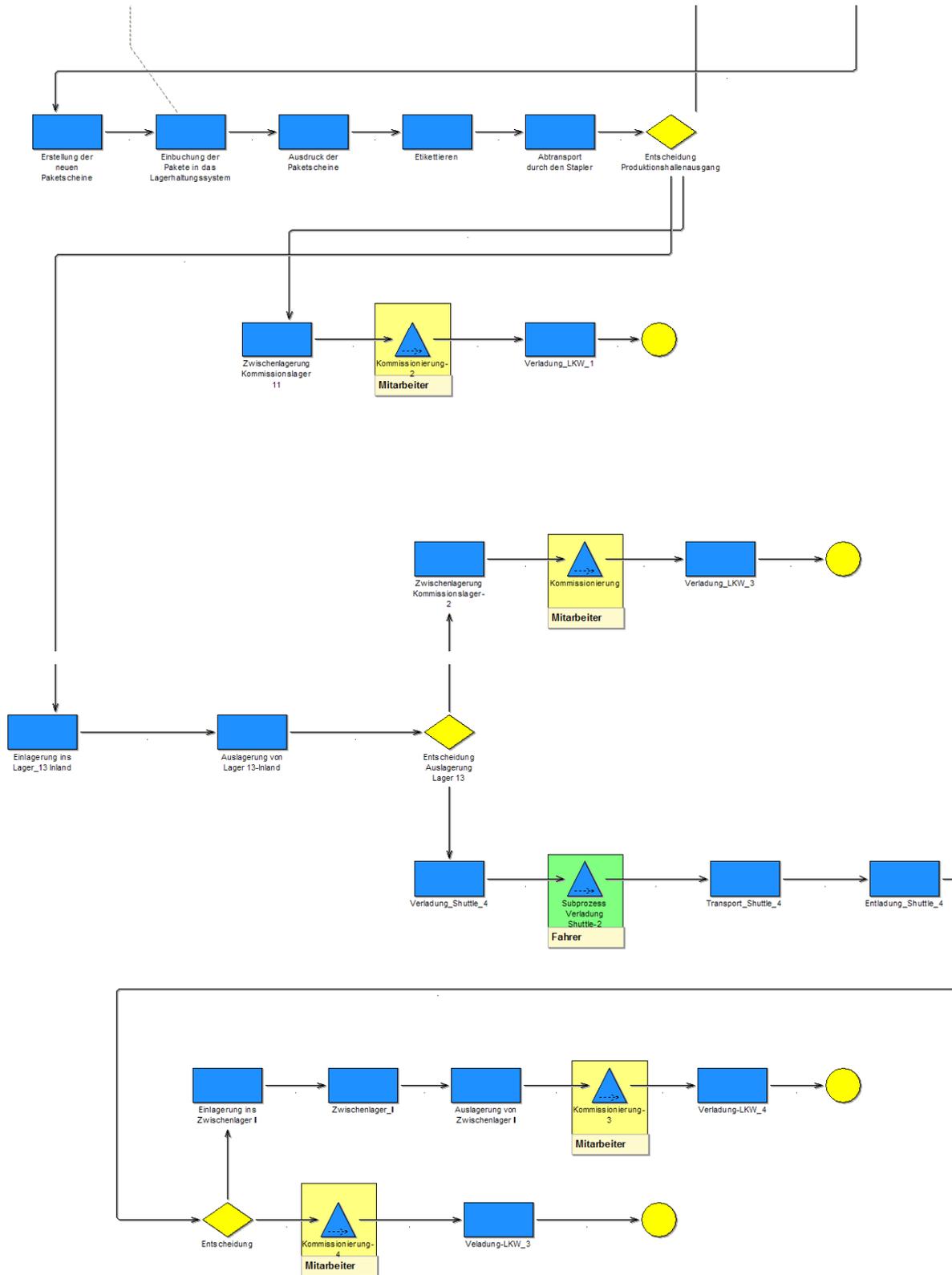
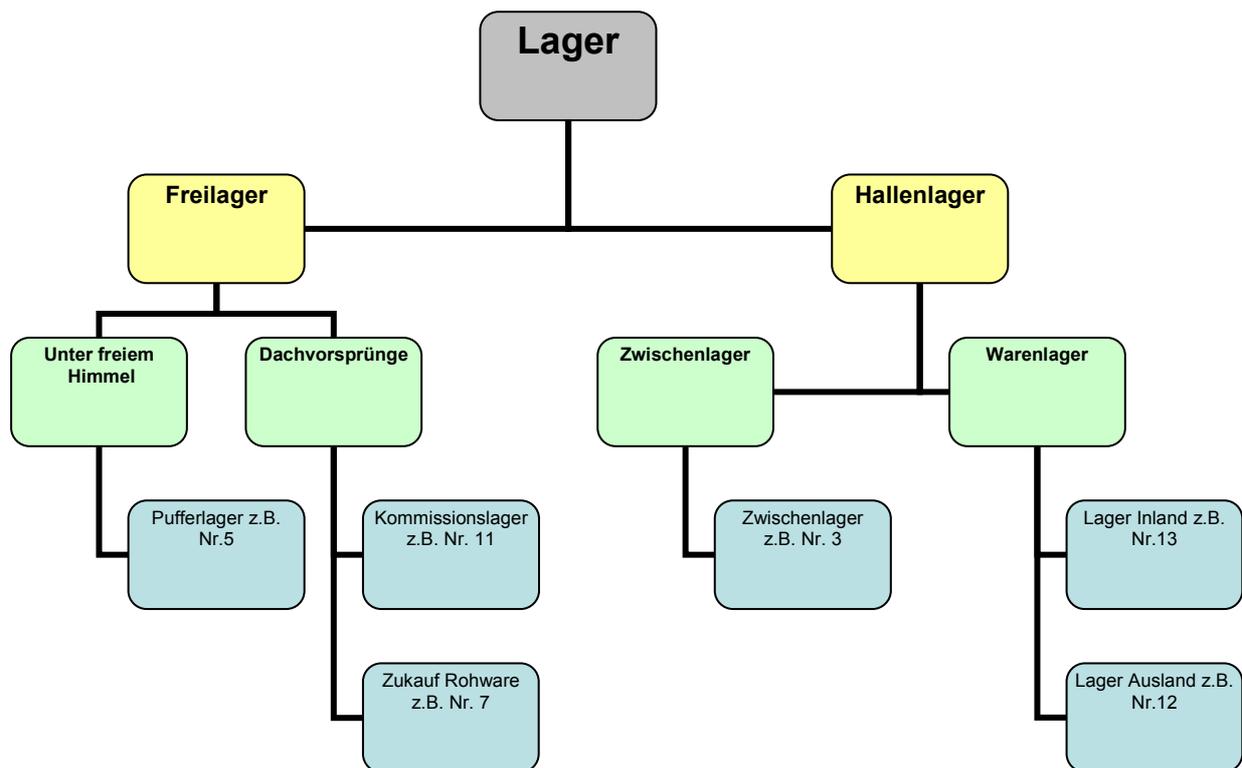


Abb. 27: Modellierung Profilholzwerk IST-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG)

## 4.5 Lagerübersicht

Die Abb. 28 ist eine Übersichtskarte vom Werk 2 mit all den Lagerplätzen, die sich auf dem Betriebsgelände befinden. Die Produktionshalle für die Fertigung der Profilbretter ist mit einem **P** gekennzeichnet. Die Lagerhallen und Lagerplätze werden in zwei Kategorien unterteilt:



Quelle: (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Darstellung gibt einen Überblick über die Lagervarianten die am Werk 2 zur Verfügung stehen. Grundsätzlich wird zwischen *Frei-* und *Hallenlagern* unterscheiden. Bei der Kategorie *Freilager* werden wiederum zwischen Lagerplätzen unter freiem Himmel und Lagermöglichkeiten unter den Dachvorsprünge um die Lagerhallen (als Freilager) unterteilt.

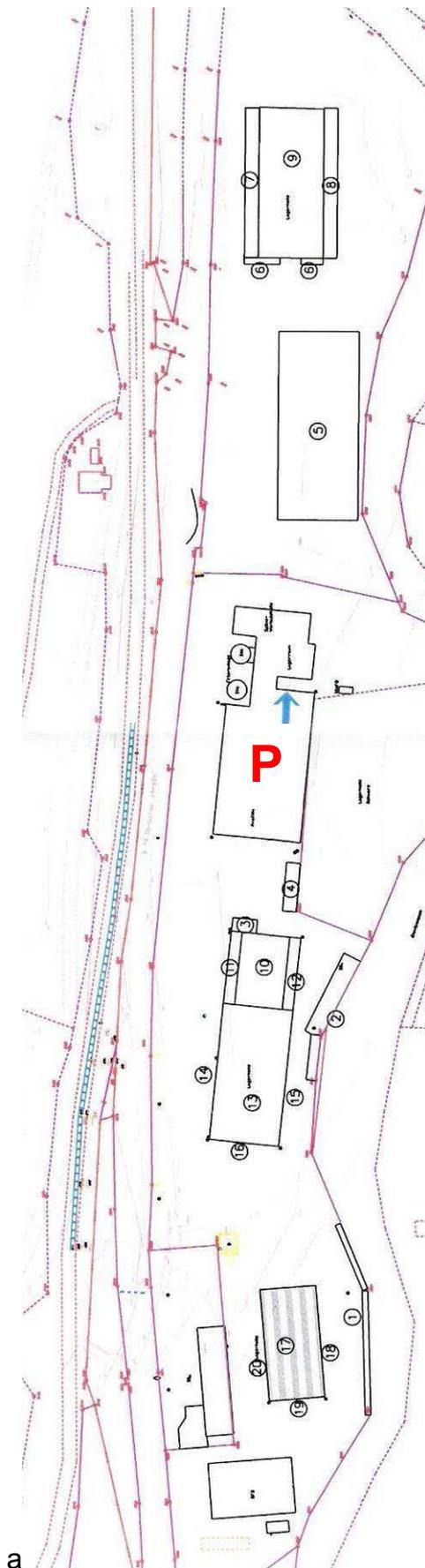


Abb. 28: Übersicht Werk 2 (PABST HOLZ)

Die Tabelle 5 beinhaltet die Lagerkapazitäten, die im Werk 2 zur Verfügung stehen. Angegeben wird die maximale Holzmenge in cbm (Kubikmeter), die pro Lagerplatz eingelagert werden kann.

**Tabelle 5:** Lagerkapazitäten

<b>Lagerkapazitäten Werk 2</b>				
<b>Lager</b>		<b>Größe</b>		
<b>Nr.</b>	<b>Art</b>	<b>Kapazität pro Lagerplatz</b>	<b>cbm</b>	<b>Funktion</b>
1	F	14 Boxen a 2 LKW	1.456	Rohware
2	F	7 Boxen a 2 LKW	728	Rohware
3	Ü	2 Boxen a 2 LKW	208	Kommissionierung
4	F	3 Boxen a 2 LKW	312	
5	F	14 Boxen a 1,5 LKW, 5 Boxen a 5 LKW	2.392	Zwischenlager
6	Ü	5 Boxen a 1 LKW	260	
7	Ü	11 Boxen a 2 LKW	1.144	Rohware Zukauf
8	Ü	11 Boxen a 2 LKW	1.144	Rohware Zukauf
9	H	11 Boxen a 3 LKW, 11 Boxen a 3,5 LKW	4.118	Fertige Ware
10	H	12 Boxen	1.144	Produktion
11	Ü	6 Boxen a 2 LKW	624	Kommissionierung
12	Ü	6 Boxen a 2 LKW	624	
13	H	10 Reihen a 7 Boxen a 12 HPak	2.016	Lager Inland
14	F	9 Boxen a 1 LKW	468	Kommissionierung
15	F	11 Boxen a 2 LKW	1.144	
16	F	5 Boxen a 3 LKW	780	
17	H	8 Reihen a 8 Boxen a 10 HPak	1.534	Lager Export
18	Ü	10 Boxen a 1,5 LKW	780	
19	F	4 Boxen a 3 LKW	624	
20	Ü	10 Boxen a 2 LKW	1.040	
		<b>max. Lagermenge</b>	<b>22.540</b>	

F = Freilager  
 Ü = Überdachung  
 H = Hallelager

Quelle: IN ANLEHNUNG AN STEINKELLNER (2010)

Grundsätzlich gibt es für ein fertiges Paket drei verschiedene Lagermöglichkeiten:

- Zwischenlagerung in Halle 9,
- Zwischenlagerung im Kommissionslager 11 oder
- Einlagerung in das Lager 13.

#### **4.5.1 Zwischenlagerung in Halle 9**

Die Halle 9 dient in erster Linie als Pufferlager für Standardware. Entweder kommen die Pakete nach der Auslagerung in das Kommissionslager und werden anschließend von einem Mitarbeiter kommissioniert und zur Verladung frei geben, oder die Pakete werden auf eines der Shuttles verladen und zu einem Verladeplatz transportiert. In beiden Fällen erfolgt die Auslagerung der Ware auftragsbezogen, d.h. es wird die entsprechende Menge an Paketen ausgelagert, die vom Kunden angefordert wird.

#### **4.5.2 Kommissionslager**

Da täglich eine Vielzahl von Kundenaufträgen bearbeitet wird, besteht die Möglichkeit die Pakete je nach Kundenauftrag zusammenzufügen und in entsprechenden Lagerzonen zu befördern. Für diesen Zweck gibt es am Betriebsgelände eigens ausgewiesene Kommissionslagerplätze, wie z.B. Lager 11 und Lager 14. Anschließend werden die einzelnen Teilladungen kommissioniert und verladen.

#### **4.5.3 Einlagerung in Halle 13**

Ware, die für den Inlandsmarkt bestimmt ist, wird grundsätzlich in der Halle 13 eingelagert. Bevor die Ware in das Lager gebracht wird, muss sie nach der Produktion am PC-Terminal dem Lager zugewiesen werden. Im Lager 13 besteht die Möglichkeit, die Ware in Regalen zu lagern. Auftragsbezogen werden die Pakete in das Kommissionslager gebracht, durchlaufen den Kommissionierungsprozess und werden verladen. Bei Sammelbestellungen werden die Pakete mittels Shuttle zu den jeweiligen Verladezonen transportiert und vor Ort kommissioniert.

## 4.6 Geschäftsprozessmodellierung

Die Software ADONIS ist ein Geschäftsprozessmodellierungs-Werkzeug, das von der BOC Information Technologies Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Universität Wien entwickelt wurde. Unternehmensprozessmodelle dienen zur Darstellung von z.B. Produktionsprozessen und sollen einen Gesamtüberblick über die dort stattfindenden Abläufe mit den bestehenden Querverbindungen geben.

Die grafische Darstellung des Produktionsablaufs kann für die Geschäftsführung, Führungskräfte und Mitarbeiter positive Effekte für die Zusammenarbeit hervorrufen und ein besseres Verständnis des Produktionsablaufes bringen.<sup>49</sup>

Das Anforderungsprofil für die RFID-Implementierung bezieht sich in erster Linie nur auf das PHW (Profilholzwerk) am Standort Obdach. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Geschäftsprozesse der gesamten Wertschöpfungskette Profilholzherstellung beschrieben, damit eine erfolgreiche Installierung von RFID gewährleistet werden kann.

Um den Produktionsablauf des PHW vollständig darzustellen, wurden die einzelnen Arbeitsschritte, Subprozesse und die entstehenden Nebenflüsse, wie Pellets- und Alpenspanproduktion, in die Modellierung mit aufgenommen.

Die gesamten Arbeitsschritte, die der Produktion von Profilbrettern vorgelagert sind, wie zum Beispiel Rundholzanlieferung, Entrindung, die gesamte Sägelinie, Trocknung des Schnittholzes, Transport der Rohware zu den einzelnen Produktionsstätten, wurden in der Modellierung nicht berücksichtigt. Es ist natürlich möglich, die gesamte Wertschöpfungskette mit allen Zwischenschritten zu modellieren, jedoch würde dies das Ausmaß der Arbeit sprengen.

### Modellierungselemente

In Folge werden die einzelnen Objekttypen, die in der Modellierung des Profilholzwerkes vorkommen, beschrieben.

Der Ausgangspunkt für die Modellierung ist mit einem  (Prozess Start) gekennzeichnet.

Die einzelnen Arbeitsschritte (Aktivität) werden mit einem  abgebildet. Jede Aktivität im Geschäftsmodell bekommt dieses Symbol, wie zum Beispiel: „Anlieferung der Rohware“.

Dieses Symbol  dient zur Darstellung von Entscheidungen wie zum Beispiel: „Entscheidung Auslagerung aus Lager 13“.

<sup>49</sup> [vgl. Gadatsch (2001): Management von Geschäftsprozessen, S. 90]

Das Objekt  beschreibt das Ende des Geschäftsprozesses. Es besitzt mindestens einen Vorgänger aber keinen Nachfolger. Ein Prozessende ist zum Beispiel: „Ware auf LKW verladen“.

Dieses Symbol  hat im Modell mehrere Funktionen. Grundsätzlich beschreibt das Symbol einen Subprozess. Subprozesse können komplexere Prozesse übersichtlicher gestalten und gleiche Abfolgen können mehrfach abgerufen werden. Bei der Modellierung des Profilholtzwerkes „Ist-Situation“ gibt es drei solcher Subprozesse mit folgendem Inhalt:

- Überwachung,
- Kommissionierung und
- Verladung Shuttle.

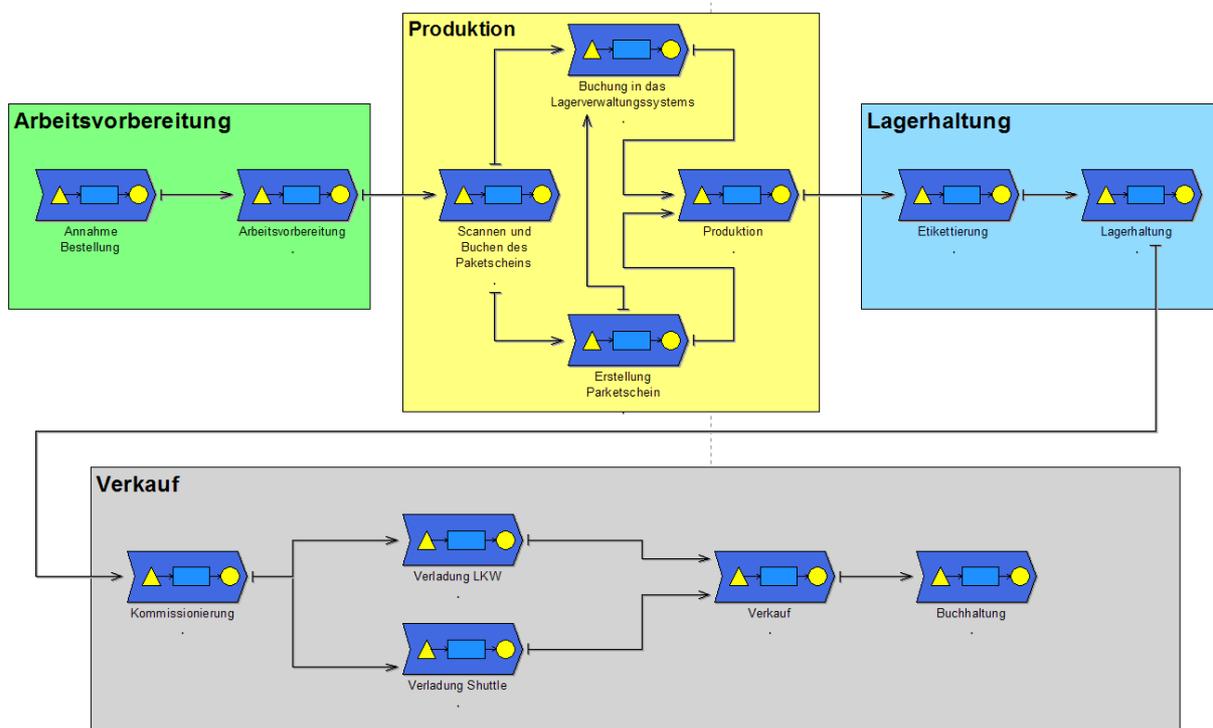
Jeder dieser Subprozesse besteht wiederum aus einem Anfang, Aktivitäten, wenn nötig aus Entscheidungen und einem Ende.

Das Objekt  kennzeichnet den Ablauf des Geschäftsprozesses. Mit diesem Konnektor werden der Prozessstart, Aktivitäten, Entscheidungen Subprozesse und Prozessende miteinander verbunden.

## 4.7 IST- Konzept Profilholzwerk

Ziel des Ist-Konzeptes „Profilholzwerk“ ist es, die Ablauforganisation der Rohstoffanlieferung, Produktion, Verladung und Kommissionierung im Unternehmen darzustellen. Die Ablauforganisation der einzelnen Arbeitsschritte wurde durch mehrere Expertenbefragungen und Besichtigungen des Profilholzwerkes erhoben und für die Modellierung herangezogen.

Die Abb. 29 zeigt die Prozesslandkarte für das Ist-Konzept. Die Prozesslandkarte stellt die oberste Ebene der Geschäftsprozesse dar. Sie zeigt die Zusammenhänge aller wichtigen Prozesse und zugehöriger Subprozesse der Modellierung für das Profilholzwerk. Diese Prozesse sind in der Prozesslandkarte als Pfeile mit Bezeichnung dargestellt. Weiters hat eine Prozesslandkarte die Aufgabe, eine Prozesshierarchie der Geschäftsprozesse eines Unternehmens abzubilden.<sup>50</sup>



**Abb. 29:** Prozesslandkarte Ist-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG)

<sup>50</sup> [vgl. Schmelzer und Sesselmann (2003): Geschäftsprozessmanagement in der Praxis, S. 55]

### 4.7.1 Annahme der Bestellung

Der Arbeitsprozess „Bestellungsannahme“ läuft wie folgt ab.

Die Bestellung wird von Mitarbeitern in der Verwaltung angenommen. Dies erfolgt entweder per Telefon oder per E-Mail. Danach werden die Kundendaten aufgerufen. Ist der Kunde nicht in der Kundenkartei erfasst, wird eine neue Kundendatei angelegt. Der nächste Schritt besteht darin, alle Artikel, laut Bestellung, aus der Datenbank zu suchen und ein Angebot zu erstellen. Wenn der Kunde den Auftrag bestätigt, wird eine Produktionsnummer erstellt und an die jeweiligen Arbeitsvorbereiter der einzelnen Werke versendet. Dies erfolgt üblicherweise per Faxnachricht.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die zuvor beschriebenen Arbeitsschritte.

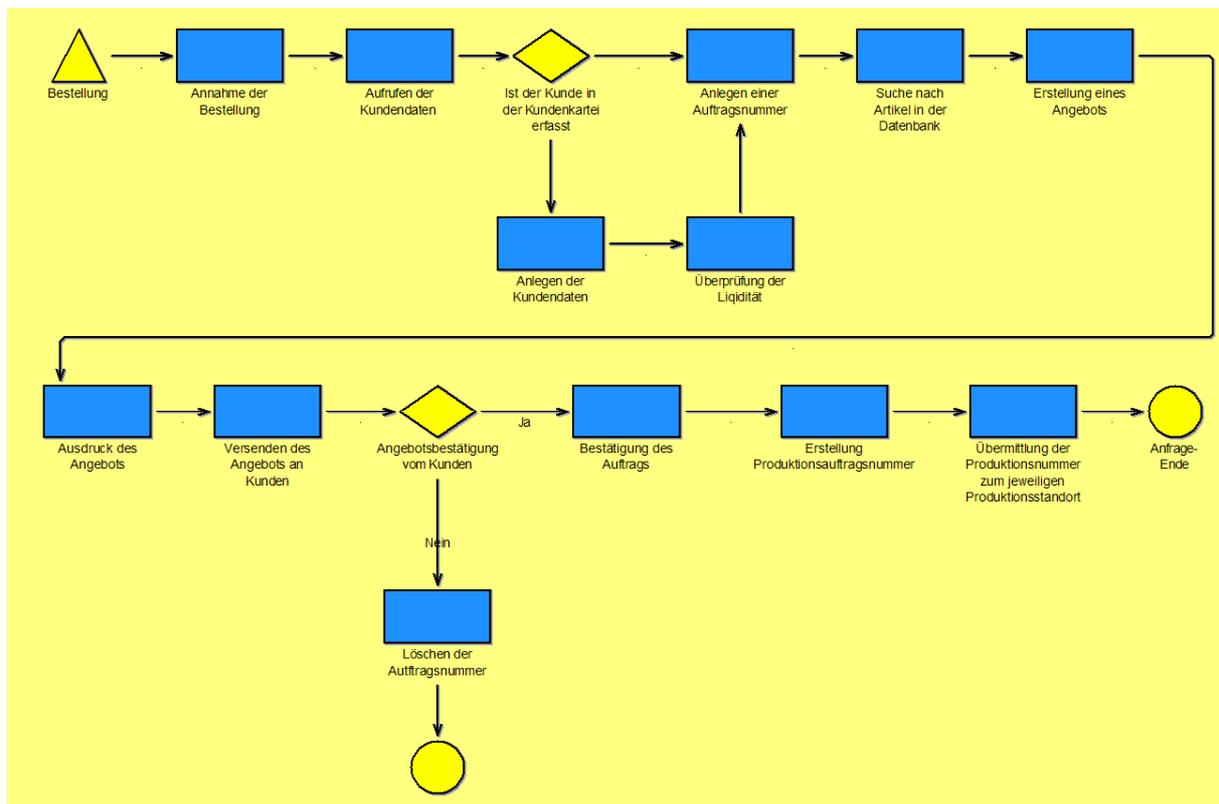


Abb. 30: Annahme Bestellung (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.7.2 Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereiter der einzelnen Werke sind für Abarbeitung (Produktion) der Aufträge verantwortlich. Der erste Schritt der Arbeitsvorbereiter besteht darin, die Arbeitsaufträge abzurufen und nach ihrer Wichtigkeit wie beispielsweise Liefertermin, Produktionsmenge, Umrüstzeit u.ä. einzuteilen. Damit die Einteilung der Produktion erfolgen kann, ist der aktuelle Lagerbestand der Rohware zu ermitteln. Dies erfolgt dadurch, dass der Arbeitsvorbereiter

jeden Tag die Lagerplätze auf Menge, Dimension und Lagerplatz der Rohware überprüft. Dieser Arbeitsschritt erfordert sehr viel Zeit auf Grund der räumlichen Entfernung der Rohware zum Verwaltungsgebäude. Sobald die Menge der Rohware erhoben wurde, erfolgt die Einteilung des Produktionsauftrages. Der Arbeitsauftrag wird ausgedruckt und an den Schichtleiter übermittelt.

Die Abb. 31 veranschaulicht die Arbeitsschritte für die Arbeitsvorbereitung.

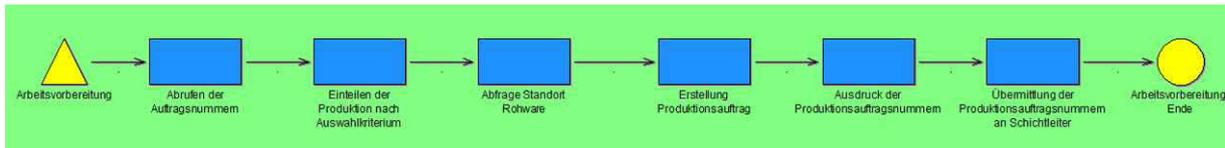


Abb. 31: Arbeitsvorbereitung (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.7.3 Produktion

Nach den Arbeitsprozessen „Annahme Bestellung“ und „Arbeitsvorbereitung“ erfolgt die Produktion.

Der erste Schritt besteht darin, die Rohware aus dem Lager für den Produktionsauftrag bereitzustellen. Die Auswahl der Rohware erfolgt nach den Vorgaben des Arbeitsvorbereiters. Nach der Anlieferung der Rohware in die Produktionshalle werden die Paketscheine entnommen. Die Paketscheine werden am PC-Terminal, der sich in der Produktionshalle befindet, eingescannt und aus dem Lagerverwaltungsprogramm ausgebucht. Somit ist das Paket nicht mehr einem Lager, sondern der Produktion zugeordnet. Nachdem die Pakete der Produktion zugeordnet wurden, erfolgt die Produktion. Nach dem Hobelprozess werden die Profilbretter automatisch gebündelt, zu Paketen zusammengefügt und mit einer Transportfolie umhüllt.

Der nächste Arbeitsschritt ist die Erstellung eines neuen Paketscheines. Dafür muss ein Mitarbeiter den Produktionsauftrag am PC-Terminal aufrufen. Weiters wird das fertige Paket einem Lager zugewiesen, der Paketschein ausgedruckt und auf das Paket appliziert.

Durch die Erstellung eines neuen Paketscheines und der Zuweisung in ein Lager, wird das Lagerverwaltungsprogramm aktualisiert.

Die Abb. 32 veranschaulicht die beschriebenen Arbeitsschritte.

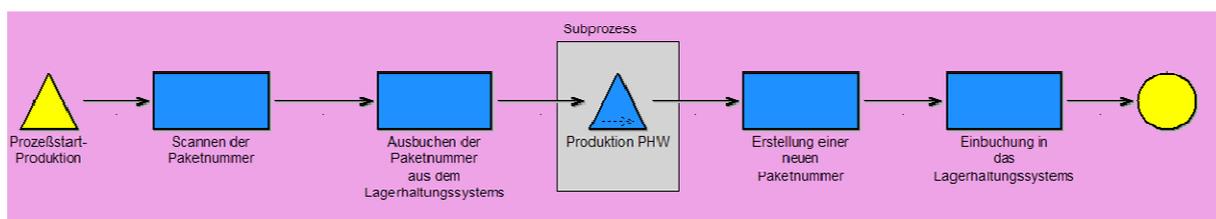


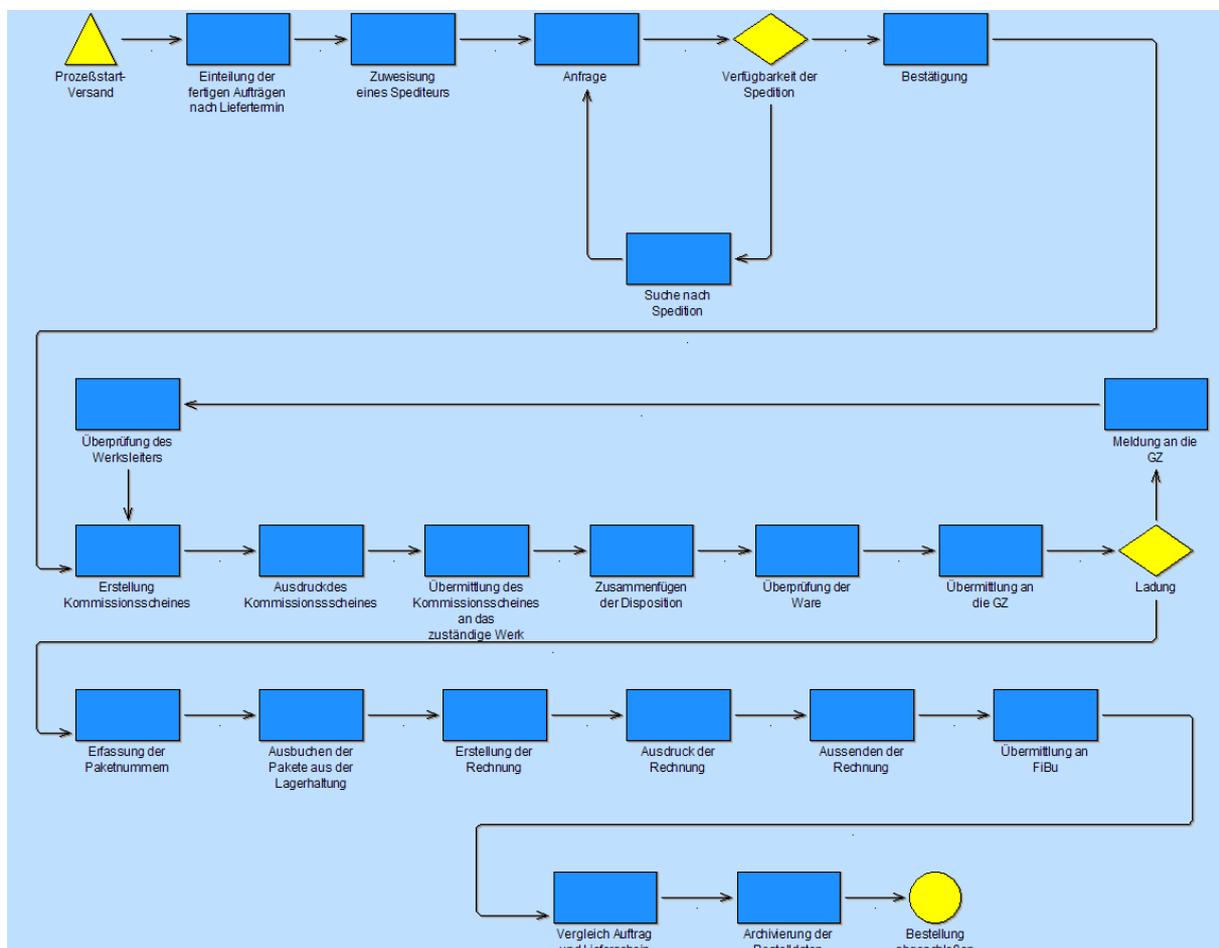
Abb. 32: Arbeitsprozess Produktion (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.7.4 Versand und Kommissionierung

Nach der Produktion und Einlagerung der Pakete erfolgt der Verkauf. Die Verkaufsabteilung erstellt eine Auftragsliste nach abgeschlossenen Produktionsnummern und der Wichtigkeit von Lieferungen. Durch die Zuweisung bzw. Ausstellung der Paketscheine in der Produktion, ist es der Verkaufsabteilung möglich die produzierte Menge aus der betriebseigenen Software zu ermitteln.

Für jede Lieferung wird ein Spediteur beauftragt. Grundlage für den Kommissionierungsprozess sind die Kommissionsscheine. Sobald die Zusage des Spediteurs eingelangt ist, werden die Kommissionsscheine an die jeweiligen Werke ausgesendet.

Die folgende Abbildung zeigt die einzelnen Arbeitsschritte die für den Versand notwendig sind.

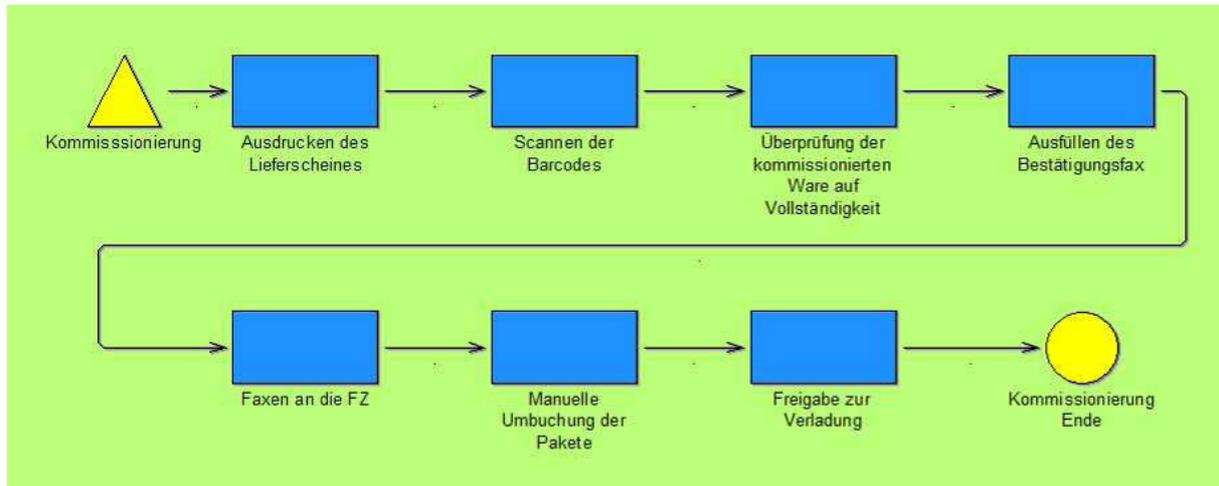


**Abb. 33:** Arbeitsschritte Versand (EIGENE DARSTELLUNG)

Der Kommissionierungsprozess hat die Aufgabe, für jeden Auftrag Teilmengen kundenindividuell aus einer Grundgesamtheit zusammenzustellen.<sup>51</sup> Ziel eines Kommissionierungssystems ist es, versandbereite Lieferungen (Lieferpartien) herzustellen. Um eine Lieferpartie herzustellen, ist ein Kommissionsschein erforderlich. Diese werden mittels Faxnachricht an

<sup>51</sup> [vgl. Pulverich und Schietinger (2009): Handbuch Kommissionierung, S.17]

die zuständigen Werke versendet. Nach der Übermittlung der Kommissionsscheine überprüft ein zuständiger Mitarbeiter die versandbereiten Ladungen auf ihre Vollständigkeit. Dabei werden die Paketnummern erfasst, überprüft und in das Bestätigungsformular eingetragen. Anschließend wird das Formular an die Verwaltung gefaxt, manuell aus dem Lagerverwaltungssystem ausgebucht, ein Lieferschein bzw. Rechnung erstellt und zur Verladung frei gegeben.



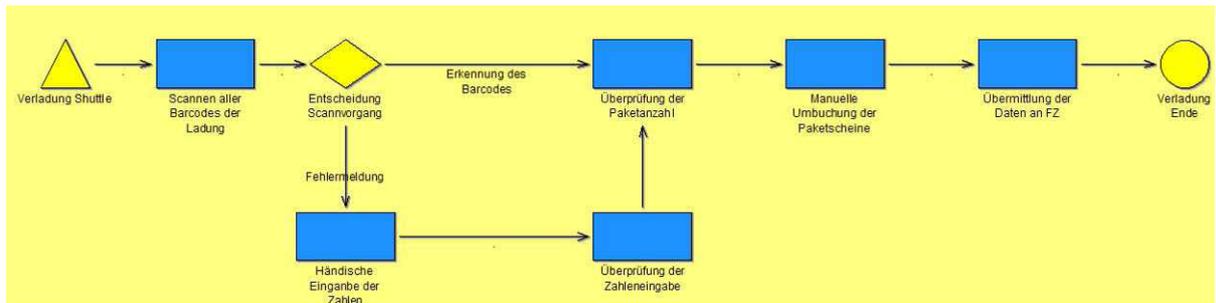
**Abb. 34:** Kommissionierung (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.7.5 Verladung Shuttle

Wie schon in den vorigen Kapiteln erwähnt, befördern die betriebseigenen Shuttles eine Vielzahl an Paketen zwischen den Standorten. Damit die Anzahl der Pakete im Lager mit dem Lagerverwaltungsprogramm übereinstimmt, muss jedes beförderte Pakete um- oder ausgebucht werden. Dies erfordert einen sehr großen Aufwand. Der erste Arbeitsschritt ist es den Barcode, der sich auf dem Paketschein befindet, mit einem Handscanner zu scannen. Vereinzelt kann es vorkommen, dass der Scannvorgang durch äußere Einflüsse wie Reflexion durch Sonneneinstrahlung oder Beschädigung des Strichcodes das Scannen beeinträchtigt und das Einlesen des Codes nicht möglich ist. Tritt der Fall ein, dass der Code nicht gelesen werden kann, muss die Zahlenkombination händisch in das mobile Lesegerät eingegeben werden. In diesem Zusammenhang kann es zu Fehleingaben der Mitarbeiter kommen und somit werden der Lagerbestand und der Aufbewahrungsort der Pakete verfälscht.

Anschließend wird die Anzahl der Pakete überprüft, manuell in das künftige Lager umgebucht und die Daten an die Firmenzentrale übermittelt.

Die Abb. 35 zeigt die einzelnen Arbeitsschritte, die bei der Beladung eines Shuttles notwendig sind.

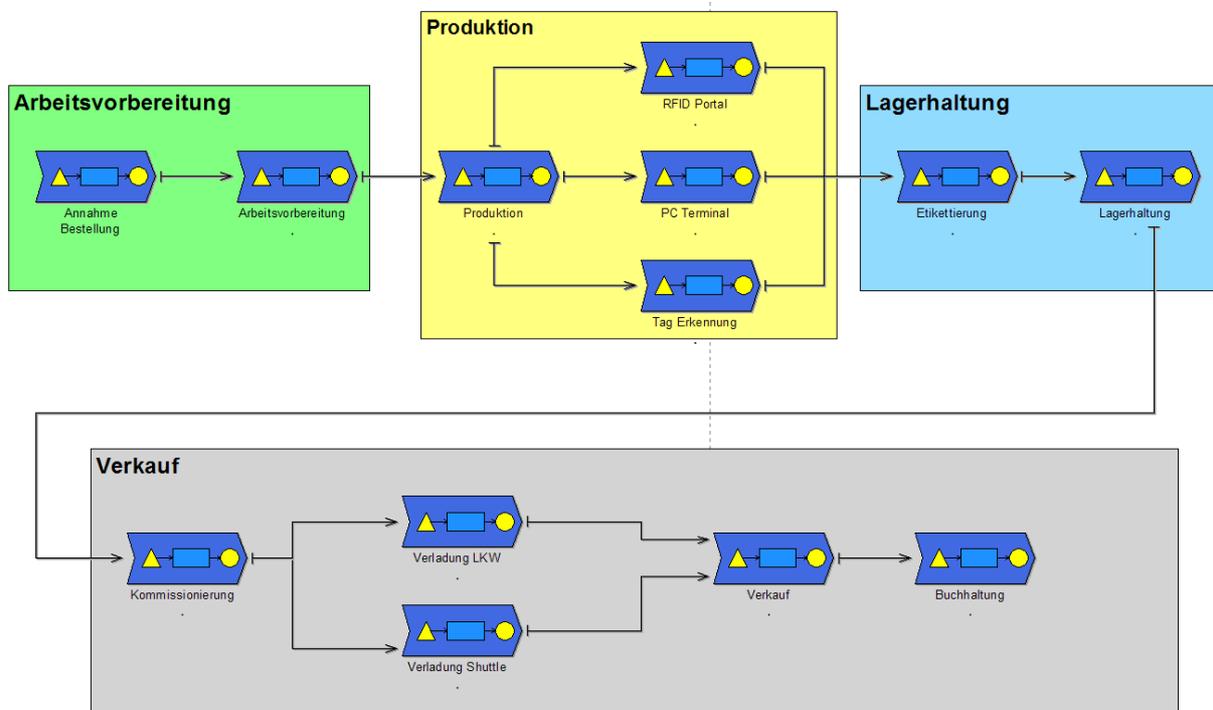


**Abb. 35:** Verladung Shuttle (EIGENE DARSTELLUNG)

## 4.8 Soll-Konzept für den RFID Einsatz

Ziel des Soll-Konzepts „Profilholzwerk“ ist es, die Ablauforganisation der Rohstoffanlieferung, Produktion, Verladung und Kommissionierung im Unternehmen mit RFID Unterstützung darzustellen. Die Ablauforganisation der einzelnen Arbeitsschritte aus der Ist-Analyse wird als Ausgangsbasis für die Konzeption des Soll-Konzepts herangezogen.

Die Abb. 36 zeigt die Prozesslandkarte für das Soll-Konzept. Die Prozesslandkarte zeigt die Zusammenhänge aller wichtigen Prozesse und zugehöriger Subprozesse der Modellierung für das Profilholzwerk. Diese Prozesse sind in der Prozesslandkarte als Pfeile mit Bezeichnung dargestellt.



**Abb. 36:** Prozesslandkarte Soll-Konzept (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.8.1 Annahme der Bestellung

Im Vergleich zur Ist-Situation ergeben sich in der Soll-Situation für den Bestellvorgang, bis auf die automatische Übermittlung an die jeweiligen Produktionsstandorte, keine Unterschiede.

Die Abb. 37 zeigt die Arbeitsschritte für die Bestellung mit RFID.

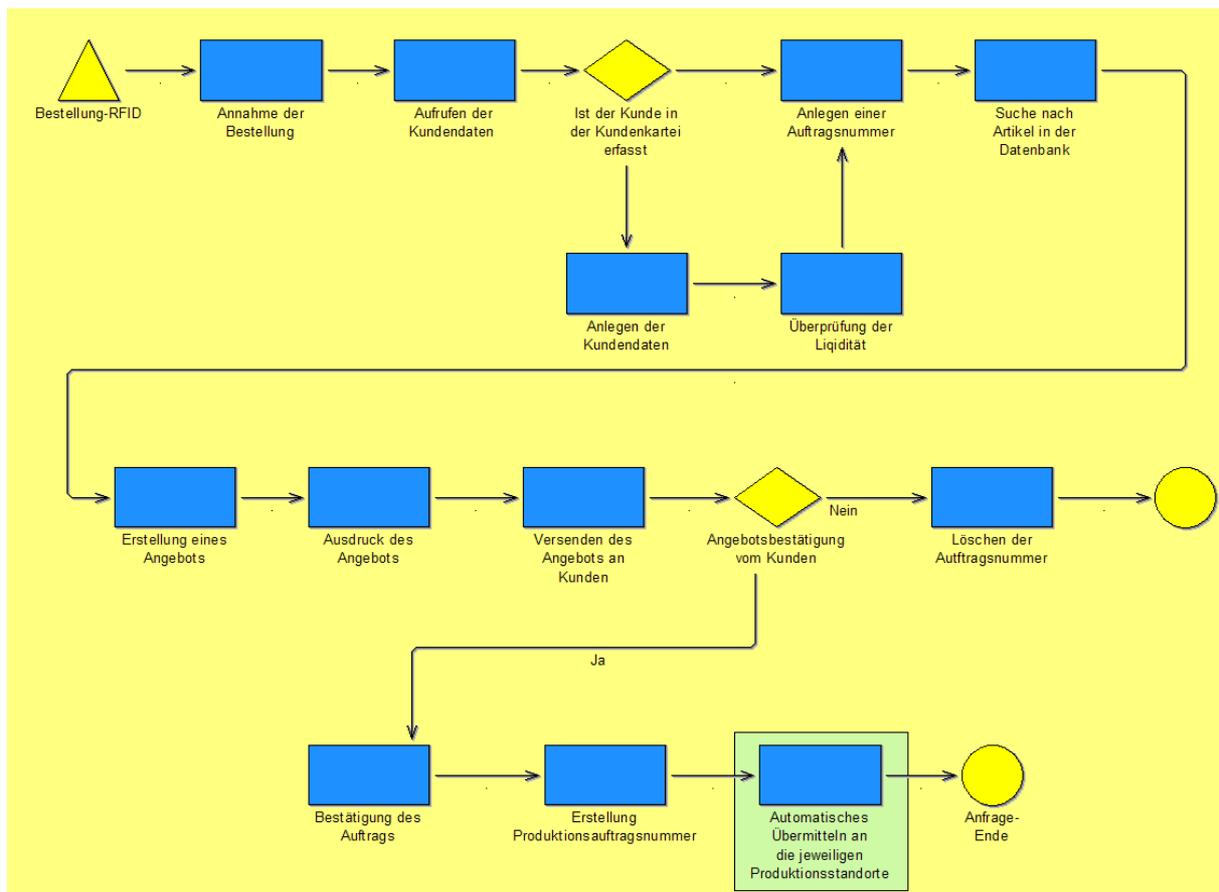


Abb. 37: Bestellung RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.8.2 Arbeitsvorbereitung

Auch bei der Arbeitsvorbereitung ergeben sich keine Unterschiede für die Prozessschritte zur Ist-Situation.

Ein großer Vorteil ergibt sich jedoch bei der Aktivität „*Abfrage Rohware*“. Durch die automatische Erkennung bei der Aus- oder Einlagerung und die damit verbundene automatische Umbuchung, ist es nicht mehr nötig den Lagerbestand vor Ort zu ermitteln. Durch die RFID-Software ist es dem Arbeitsvorbereiter möglich, den aktuellen Lagerbestand am Arbeitsplatz

zu ermitteln. Er kann sowohl die Anzahl der Pakete als auch die Kapazität der Lager vom Arbeitsplatz abrufen.

Ein weiterer Vorteil der RFID-Technologie ist, dass der Arbeitsvorbereiter eine automatische Verständigung bekommt, sobald der Lagerbestand eine Mindestpaketanzahl unterschreitet. Durch diese Eigenschaft der Software kann der Mitarbeiter schneller und effizienter Rohware anfordern.

Dies erspart dem Arbeitsvorbereiter viel Zeit und ermöglicht eine Optimierung in der Produktionsvorbereitung. Es erhöht sich zwar die Anzahl der Aktivitäten, jedoch ist nicht mit einem Mehraufwand zu rechnen. Die Arbeitsschritte die durch den Einsatz von RFID dazugekommen sind, sind in der Abb. 38 grau hinterlegt.

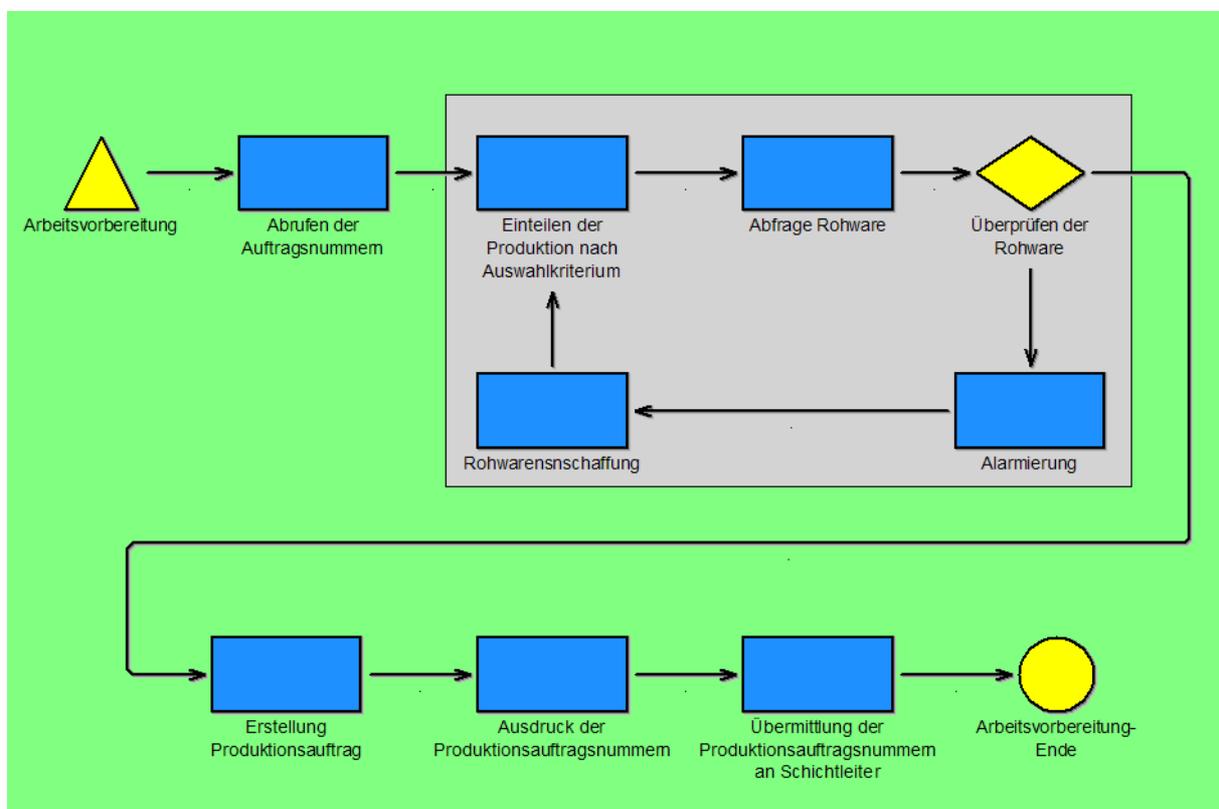


Abb. 38: Arbeitsvorbereitung RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.8.3 Produktion

Beim Produktionsprozess erfolgt die Erkennung der Rohware am Halleneingang. Die applizierten Transponder werden mittels Antennen am Halleneingang erfasst. Sobald ein Gabelstapler Rohware in die Produktionshalle befördert, erfolgt eine automatische Erkennung der Tags, das Auslesen der Daten, die Lokalisierung, die automatische Buchung und die Übermittlung an die Datenbank.

Durch den Einsatz von RFID und die damit verbundenen automatischen Erkennungen und Buchungen, entfallen nicht nur manuelle Arbeitsschritte für Mitarbeiter, sondern es kann auch der Echtzeitlagerbestand der einzelnen Lager und Produktionsstätten ermittelt werden. Weiters kann man ein sicheres und unverfälschtes Input-Output-Verhältnis ermitteln, um die Ausbeute für einzelne Produkte zu berechnen, Lieferungen auf ihre Vollständigkeit prüfen, Nachlieferungen reduzieren und Fehlmengen erfassen.

Nachdem die Pakete automatisch der Produktion zugeordnet wurden, erfolgt die Produktion. Nach dem Hobelprozess werden die Profildreher automatisch gebündelt, zu Paketen zusammengefügt und mit einer Transportfolie umhüllt. Die Arbeitsschritte für die Produktion mit RFID ändern sich dadurch nicht.

Der nächste Arbeitsschritt ist die Erstellung eines neuen Paketscheines. Dafür muss ein Mitarbeiter den Produktionsauftrag am PC-Terminal aus der betriebseigenen Software aufrufen. Gegebenenfalls werden Änderungen der Daten vorgenommen, die Daten auf den Transponder gespeichert, ausgedruckt und auf das Paket appliziert. Die Übertragung, Speicherung und Änderung der Daten erfolgt mittels speziellen RFID-Druckern.

Durch die erfasste Anzahl an RFID-Tags, die die Produktionshalle verlassen und der Anzahl der ausgedruckten Etiketten, lässt sich ein Vergleich der Soll-Daten der Produktionsplanung mit den Ist-Daten sowie eine Analyse der Abweichungsursachen sehr leicht durchführen.

Sobald ein fertiges Paket die Produktionshalle verlässt, wird der Tag erfasst, die Daten ausgelesen, lokalisiert und automatisch aus dem LVS gebucht.

Sobald ein Transponder die Produktionshalle verlässt, kann das Paket entweder in ein anderes Lager befördert werden oder es wird von einem Mitarbeiter kommissioniert und verladen. Erfolgt keine erneute Erfassung eines Transponders (Einlagerung oder Kommissionierung) gibt das System einen Alarm aus. Durch diese Eigenschaft lässt sich relativ einfach Schwund vermeiden.

Weiters werden bei jeder Hallenaus- und Einfahrt die Paketdaten mit dem jeweiligen Gabelstapler verknüpft. Voraussetzung dafür ist, dass jeder Gabelstapler mit einem Transponder ausgestattet ist. Die Verknüpfung von Paket und Stapler erfolgt mit einer sogenannten „intelligenten Software“.<sup>52</sup> Anhand der gewonnenen Daten lassen sich schnell und kostengünstig die Transportwege und Transportmenge der einzelnen Stapler feststellen.

---

<sup>52</sup> [vgl. Die *intelligente RFID*-Middleware verbindet *RFID*-Datenerfassungsgeräte mit ERP-Systemen, [www.logismarket.de](http://www.logismarket.de) Abrufungsdatum: 06.05.2010]

Die Abb. 39 zeigt die Arbeitsprozesse für die Produktion von Profilholzbrettern und die Einlagerungsmöglichkeiten.

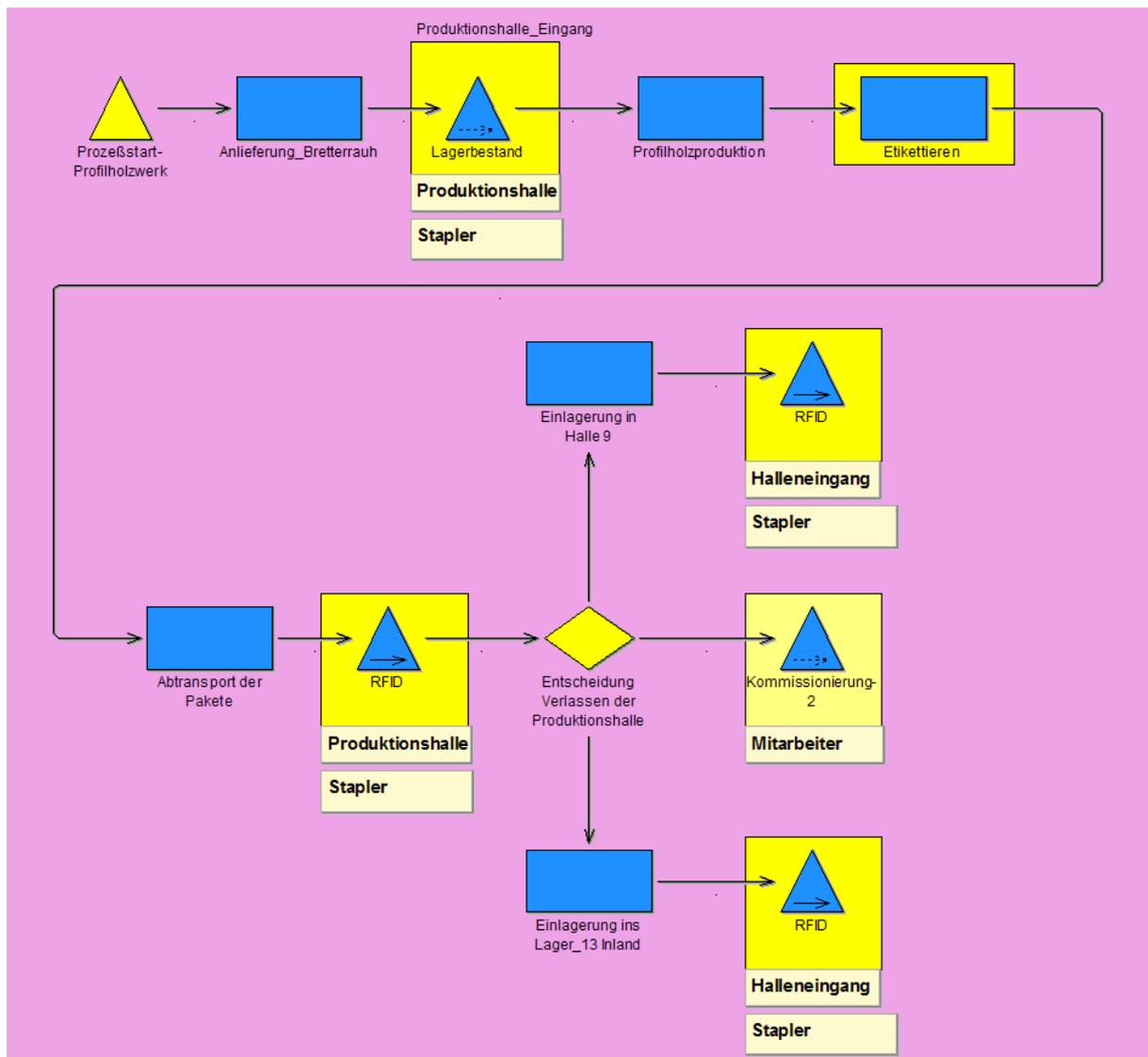


Abb. 39: Produktion RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.8.4 Tag-Erkennung

Bei jedem „Subprozess RFID“ kommt es zur automatischen Erkennung der Transponder, zum Auslesen der Daten, zur Lokalisierung, der automatischen Aus- und Umbuchung aus dem Lagerverwaltungssystem und der Aktualisierung der Datenbank. Die Arbeitsschritte des Subprozesses „Tag-Erkennung“ finden überall dort statt, wo ein Paket ein- oder ausgelagert, kommissioniert oder auf ein Shuttle verladen wird.

Die Abb. 40 zeigt die Arbeitsschritte bei der automatischen Transpondererkennung.

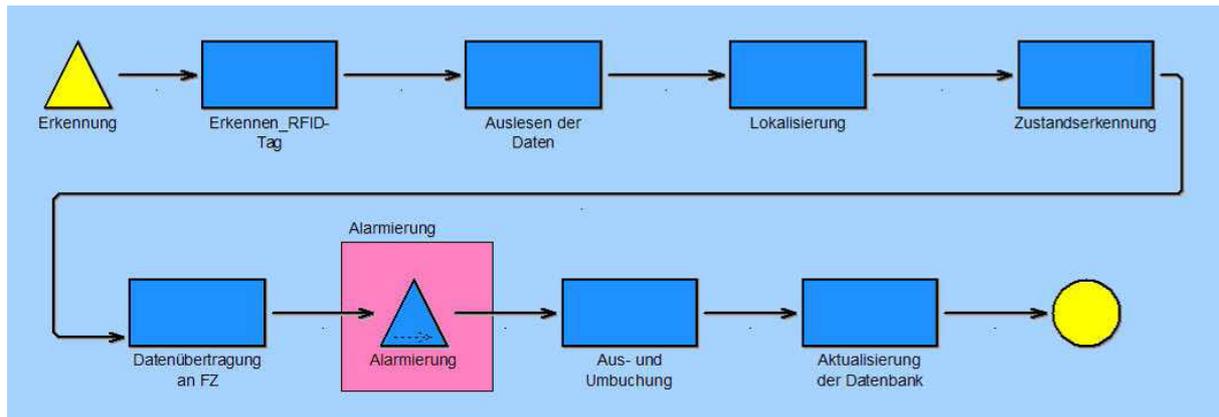


Abb. 40: Transpondererkennung RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.8.5 Ein- und Auslagerung

Bei der Ein- oder Auslagerung erfolgen wiederum dieselben Arbeitsschritte wie beim Verlassen der Produktionshalle. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Hallen in Stellplätze zu unterteilen. Hierfür werden spezielle Transponder in die Unterleger versenkt. Eine Antenne am Stapler erkennt die Transponder und kann somit Pakete einzelnen Stellplätzen zuordnen. Die Abb. 41 veranschaulicht die Arbeitsschritte, die für eine Einlagerung erforderlich sind.

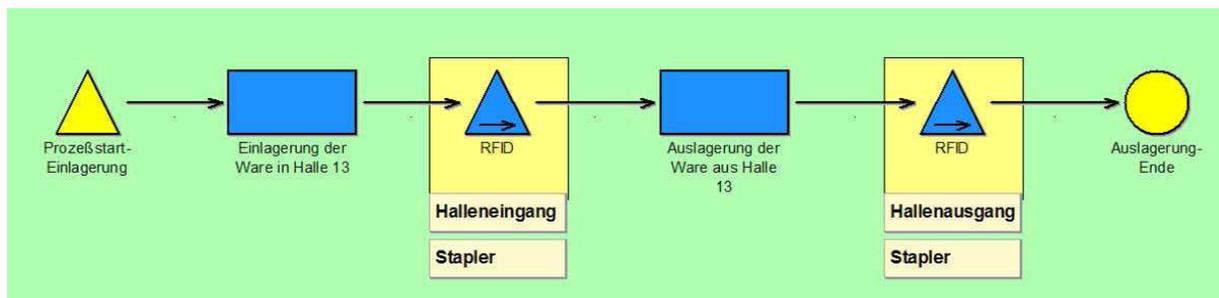


Abb. 41: Ein- und Auslagerung mit RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.8.6 Kommissionierung

Bei der Kommissionierung wird ein mobiles Lesegerät, ein sogenanntes Handheld, verwendet. Bevor die Kommissionierung durchgeführt wird, werden die einzelnen Auftragsnummern auf das Handheld heruntergeladen. Dieser Arbeitsschritt erfolgt entweder im Büro oder die Daten werden via Wlan übertragen.

Bevor mit der Kommissionierung begonnen wird, scannt der Mitarbeiter die Koordinaten des Kommissionierungsplatzes ein. Das ist notwendig, damit bei der späteren Freigabe der Ware dem Staplerfahrer der Kommissionsplatz mitgeteilt werden kann.

Nachdem der Kommissionsplatz gescannt wurde, muss sich der Mitarbeiter am Handheld registrieren. Danach werden alle Transponder mittels Handheld erfasst. Es erfolgt eine automatische Überprüfung über die Vollständigkeit der Auftragsnummer. Nach der Erfassung

bestätigt der Mitarbeiter den Arbeitsvorgang und es erfolgt eine automatische Aus- und Umbuchung aus dem Lagerverwaltungssystem. Durch die Bestätigung des Mitarbeiters wird die kommissionierte Ware zur Verladung freigegeben. Die Übermittlung der Daten an die Verkaufsabteilung erfolgt über WLAN oder stationäre Übertragungsstationen. Die Abb. 42 zeigt die Arbeitsabläufe bei einer Kommissionierung.

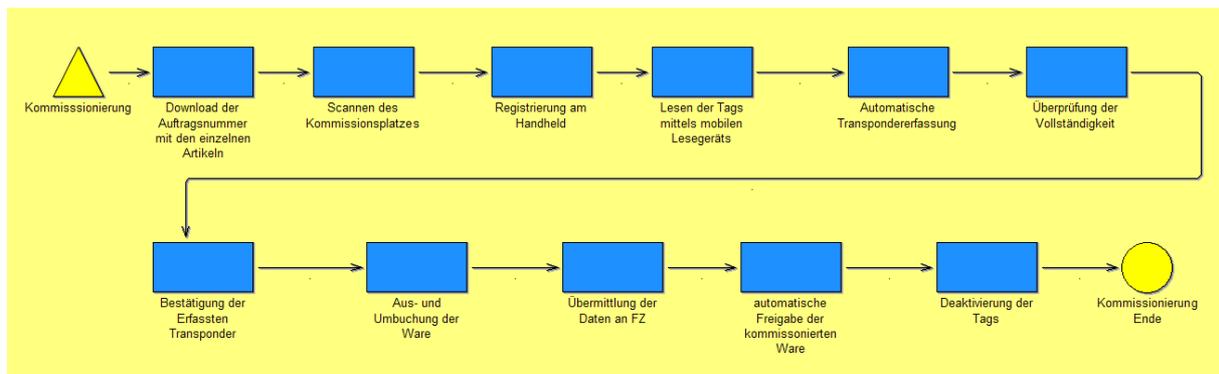


Abb. 42: Kommissionierung RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

#### 4.8.7 Verladung Shuttle

Durch die Anbringung von einem Transponder am Auflieger des Shuttles ist es möglich Verladungen zu automatisieren. Sobald Pakete auf ein Shuttle verladen werden, erfasst der Stapler den Transponder am LKW. Ein Sensor am Stapler erkennt, ob sich eine Ladung auf den Gabeln des Staplers befindet oder nicht. Nachdem die Ladung am LKW abgeladen ist, wird die Ladung dem LKW automatisch zugewiesen.

Durch die automatische Aus- und Umbuchung werden nicht nur die Fahrer entlastet, sondern es kann auch die aktuelle Ladung der Shuttles abgerufen werden. Dadurch können Tourenplanungen optimiert und Leerfahrten vermieden werden.

Die Abb. 43 zeigt die einzelnen Arbeitsschritte, die bei der einer Beladung eines Shuttles notwendig sind.

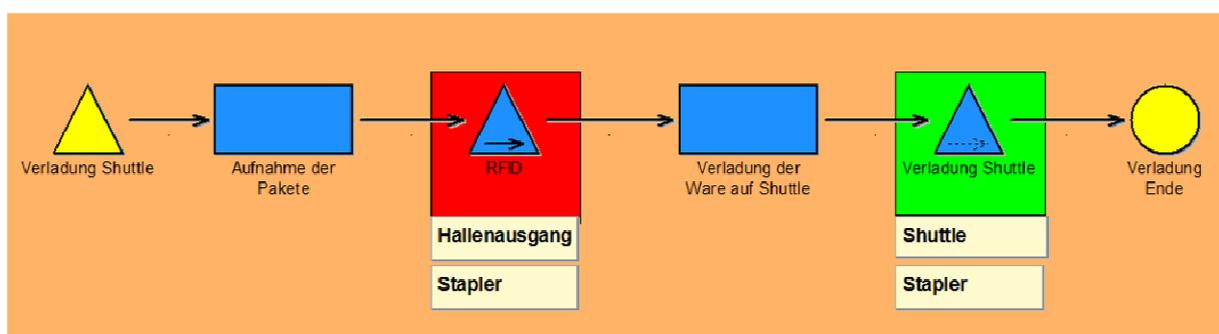


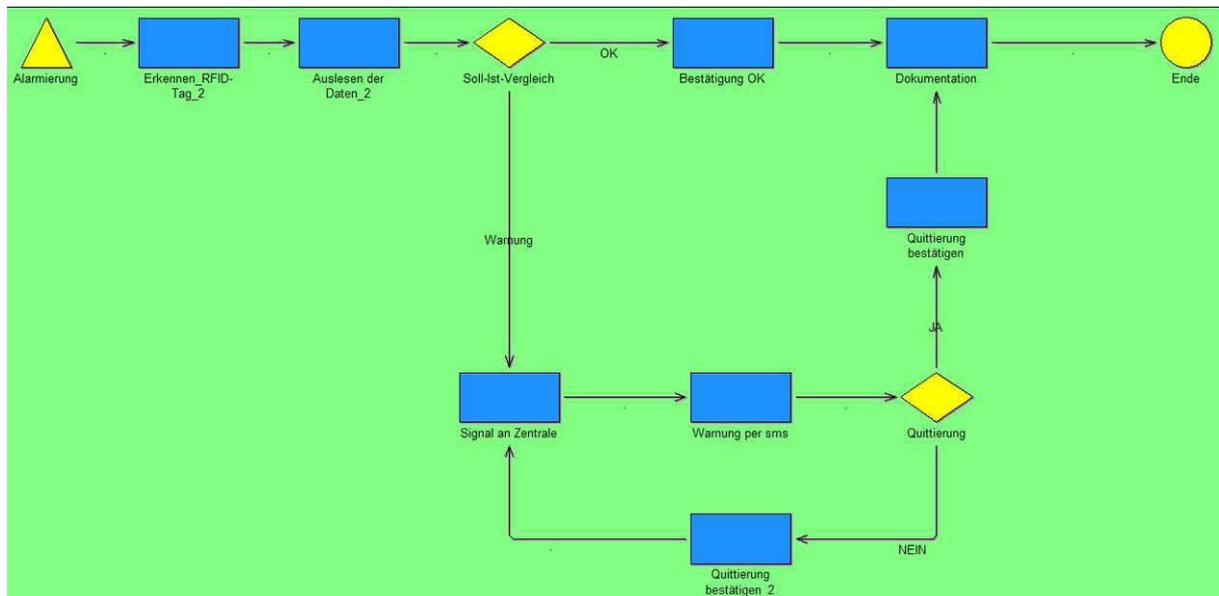
Abb. 43: Verladung Shuttle RFID (EIGENE DARSTELLUNG)

### 4.8.8 Überwachung mit RFID

Eine zusätzliche Serviceleistung die der Einsatz von RFID mit sich bringt ist, dass es eine Überwachung der Transponder und somit der Pakete gibt. Bei jeder Erkennung, ob am Halleneingang, Stapler, Stellplatz, Shuttle oder Kommissionierung erfolgt eine automatische Überprüfung der erfassten Transponder.

Durch die Überwachung von RFID besteht die Möglichkeit, bei Lagerbestandunterschreitungen eine Benachrichtigung zu erhalten. Weiters wird man auf falsche Einlagerungen hingewiesen und kann somit falsche Einlagerungen mindern. Durch die Überwachung kann die Vollständigkeit von Verladungen und Auslastungen von Bediengeräten überprüft werden.

Die Benachrichtigungen können den zuständigen Mitarbeitern per SMS zugesandt werden. Dadurch lassen sich Fehler vermeiden und Abläufe können automatisiert werden. Der Ablauf einer Alarmierung wird in der Abb. 44 gezeigt.



**Abb. 44:** RFID Alarmierung (EIGENE DARSTELLUNG)

## **5 Bewertung einer Pilotanwendung mit RFID-Unterstützung**

### **5.1 Anforderung und Ziele an das Pilotprojekt**

Um das Ziel der Realisierung zu erreichen ist es notwendig, ein funktionsfähiges Pilotprojekt zu entwickeln, damit unter realen Bedingungen die Funktionsfähigkeit des RFID-Systems getestet werden kann. Testläufe im Labor liefern zwar auch wertvolle Hinweise, sind aber nicht durch den Test im Unternehmen unter realen Umweltbedingungen zu ersetzen<sup>53</sup>.

Da gerade die Umweltbedingungen entlang der Produktionskette einen sehr großen Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Systems besitzen, ist ein Pilotprojekt unumgänglich.

Die Testphase dient dazu, die Funktionstüchtigkeit des Systems zu prüfen und die Qualitätsanforderungen und die technischen Parameter für die operative Anwendung des gesamten RFID-Systems zu evaluieren. Dabei werden vor allem die Leistungsfähigkeit des Systems und die Praktikabilität überprüft. Die Testphase soll zur Klärung der typischen Fragestellungen eines RFID-Systems dienen.

Folgende Punkte sind typische Fragestellungen, die im Rahmen der Testphase beantwortet werden müssen, um eine erfolgreiche Implementierung von RFID zu gewährleisten:

Am Anfang eines Pilotprojektes müssen die Ziele definiert werden, die mit der Technologie erreicht werden sollen. Danach ist eine gründliche Analyse der Prozesse notwendig, die mit der RFID-Technologie ausgestattet werden sollen. Sobald der Einsatzbereich definiert ist, kann mit der Suche nach der passenden RFID-Technologie begonnen werden. Für diesen Zweck ist es notwendig, die technologischen Merkmale der von Reader, Antennen, Transponder zu kennen.

Als Nächstes ist abzuklären, wo der optimale Punkt zur Anbringung des Transponders auf dem Trägerobjekt liegt.

Wenn die technologischen Fragen geklärt sind, kann eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden. Dabei sollen die mittelfristigen Einsparungen bei den einzelnen Prozessen und Ressourcen gegen die kurzfristigen Implementierungskosten gerechnet werden. Dadurch kann der voraussichtliche ROI (Return on Investment) berechnet werden.

Vor der Einführung der Technologie ist es notwendig, einen Testbetrieb im kleinen Rahmen durchzuführen. Eine wichtige Fragestellung ist die Anbindung der erfassten Daten durch

---

<sup>53</sup> [vgl. Gross (2005): Implementierung und Betrieb von integrierten RFID-Systemen, S. 32]

RFID an die betriebseigene Software. Abzuklären sind nicht nur die Kosten für die so genannten Middleware sondern auch die Installations- und Wartungskosten und welche Informationen die RFID-Middleware liefern kann. Da die Möglichkeit besteht, die Anwendungsgebiete der RFID-Technologie ständig zu erweitern, sind abschließend noch die Restriktionen zu klären, die bei der Erweiterung des Systems im Unternehmen auftreten können. Das Ergebnis des Pilotprojektes ist das Abnahmeprotokoll, das alle evaluierten Parameter enthält.

**Für die erfolgreiche Realisierung des Pilotprojekts gibt es vier Aktivitäten:**

- den Aufbau der physikalischen Infrastruktur wie Lesegeräte und Antennen.
- die Konfiguration und Inbetriebnahme der Hardware-Komponenten.
- die Implementierung der Software.
- die Inbetriebnahme des Gesamtsystems sowie den Test des Pilotprojekts.

Ziel einer Machbarkeitsstudie ist es, die Realisierungsfähigkeit eines Projektes zu überprüfen. In einer Machbarkeitsstudie soll das bisher nur grob umrissene Projekt verschiedenen genaueren Analysen unterzogen werden, um die Stärken und die Schwächen zu prüfen. Ziel des Prozesses ist eine eventuelle Modifizierung eines Projektes durchzuführen. Ein weiterer wichtiger Aspekt einer Machbarkeitsstudie ist die Distanzierung von einem Projekt, wenn sich die Umsetzung als nicht machbar erweist.

Machbarkeitsstudien sollen auch Sicherheit vermitteln. Durch eine genaue Bewertung des Projektes ist es möglich, Investoren und Nutzern eine Einschätzung der Realisierung eines Projektes zu vermitteln.

Zweck einer Machbarkeitsstudie ist es, Fehlinvestitionen zu verhindern. Weiters dient eine Machbarkeitsstudie zur Überprüfung möglicher Lösungsansätze für ein Projekt hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie werden die Lösungsansätze analysiert, Risiken identifiziert und Erfolgsaussichten abgeschätzt und der optimale Lösungsweg ermittelt.<sup>54</sup>

Ein Ziel von Machbarkeitsstudien ist es, den ermittelten Lösungsweg zu analysieren und eine Bewertung durchzuführen. Eine Machbarkeitsstudie soll weiters eine Einschätzung des technologischen Entwicklungsstands und der Einsatzmöglichkeiten zur Prozessoptimierung wiedergeben. Es sollen Entscheidungsmöglichkeiten dokumentiert und Chancen und Risiken aufgezeigt werden. Das Ergebnis einer Machbarkeitsstudie soll eine Empfehlung für eine Entscheidungsfindung abgeben.

---

<sup>54</sup> [vgl. Isendörfer (1999): Strategisches Management von Projektentwicklungsunternehmen, S 66]

*„Laut einer Studie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT und der P3 Ingenieurgesellschaft mbH, nutzen die deutschen Industrie- und Handelsunternehmen die Potenziale der RFID-Technologie bisher noch nicht aus.*

*30 Prozent der Befragten haben keine technische Machbarkeitsstudie durchgeführt, obwohl die Leistung einzelner RFID-Komponenten von verschiedenen Parametern abhängt und die Technik auch für Standardanwendungen individuell ausgewählt und angepasst werden muss.<sup>55</sup> [10.04.2008]*

---

<sup>55</sup> [Springer Fachmedien (2008): Potenzial von RFID in deutschen Unternehmen weiter ungenutzt]

## **5.2 Ziel der technischen Testmethoden**

Die technischen Testmethoden sollen die Leseigenschaften von UHF Transpondern auf unterschiedlichsten Holzprodukten untersuchen.

Dabei werden die Störeinflüsse, die die unterschiedlichsten Holzprodukte auf das Leseverhalten der Transponder hervorrufen, ermittelt. Mit den gewonnen Erkenntnissen kann ein optimales Transponderdesign erstellt werden.

Mit Hilfe der Versuchsreihen soll weiters ermittelt werden, welche Transponderbauweise für die automatische Identifikation von Schnittholzpakete, Fertigware, Alpenspan und Pellets geeignet ist und mit welchen Einschränkungen bei einer Umsetzung zu rechnen ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass sich die Transponder bei gestapelten Paketen gegenseitig möglichst wenig beeinflussen. Die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Materialien können sich positiv sowie negativ auf RFID-Komponenten auswirken. Anhand der Auswertungen kann festgestellt werden, ob Standard RFID-Komponenten zum Einsatz kommen können, oder ob es notwendig ist neue Tags für Holzprodukte zu entwickeln.

## **5.3 Material und Methode**

Im Vorfeld des Versuchs gab es ein Auswahlverfahren für die RFID-Transponder. Aufgrund der Anforderungsbedingungen und des Materials Holz fiel die Wahl auf passive UHF Transponder. Die gesamten Testobjekte und technischen Hilfsmittel wurden vom Unternehmen zur Verfügung gestellt. Das technische Equipment wie Lesekomponenten, Transpondertypen und Laptop inklusive Software wurden von der Firma TAGnology für den gesamten Testlauf bereit gestellt. Die Datenaufzeichnung erfolgte durch einen Mitarbeiter der Firma TAGnology. Damit eine Kontrolle gegeben ist, wurden die erfassten Daten zusätzlich von meiner Seite aufgezeichnet.

### **5.3.1 Material**

Für die Testreihen standen jene Produkte zur Verfügung, die im Unternehmen erzeugt werden und welche bei einer etwaigen RFID-Implementierung mit Transponder ausgestattet werden sollen.

Es wurden unterschiedlichste Holzprodukte, Holzarten, Feuchtigkeiten und Stärken in Form von Paketen bereitgestellt, um ein möglichst breites Spektrum an Ergebnissen zu erhalten.

Für die gesamte Versuchsreihe standen Schnittholzpakete, Fertigware (Profilbretter), Holzstaffeln, Pelletspaletten und Alpenspanpaletten für die Versuchszwecke zur Verfügung.

Die Tests fanden am Betriebsgelände des Werks II der Johann Pabst Holzindustrie GmbH in Obdach statt.

## Schnittholz

Die Einteilung der Schnittholzpakete erfolgt grundsätzlich in Roh- und Fertigware. Bei der Rohware handelt es sich um Pakete, die entweder nass oder getrocknet sind. Die nasse Rohware hat einen Wassergehalt von ca. 50%. Bei der nassen Rohware wird weiters zwischen gespannt und nicht gespannt unterschieden. Nach einer technischen Trocknung entspricht der Wassergehalt der Rohware nur mehr ca. 15%.

Die Unterteilung der Fertigware bezüglich Wassergehalts ist ähnlich der der Rohware. Nasse Fertigware hat ca. einen Wassergehalt von 50 % und trockene Fertigware von ca. 11 bis 15%. Einteilung der zu überprüfenden Objekte ist wie folgt:

**Tabelle 6:** Einteilung Paketware

<b>Abmessungen Standardpaketware</b>					
	<b>Rohware</b>		<b>Fertigware</b>		
	trocken	nass	trocken	nass	
<b>Länge</b>	3, 4 und 5 m	3, 4 und 5m	3, 4 und 5m	3, 4 und 5m	LKW Halb Paket
<b>Breite</b>	1,1m	1,1m	1,1m	1,1m	
<b>Höhe</b>	0,5m	0,5m	0,5m	0,5m	
<b>Länge</b>	3, 4 und 5m	3, 4 und 5m	3, 4 und 5m	3, 4 und 5m	LKW Paket
<b>Breite</b>	1,1m	1,1m	1,1m	1,1m	
<b>Höhe</b>	1,2m	1,1m	1,1m	1,2m	

EIGENE ERHEBUNG

## Alpenspanpaletten

Beim Produkt Alpspan handelt es sich um entstaubte Fichten-Hobelspäne, die frei von Spritzmitteln und chemischem Zusatz ist. Es ist ein reines Naturprodukt der Johann Pabst Holzindustrie und hat einen Wassergehalt von max. 11 %. Der Alpspan wird in 20-kg-Ballen, wasserdicht verpackt und auf Paletten zu 21 Einheiten zusammengefügt.



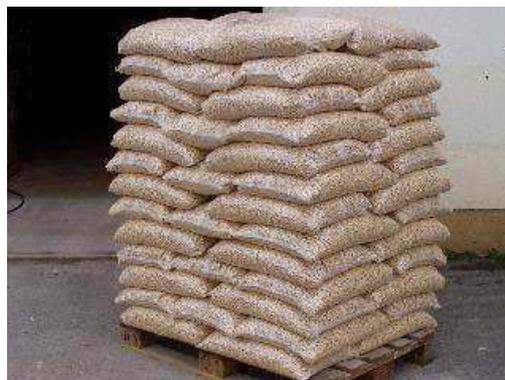
**Abb. 45:** Alpspan (PABST HOLZ)

## Pelletspalette

Als Rohstoff für die Produktion von Pellets dienen Hobel- und Sägespäne, die im Unternehmen anfallen. Die Späne werden technisch getrocknet und anschließend mit einer Matrizenpresse zu Pellets gepresst. Der Wassergehalt der Pellets beträgt max. 10 %. Die fertigen Pellets werden in großen Silos zwischengelagert.

Die Lieferung der losen Pellets erfolgt meist durch Einblasen mit einem speziellen Silofahrzeug. Die Wiegeeinrichtung am Fahrzeug dokumentiert jeden Kunden und die gelieferte Menge.

Weiters ist es auch möglich, die Holzpellets in Säcken zu je 15 kg zu beziehen. Die folgende Abbildung zeigt eine Palette mit handlichen 15 kg Säcken.



**Abb. 46:** Pelletspalette (EIGENE DARSTELLUNG)

### 5.3.2 Testequipment

Im Vorfeld wurden drei Transpondervarianten vorbereitet, die auf Grund der kleinen Abmessungen und der sehr guten Lesereichweite für die Tests spezifiziert wurden.

Die Testreihen wurden mit drei verschiedenen RFID Lesesystemen durchgeführt.

- einem UHF Portalsystem der Fa. TAGnology,
- dem Motorola FX7400 und
- einem mobilen Handscanner der Marke Psion Teklogix.

Für die gesamten Tests stellte die Firma TAGnology folgendes RFID Equipment zur Verfügung:

- Portalsystem.
- diverse mobile Lesegeräte
  - PSION Teklogix.
  - Motorola MC9090.
  - NordicID UHF Handheld.
- Motorola XR480.
- Motorola FX7400 und LongRange-Antenne AN480.
- UHF TAGScan.

#### 5.3.2.1 Transponder

Die Testobjekte weisen unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich Feuchtigkeit, Paketgröße und Veredelungsgrad auf, die das Lesefeld einschränken bzw. das Lesefeld sogar abschirmen können. Aus diesem Grund ist es erforderlich den Tag speziell auf die Eigenschaften der Materialien hin abzustimmen. Eine Möglichkeit besteht darin, die Tags außerhalb des Einflussbereiches der Produkte zu platzieren, um ein erfolgreiches Lesen zu erzielen.

Bei den Transpondern handelt es sich um Labels die sich problemlos auf den unterschiedlichen Untergrundmaterialien der Testobjekte applizieren lassen. Die Tags können geklebt oder fest mit dem Untergrund verbunden werden. Hard-Tags können einerseits geklebt oder mechanisch am Testobjekt fixiert werden und halten während der Anwendung auch besonderen Belastungen stand.

### 5.3.2.2 Tagsformate

Entscheidend für die maximale Erfassungsreichweite ist die Anbringungsart. Aus diesem Grund wurden die Tags-Formate Hard-Tag, Flap-Tag und RFID Standardklebeetiketten für die Tests ausgewählt. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick der verwendeten Tagformate.



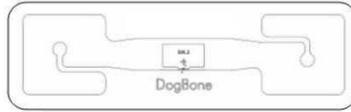
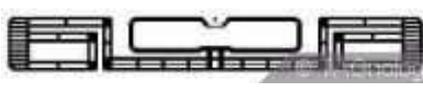
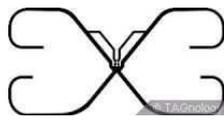
**Abb. 47:** Tagformate (TAGNOLOGY)

### 5.3.3 UHF Transpondertypen

Im folgenden Kapitel werden die Bauformen aller Labelvarianten und Hard-Tags aufgezeigt, die für die Tests eingesetzt worden sind.

In der Tabelle 7 sind alle UHF-Transponder aufgelistet, die bei den Versuchen im Einsatz waren.

Tabelle 7: Transpondertypen

<b>LABELVARIANTEN</b>	
Nr. 1	 Web
2	 Casey
3	 Symbol 4x4
4	 Alien Squiggle
5	 Alien 9654
6	 Ryparion
7	 Carrier
8	 Alien 9654
9	 Dogbone
Nr. 10	 Hammer
11	 Cruiser
12	 Spyder
13	 Probeller Thin
14	 Probeller Thick
15	 Jumping Jack
16	 Flap Tag
17	 Steelwing
18	 Pino
<b>HARD-TAGS</b>	
19	 Survivor
20	 Ironside
21	 Steelwave
22	 Steelwave Micro

## 5.3.4 Readerkomponenten

### 5.3.4.1 Antenne

Im Testlauf wurde mit Hilfe einer mobilen Long-Range Antenne die Lesereichweite und die Erfassungszuverlässigkeit der Tags ermittelt. Für die Versuche wurden nur die Readerkomponenten herangezogen. Die Readerkomponenten bestanden aus dem Symbol XR480, einer Long-Range Antenne, einem Verbindungskabel und einem Laptop mit installierter Testsoftware, um die Ergebnisse auswerten zu können.

Mit der Systemzusammenstellung wurde überprüft welcher Transponder sich für die eingesetzten Materialien am besten eignet. Durch den Vergleich der Lesereichweite der einzelnen Transponder konnte festgestellt werden, welcher Transponder sich am wenigsten durch das verwendete Material beeinflussen lässt.



**Abb. 48:** Symbol XR480 und Long-Range Antenne (TAGNOLOGY)

### 5.3.4.2 RFID Portal

Das Portal besteht aus einem robusten verzinkten Blechgehäuse, integrierten UHF Reader mit 8 Stück UHF Antennen des Herstellers Motorola. Ein Radarsensor löst die HF Endstufe bei Annäherung eines Objektes aus (Stapler, Mensch, Transportbehälter usw.). Drei integrierte Lichtschranken sorgen für eine Richtungserkennung bei einer Ein- oder Auslagerung. Der am Reader laufende "Embedded Server" verwaltet alle eingebauten Sensoren und übernimmt auch eine Filter-Funktion. Die gesamte Verkabelung sowie ein Netzteil für alle Komponenten sind im TAGportal-System verbaut.



**Abb. 49:** RFID Portal (TAGNOLOGY)

#### 5.3.4.3 RFID Handheld

Für den Test wurde ein Handheld der Marke Psion Teklogix verwendet. Dieses sehr robuste Gerät verfügt über eine eingebaute RFID-Einheit und arbeitet mit einem Windows CE Betriebssystem. Die Lesereichweiten betragen maximal 200 cm.



**Abb. 50:** Handheld (TAGNOLOGY)

## **5.4 Wahl der Experimente**

Damit eine Auswahl getroffen werden kann, welcher Transponder für die automatische Erfassung der Holzprodukte geeignet ist, wurden insgesamt 14 Versuche durchgeführt.

### **5.4.1 Testreihen**

1. Erfassung der Lesereichweite aller Transpondertypen.
2. Erfassung der Lesereichweite aller Transpondertypen mit Hilfe eines Trägermaterials.
3. Erfassung der Lesereichweite von Transpondertypen durch ein Testobjekt hindurch.
4. Erfassung der Lesereichweite von Profilware durch Transpondertypen „*Survivor*“.
5. Erfassung der Lesereichweite des Transpondertypen „*Survivor*“ durch ein Paket.
6. Erfassung der Lesereichweite des Transpondertypen „*Survivor*“ durch Holzstaffel.
7. Erfassung der Lesereichweite Profilware durch ausgewählte Transpondertypen.
8. Erfassung der Lesereichweite von Alpenspan.
9. Erfassung der Lesereichweite von Pelletspalette.
10. Erfassung der Lesereichweite von gespandelten Holzstaffeln.
11. Erfassung der Lesereichweite mittels Portalsystem.
12. Erfassung der Lesereichweite eines eingearbeiteten Transponders mittels Portal.
13. Erfassung der Lesereichweite mittels Lesegerät am Stapler.
14. Erfassung der Lesereichweite mittels Handheld.

### **5.4.2 Transponderanbringung**

Bei näherer Betrachtung der Anwendung wird ersichtlich, dass bei gespandelten Holzstaffeln, welche nicht mit einer entsprechenden Folie verpackt sind, der Platz für das Label und den Transponder auf die Maße der verwendeten Holzprodukte begrenzt ist.

Die folgenden Bilder zeigen die verschiedenen Anbringungsorten der Transponder an unterschiedlichen Objekten und Anbringungsorten:



**Abb. 51:** Tag Anbringung auf Schnittholzpaket (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Abb. 51 zeigt die Anbringung der Tags auf der Längsseite eines nassen nichtgespandelten Schnittholzpaketes. Die Anbringung erfolgt direkt auf den Brettern.



**Abb. 52:** Tag Anbringung auf Fertigware (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Abb. 52 zeigt die Anbringungsarten der Transponder auf der Verpackungsfolie der Profilware.

Nachdem die Anbringung des Transponders aufgrund der internen Prozesse festgelegt war, konnte mit den Tests begonnen werden.

### 5.4.3 Datenerhebung

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten Symbol XR480 und Long-Range Antenne wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt. Eine Kontrollleuchte am Reader Symbol XR480 zeigte die Erfassung der ausgewählten Transponder an. Wenn sich ein Transponder in der Lesereichweite der Antenne befunden hat, wurde dies durch ein grünes Licht am Reader angezeigt. Sobald die Kontrollleuchte am Reader erloschen ist, war die Erkennung der Transponder nicht mehr möglich da sich der Transponder außerhalb der Lesereichweite befand.

Die Lesereichweite ist die maximale Distanz über die eine Kommunikation zwischen der Antenne eines Lese-/Schreibgeräts und einem Transponder effektiv ausgeführt werden kann. Zusätzlich wurde das Lesen der Transponder mit Hilfe einer Software unterstützt, um die Lesereichweite, Lesegeschwindigkeit und Erfassungsgenauigkeit auch in elektronischer Form zu dokumentieren. Die Lesereichweite und der Abstand vom Testobjekt zur Antenne, wurden mit einem Messband erhoben und in Zentimeter angegeben.

Zur Datenerhebung waren folgende Komponenten notwendig:

- Testobjekt,
- Transponder,
- Lesekomponenten,
- Laptop und Software und
- Messband.

Die Systeme protokollieren die gelesenen Objekte, welche zuvor mit RFID Transpondern gekennzeichnet wurden. Die Testdurchläufe wurden mit einer Testsoftware erfasst, um ein Protokoll der Lesereichweiten zu erstellen.

Die gewonnen Daten werden in erster Linie dafür verwendet, um ein funktionsfähiges und speziell auf das Unternehmen ausgerichtetes RFID-Gesamtlösungskonzept zu erstellen. Durch die unterschiedlichsten Produkte und örtlichen Bedingungen, wurde im Vorfeld ein Anforderungsprofil für eine Implementierung erstellt. Anhand der Machbarkeitsstudie wurde speziell auf die Anforderungen der Johann Pabst Holzindustrie GmbH eingegangen.

Im Kapitel 5.3.2 wurde schon erwähnt, dass im Vorfeld der Testläufe es eine Auswahl für UHF Transponder gab.

Um in den Versuchsreihen die realen Arbeitsschritte so gut als möglich zu simulieren, wurde von Seiten der Johann Pabst Holzindustrie GmbH eine Auswahl von Testobjekten getroffen.

Vor Beginn der Testläufe wurde vor Ort auf die Anforderungen und örtlichen Bedingungen eingegangen, um die Versuche möglichst real zu gestalten. Für diesen Zweck wurde eine Besichtigung einer Lagerhalle und einem Freilager für Profilholz und Rohware am Betriebsgelände des Werks II, von Mitarbeitern der Firmen TAGnology, der Firma Pabst und meinerseits durchgeführt.

#### 5.4.4 Versuchsablauf

Das Lesegerät wurde auf einem Stativ montiert. Der RFID-Tag wird von der Testperson auf das Trägerobjekt angebracht. Der RFID-Tag ist dabei immer so zur Antenne gerichtet, dass die Klebefläche von der Antenne weggerichtet ist, da der RFID-Tag im Normalfall direkt auf einem Schnittholzpaket oder Verpackungsfolie aufgeklebt ist.

Die Testperson bewegt das Stativ samt Antenne vom Testobjekt mit appliziertem Tag hinweg. Der Vorgang wird so lange durchgeführt, bis die Kontrollleuchte am Reader erlischt. Dabei wird die Antenne immer auf der gleichen Höhe, auf der sich der Tag befindet, gehalten. Um die maximale Lesereichweite zu ermitteln, wird das Stativ mit Antenne soweit vom Transponder entfernt und an der Grenze des Empfangsbereichs bewegt, bis gerade noch eine Lesung des Transponders möglich ist. Die Abb. 53 zeigt das Stativ mit Antenne.



**Abb. 53:** Antenne (EIGENE DARSTELLUNG)

Eine weitere Testperson ermittelt mit Hilfe eines Messbands die Entfernung vom Testobjekt zur Antenne. Der ermittelte Wert wurde mehrmals nachgemessen und von zwei weiteren Testpersonen protokolliert.

Die Testobjekte für die Versuchsreihen werden von einem Mitarbeiter der Johann Pabst Holzindustrie GmbH, mittels Stapler, zur Teststelle gebracht.

## 6 Ergebnisse der Testreihen

Das folgende Kapitel beschreibt alle Testreihen die durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der durchgeführten Tests sind in Tabellen angegeben.

### 6.1 Test 1: Erfassung aller Tagtypen

Da Transponder durch Feuchtigkeit und organischen Materialien stark beeinflusst werden, wurde der Test Nummer 1 als „Worst-Case“-Szenario angenommen, damit eine Vorauswahl, der in Frage kommenden Transponder, machen zu können.

Es wurden alle die zur Verfügung stehenden Tags auf das Testobjekt aufgeklebt, um die Lesereichweite zu ermitteln.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite der jeweiligen Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Nasse Fichten - Rohware (Seitenware) nicht gespannt  
Wassergehalt ca. 50 %.



**Abb. 54:** Testobjekt 1 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension:** LKW-Paket      Länge 5 m  
   Höhe 1,1 m  
   Breite 1,3 m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 angeführt.

Tabelle 8: Ergebnis Test 1

<b>Leseergebnisse Test 1</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Typ</b>	<b>Name</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	SL	Web	0
2	SL	Casey	40
3	SL	Symbol 4x4	83
4	SL	Alien Squiggle Higgs	86
5	SL	Alien 9562	48
6	SL	Ryparion	36
7	SL	Carrier	19
8	SL	Alien 9654 Broadband	68
9	SL	Dogbone	36
10	SL	Hammer	26
11	SL	Cruiser	45
12	SL	Spyder	29
13	SL	Probeller Thin	12
14	SL	Probeller Thick	17
15	SL	Jumping Jack	34
16	SL	Flap Tag	134
17	SL	Steelwing	109
18	SL	Pino	n.T.
19	HT	Survivor	564
20	HT	Ironside	127
21	HT	Steelwave	113
22	HT	Steelwave Micro	96

EIGENE ERHEBUNG

SL = Smart Lable

HT = Hard Tag

n.T. = nicht teilgenommen

Die grün hinterlegten Transponder haben sich während der zahlreichen Test als am besten erfassbar herausgestellt. Der Transpondertyp „Web“ (rot) wurde bei dem Test 1 nicht erkannt.

## 6.2 Test 2: Erfassung ausgewählter Transpondertypen

Im Versuch Nummer 2 wurde versucht die Lesereichweite zu optimieren, indem man zwischen Trägermaterial und dem Transponder einen speziellen Kunststoff eingelegt wurde. Dieser HF-fähige Schaumstoff wurde auf das Holzpaket aufgeklebt und sollte als Abstandhalter dienen.

Das Ergebnis des Versuchs soll zeigen wie viel Energie das Holz im Gegensatz zum Versuch eins aufgenommen hat und wie sich die Lesereichweite durch den Schaumstoff verbessert.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite der jeweiligen Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Nasse Fichten - Rohware (Seitenware) nicht gespannt  
Wassergehalt ca. 50 %



**Abb. 55:** Testobjekt 2 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension:** LKW-Paket    Länge 5 m  
                                  Höhe 1,1 m  
                                  Breite 1,3m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 9 angeführt.

Tabelle 9: Ergebnisse Test 2

<b>Leseergebnisse Test 2</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Typ</b>	<b>Name</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	SL	Web	0
2	SL	Casey	121
3	SL	Symbol 4x4	138
4	SL	Alien Squiggle Higgs	140
5	SL	Alien 9562	98
6	SL	Ryparion	33
7	SL	Carrier	56
8	SL	Alien 9654 Broadband	158
9	SL	Dogbone	81
10	SL	Hammer	82
11	SL	Cruiser	52
12	SL	Spyder	61
13	SL	Probeller Thin	95
14	SL	Probeller Thick	75
15	SL	Jumping Jack	84
16	SL	Flap Tag	165
17	SL	Steelwing	0
18	SL	Pino	n.T.
19	HT	Survivor	917
20	HT	Ironside	n.T.
21	HT	Steelwave	n.T.
22	HT	Steelwave Micro	n.T.

EIGENE ERHEBUNG

SL = Smart Lable

HT = Hard Tag

n.T. = nicht teilgenommen

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch das Aufbringen des speziellen Kunststoffes die Lesereichweite bei allen Transpondern erheblich erhöhte.

Die eingefärbten Transponder (grün) zeigen die drei höchsten Lesereichweiten. Bei dem gelb eingefärbten Transponder handelt es sich um einen Hard-Tag.

Für die weiteren Versuche wurde nur noch der Transpondertyp „Survivor“ verwendet, da er sich am besten dem Testobjekte gegenüber verhalten hat.

Tabelle 10: Vergleichstabelle

Vergleich Lesereichweite						
Nr.	Typ	Name	Ohne	Mit	Differenz	Multiplikator
			HF-Folie	HF-Folie		
			Reichweite in cm	Reichweite in cm	in cm	in %
1	SL	Web	0	0	0	0
2	SL	Casey	40	121	81	303
3	SL	Symbol 4x4	83	138	55	166
4	SL	Alien Squiggle Higgs	86	140	54	163
5	SL	Alien 9562	48	98	50	204
6	SL	Ryparion	36	33	-3	92
7	SL	Carrier	19	56	37	295
8	SL	Alien 9654 Broad- band	68	158	90	232
9	SL	Dogbone	36	81	45	225
10	SL	Hammer	26	82	56	315
11	SL	Cruiser	45	52	7	116
12	SL	Spyder	29	61	32	210
13	SL	Probeller Thin	12	95	83	792
14	SL	Probeller Thick	17	75	58	441
15	SL	Jumping Jack	34	84	50	247
16	SL	Flap Tag	134	165	31	123
17	SL	Steelwing	n.T	n.T	n.T	n.T
18	SL	Pino	0	n.T.	n.T	n.T
19	HT	Survivor	564	917	353	163
20	HT	Ironside	0	n.T.	n.T	n.T
21	HT	Steelwave	0	n.T.	n.T	n.T
22	HT	Steelwave Micro	0	n.T.	n.T	n.T

EIGENE ERHEBUNG

SL = Smart Lable

HT = Hard Tag

n.T. = nicht teilgenommen

Die Tabelle veranschaulicht das Verhalten der Transponder mit und ohne HF-fähigen Kunststoff. Die Lesereichweiten der Transpondertypen Smart-Lable und Hard-Tag haben sich auf Grund des Kunststoffs unterschiedlich ausgewirkt.

Durch das Anbringen der Kunststofffolie hat sich die Lesereichweite bei allen Transpondern erhöht, mit Ausnahme des Transpondertyps „Ryparion“. Hier hat die Kunststofffolie einen negativen Einfluss auf die Lesereichweite.

Ein interessantes Ergebnis dieser Testreihe ist, dass der „Flap Tag“ die höchste Lesereichweite mit und ohne Kunststofffolie aufweist, jedoch ist die Differenz sehr gering. Ein Grund dafür ist sicherlich die Transponderbauweise des „Flap Tag“.

Die größte Differenz verzeichnet der „*Alien 9654 Broadband*“ mit 90cm.

Dividiert man die Ergebnisse „Lesereichweite in cm mit HF-Folie“ durch die Ergebnisse der „Lesereichweite in cm ohne HF-Folie“ und multipliziert dies mit 100, ist das Ergebnis die erhöhte Reichweite in Prozent.

In diesem Fall hat der Transponder „*Probeller Thin*“ den größten Wert. Für den Transponder „*Probeller Thin*“ bedeutet dies, dass sich die Lesereichweite durch den Kunststoff um das 7,92-fache vergrößert.

### **6.3 Test 3: Erfassung durch Fichten Rohware hindurch**

Der Hard-Tag-Typ „*Survivor*“ wurde auf der gegenüberliegenden Seite der Antenne angebracht. Der Versuch soll zeigen wie stark die Lesefrequenz durch das Testobjekt hindurch ist.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite der jeweiligen Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Nasse Fichten - Rohware (Seitenware) nicht gespannt  
Wassergehalt ca. 50 %.

**Dimension:** LKW-Paket    Länge 5 m  
   Höhe 1,1 m  
   Breite 1,3 m

**Ergebnis:** Es wurde **keine** Erkennung des Hard-Tags „*Survivor*“ durch das Paket festgestellt.

Aufgrund der hohen Holzfeuchte wurde das Lesefeld bereits so stark abgeschwächt, dass es nicht mehr möglich war den Transponder zu lesen.

## 6.4 Test 4: Erfassung Profilware

Der Tagtyp „Survivor“ wurde auf die Verpackungsfolie der trockenen Profilware angebracht. Der Versuch soll zeigen wie stark die Lesefrequenz und Reichweite des Tags am Objekt ist.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Trockene Fi-Profilware nicht gespannt in Kunststoffolie verpackt  
Wassergehalt ca. 15 %.



**Abb. 56:** Testobjekt 4 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension:** LKW-Paket      Länge 4 m  
   Höhe 1,1 m  
   Breite 1,2 m

**Ergebnis:** Reichweite **917 cm**.

## 6.5 Test 5: Erfassung durch Profilware hindurch

Der Tagtyp „Survivor“ wurde auf der gegenüberliegenden Seite der Antenne angebracht. Der Versuch soll zeigen, wie stark die Lesefrequenz und Reichweite durch das Testobjekt hindurch noch ist.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Trockene Fi-Profilware nicht gespannt in Kunststoffolie verpackt  
Wassergehalt ca. 15 %.



**Abb. 57:** Testobjekt 5 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension:** LKW-Paket    Länge 4 m  
   Höhe 1,1 m  
   Breite 1,2 m

**Ergebnis:** Keine Erkennung des Tags

Aufgrund der Paketbreite, welche einer Holzstärke von 1,2 m entspricht, wurde das Lesefeld bereits zu stark abgeschwächt um den Transponder zu lesen.

## 6.6 Test 6: Erfassung Holzstaffel

Der Tagtyp „*Survivor*“ wurde auf der gegenüberliegenden Seite der **XR489 Antenne** auf einer Holzstaffel angebracht.

Anhand von bereitgestellten Holzstaffeln wurde ermittelt, wie stark das Holz das Lesesignal beeinflusst.

Der Versuch soll zeigen, wie stark die Lesereichweite durch eine Holzstaffel hindurch noch ist und bis welcher Holzstärke es noch möglich ist den Tag „*Survivor*“ zu lesen.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

Die Abb. 58 zeigt das Testobjekt Holzstaffel mit den angebrachten Transponder „*Survivor*“.



**Abb. 58:** Testobjekt 6 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Testobjekt:** Trockene Fichten Holzstaffel 8x8  
Wassergehalt ca. 15 %.

**Dimension Holzstaffel:** Länge 1 m  
Höhe 0.08 m  
Breite 0,08 m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 11 angeführt.

Tabelle 11: Ergebnisse Test 6

Leseergebnisse Test 6			
Anzahl der Holzstaffel	Holzstärke in cm	Name	Reichweite in cm
1	8	Survivor	273
2	16	Survivor	178
3	24	Survivor	64
4	32	Survivor	0

EIGENE ERHEBUNG

Aufgrund der Holzstärke von 32 cm wird das Lesefeld bereits zu stark abgeschwächt um den Transponder lesen zu können. Der Versuch hat gezeigt, dass daher eine Erfassung durch ein Holzpaket hindurch nicht möglich ist.

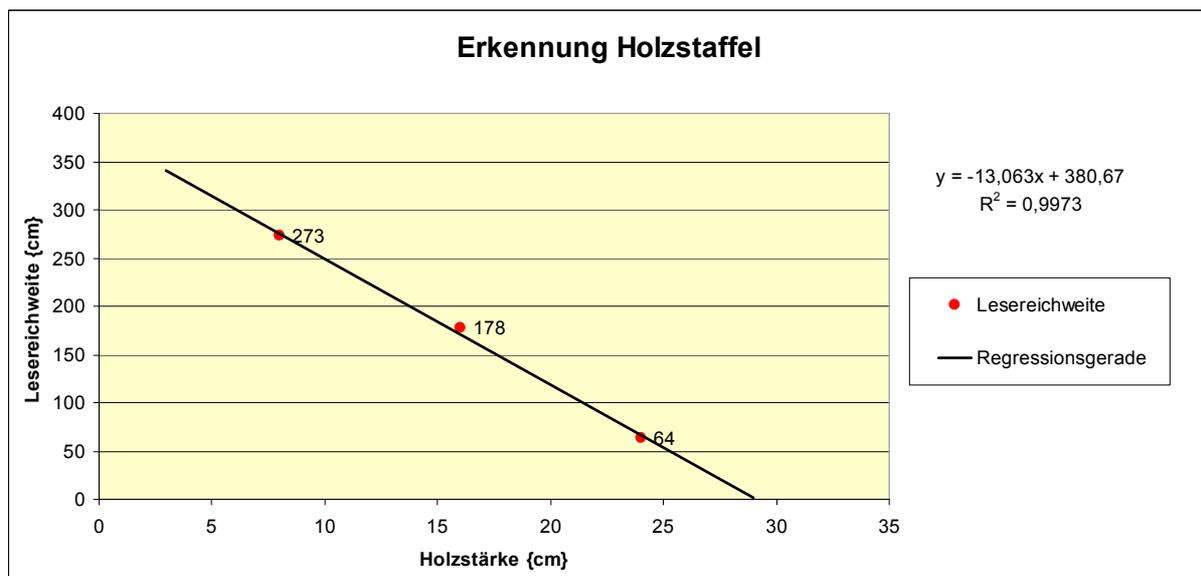


Abb. 59: Regressionsgleichung Holzstärke (EIGENE DARSTELLUNG)

Mit Hilfe der Testergebnisse und einer Regressionsgleichung lässt sich die maximale Holzstärke eines Trägerobjekts errechnen.

Das Ergebnis der Regressionsgleichung hat für x der Wert 29,14 ergeben. Das heißt, ab einer Holzstärke von 29 cm lässt sich der Tagtype „Survivor“ nicht mehr erkennen.

## 6.7 Test 7: Erfassung Profilholzpaket

Der Tagtype „Survivor“ wurden auf die Verpackungsfolie, die des trockenen Profilholzpaketes umgibt, angebracht. Der Versuch soll zeigen, wie hoch die Erfassungssicherheit und Reichweite des Tags auf sehr trockenem Material ist.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Trockene Fichten-Profilware nicht gespannt in Kunststoffolie verpackt

Wassergehalt ca. 15 %.



**Abb. 60:** Testobjekt 7 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension:** Holzstaffel      Länge 4 m  
   Höhe 1,1 m  
   Breite 1,2 m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 12 angeführt.

Tabelle 12: Ergebnisse Test 7

<b>Leseergebnisse Test 7</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Typ</b>	<b>Name</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	SL	Casey	268
2	SL	Alien Squiggle Higgs	331
3	SL	Alien 9654 Broadband	298
4	SL	Dogbone	281
5	SL	Flap Tag	270

EIGENE ERHEBUNG

SL = Smart Lable

Der Versuch Nummer 7 hat gezeigt, dass auf trockenem Material eine sehr hohe Erfassungssicherheit gegeben ist.

Der Transpondertyp „*Alien Squiggle Higgs*“ hat in dieser Versuchsanordnung mit 331 cm die höchste Lesereichweite.

## 6.8 Test 8: Erfassung Alpenspanpalette

Die ausgewählten Tagtypen wurden auf die Folie der Alpenspanpalette angebracht.

Der Versuch soll zeigen wie stark die Lesefrequenz und Reichweite der Tags durch Alpenspan ist. Für diesen Test Versuch wurden die Transpondertypen „*Alien Squiggle Higgs*“ und „*Alien 9654 Broadband*“ verwendet, da sie aufgrund der vorhergehenden Versuche die besten Ergebnisse lieferten.

Die Erfassung einer Alpenspanpalette war sehr gut möglich. Nach dieser Erkenntnis wurde versucht, die Transponder durch zwei Paletten zu lesen, wobei die Erkennung nur mehr von einem Transponder möglich war.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Sackgröße 80x40x40 in cm  
Wassergehalt ca. 11 %  
Verpackungsvolumen 120 l

**Dimension Alpenspanpalette:** Länge 0,8 m  
Höhe 2,4 m  
Breite 1,2 m

Die Abb. 61 zeigt das Testobjekt Alpenspan und die Anbringung des Transponders zwischen einer Palette.



**Abb. 61:** Testobjekt 8 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Ergebnis:** Die Ergebnisse der achten Testreihe sind in der Tabelle 13 angeführt.

Tabelle 13: Ergebnisse Test 8

<b>Leseergebnisse Test 8</b>			
<b>Anzahl Pa- letten</b>	<b>Transpondertyp</b>	<b>Materialstärke</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	Alien Squiggle Higgs	160 cm	257
1	Alien 9654 Broadband	160 cm	207
2	Alien Squiggle Higgs	320 cm	2
2	Alien 9654 Broadband	320 cm	k.E.

EIGENE ERHEBUNG

k.E: Keine Erkennung

Die Lesung durch zwei Alpenspan-Paletten hindurch, ist nur mehr vom Transponder „*Alien Squiggle Higgs*“ möglich, wobei die Lesereichweite mit 2 cm sehr gering ausgefallen ist.

## 6.9 Test 9: Erfassung Pellets-Palette

Der ausgewählte Transpondertyp „*Alien Squiggle Higgs*“ wurde auf die Folie der Pelletspalette angebracht. Der Versuch soll zeigen wie stark die Lesefrequenz und Reichweite des Transponders durch eine Pellets-Palette ist.

Die Erfassung einer Pellets-Palette war sehr gut möglich. Nach dieser Erkenntnis, wurde versucht, den Transponder durch zwei Paletten zu lesen, wobei die Erkennung durch zwei Paletten auch sehr gut möglich war.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Wassergehalt ca. 11 %



**Abb. 62:** Testobjekt 9 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension Pellets-Palette:** Länge 0,9 m  
Höhe -- m  
Breite 1,1 m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 14 angeführt.

Tabelle 14: Ergebnisse Test 9

Leseergebnisse Test 9			
Anzahl Paletten	Transpondertyp	Materialstärke	Reichweite in cm
1	Alien Squiggle Higgs	90 cm	254
2	Alien Squiggle Higgs	110 cm	135
	Alien Squiggle Higgs	133 cm	0

EIGENE ERHEBUNG

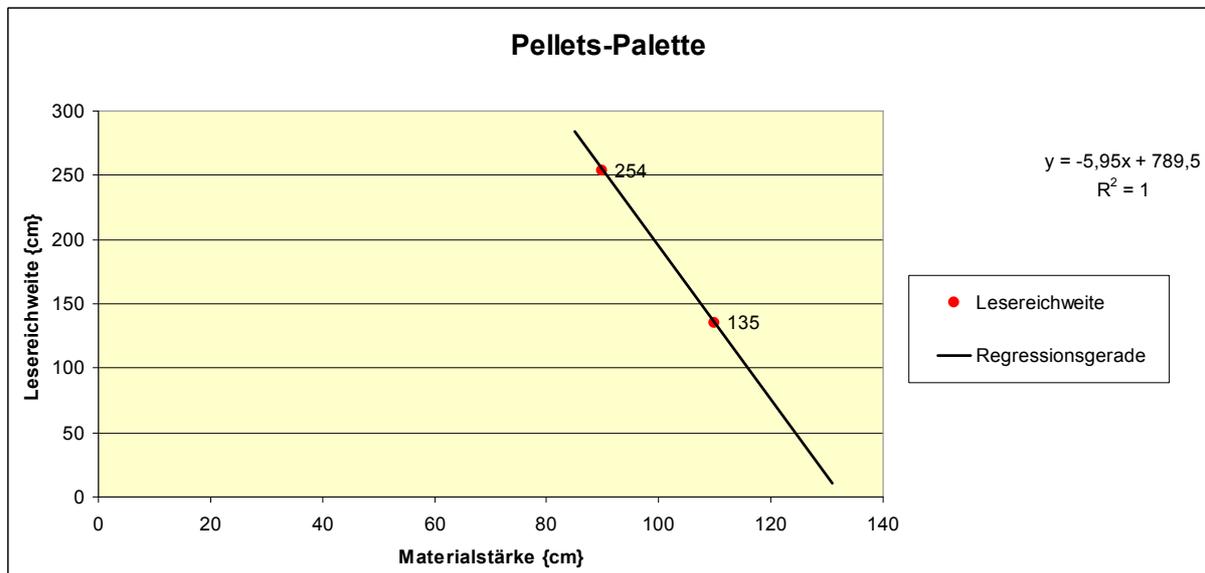


Abb. 63: Regressionsgerade Pellets-Palette (EIGENE DARSTELLUNG)

Mit Hilfe der gewonnen Ergebnisse und einer Regressionsgleichung lässt sich wiederum die maximale Materialstärke errechnen, die eine Erkennung des Transponders gerade noch ermöglicht. Im diesem Fall ergibt sich für x der Wert 132,68. Das bedeutet, bis zu einer Materialstärke von 132,68 cm ist die Erkennung des Transpondertyps „Alien Squiggle Higgs“ noch möglich.

## **6.10 Test 10: Erfassung von gespannelten Holzstaffeln**

Als Transponder wurden für diese Versuchsreihe die Tagtypen „*Alien Squiggle Higgs*“ und „*Alien 9654 Broadband*“ verwendet. Der Versuch soll zeigen wie stark die Lesefrequenz und Reichweite der Tags sind.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Nasse Fichte und Tanne – Holzstaffeln 8x8 Hauptware  
Wassergehalt ca. 50 %

**Dimension Holzstaffelpaket:** Länge 4 m  
Höhe 1,5 m  
Breite 1,6 m

Die Abb. 64 zeigt die angebrachten Tagtypen „*Alien Squiggle Higgs*“ und „*Alien 9654 Broadband*“ auf den Fichten und Tannenholzstaffeln.



**Abb. 64:** Testobjekt 10 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 15 angeführt.

Tabelle 15: Ergebnisse Test 10

<b>Leseergebnisse Test 10</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Transpondertyp</b>	<b>Holzart</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	Alien Squiggle Higgs	Fichte	271
2	Alien Squiggle Higgs	Tanne	232
3	Alien 9654 Broadband	Fichte	274
4	Alien 9654 Broadband	Tanne	224

EIGENE ERHEBUNG

Auch bei diesem Versuch wurde der Einfluss der Holzfeuchte auf die Lesereichweite gut feststellbar.

Interessant war auch, dass es zwischen Fichten- und Tannenstaffeln Unterschiede gegeben hat. Ein Grund dafür ist, dass das Tannenholz von Natur aus einen höheren Wassergehalt im Holz aufweist als Fichtenholz.

Weiters wurden auch Schwankungen der Lesereichweite innerhalb von Fichtenholz festgestellt. Dies ist auf den unterschiedlichen Wassergehalt im Kern und Splintholzbereich zurückzuführen.

Wird der Transponder auf der Rückseite des Paketes bzw. in der Mitte des Holzstapels platziert, ist durch den Wassergehalt des Holzes keine Lesung mehr möglich. Durch das Vorhandensein von Wasser wird ein Teil der vom Schreib-/Lesegerät ausgestrahlten Energie vom Trägerobjekt absorbiert und steht somit dem Transponder nicht mehr zum Betrieb seines Mikrochips zur Verfügung.

## 6.11 Test 11: Erfassung mittels Portalsystem

Da die Paletten mit einem Gabelstapler befördert werden, besteht die Möglichkeit, dass sich der Transponder in 3,6 m Höhe befindet. Aufgrund dieser Tatsache musste festgestellt werden, welcher Mindestabstand der beförderten Palette zu den einzelnen Portalseiten eingehalten werden muss, damit die verwendeten Antennen den Transponder aufgrund des Abstrahlwinkels auch in 3,6 m Höhe noch erfassen können.

Um die Tests durchführen zu können wurde ein mobiles Portal-Gate aufgebaut. Aus technischen Gründen konnte nur eine Seite des Gates aufgebaut werden. Das Modul, bestehend aus integriertem UHF Reader und vier Stück UHF Antennen des Herstellers Motorola, wurde für die weiteren Versuche verwendet.

**Testobjekt:** Nasses Fichtenbrett  
Wassergehalt ca. 50 %

**Dimension Fichtenbrett:** Länge 400 cm  
Breite 18 cm  
Stärke 2,5 cm



**Abb. 65:** Testobjekt 11 (EIGENE DARSTELLUNG)

Um eine Transporthöhe von 3,6 m zu simulieren, wurde der ausgewählte Transponder auf einem Profilholzbrett in 3,6 m Höhe angebracht. Die Abb. 65 zeigt das Trägerobjekt mit dem Transpondertyp „*Alien Squiggle Higgs*“.

**Ergebnis:** Die Mindestabstände der Transponder zum Gate sind in der Tabelle 16 angeführt.

**Tabelle 16:** Mindestabstände von Alien Spiggle Higgs zum Gate

<b>Leseergebnisse Test 11</b>			
<b>Nr.</b>	<b>Transpondertyp</b>	<b>Fichtenbrett</b>	<b>Reichweite in cm</b>
1	Alien Squiggle Higgs	nass	46
2	Alien Squiggle Higgs	trocken	40

EIGENE ERHEBUNG

Wird dieser Abstand von 46 bzw. 40 cm unterschritten, ist in 360 cm Höhe keine Lesung des Transponders „*Alien Squiggle Higgs*“ mehr möglich, da sich der Transponder außerhalb des Lesefeldes der Antenne befindet.

**Abb. 66:** Mindestabstand zum Portal (EIGENE DARSTELLUNG)

**Ergebnis:** Der maximale Leseabstand des Transponders zum Portalsystem beträgt in 360 cm Höhe beachtliche 11 Meter.

## **6.12 Test 12: Erfassung eines eingearbeiteten Transponders mit dem RFID-Portal**

Für Anwendungen, in denen ein Transponder in der Palette eingearbeitet werden kann, wurde der Transpondertyp „Pino“ entwickelt. Für diesen Transponder ist es notwendig, eine Bohrung im Träger zu platzieren, um den Transponder mit Hilfe des speziellen Werkzeuges einzusetzen.

Mit Portal wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

Die Entfernung wurde mit einem Messband erhoben.

**Testobjekt:** Nasse Fichten Holzstaffeln 8x8  
Wassergehalt ca. 50 %  
Trockene Fichten Holzstaffeln 8x8  
Wassergehalt ca. 15 %



**Abb. 67:** Testobjekt 12 (EIGENE DARSTELLUNG)

**Dimension Holzstaffelpaket:** Länge 1 m  
Höhe 0,08 m  
Breite 0,08 m

**Ergebnis:** Die Ergebnisse sind in der Tabelle 17 angeführt.

Tabelle 17: Testergebnis 12

Testergebnis 12			
Nr.	Transpondertyp	Material Fichte	Reichweite in cm
1	Pino	nass	270
2	Pino	trocken	310

EIGENE ERHEBUNG

### 6.13 Test 13: Erfassung mittels Lesegerät am Stapler

Der Versuch begann damit, dass der Transpondertyp „Pino“ in eine Holzstaffel platziert wurde. Nach der Applizierung wurde der bestückte Unterleger am Boden liegend mit einer Antenne von der Fahrerkabine aus versucht zu identifizieren. Im Testlauf wurde ausschließlich die Erkennung getestet. Die maximale Entfernung wurde nicht ermittelt.

Mit der Systemzusammenstellung der RFID Komponenten **Symbol XR480** und **Long-Range Antenne** wurde die Lesereichweite des Tags ermittelt.

**Testobjekt:** Trockene Fichten Holzstaffeln 8x8  
Wassergehalt ca. 15 %



Abb. 68: Stapler mit Antenne (EIGENE DARSTELLUNG)

**Ergebnis:** Es war **keine** Erkennung möglich, da aufgrund der zahlreichen Metallverstre-  
bungen des Staplers das Lesefeld zu stark beeinflusst wird. Eine Lesung des  
Transponders ist vom Stapler nur dann möglich, wenn sich die Antenne au-  
ßerhalb der Kabine befindet. Das Ergebnis lässt sich nicht auf alle Staplertyp-  
pen umlegen, da jeder Stapler einen unterschiedlichen Aufbau vorweist.

### **6.14 Test 14: Erfassung mittels RFID Handheld**

Um eine Erleichterung bei einer Inventur zu erzielen, wurde ein Handheld ausgewählt, mit dem auch über größere Distanzen hinweg, Daten erfasst werden können.

Die folgende Abbildung zeigt, ein Handheld beim Lesevorgang einer Holzstaffel in der der Transpondertyp „Pino“ eingearbeitet ist.



**Abb. 69:** Lesevorgang mit einem Handheld (EIGENE DARSTELLUNG)

Auch bei diesem Lesegerät ist eine Einschränkung der Erfassungreichweite, welche durch das Holz bedingt wird, feststellbar.

**Ergebnis:** Die maximale Erfassungreichweite betrug mit diesem Lesegerät 50 cm.

## **6.15 Resümee der Ergebnisse**

Die technischen Testmethoden haben gezeigt, dass die verschiedenen Testobjekte, aufgrund ihrer unterschiedlichen Beschaffung in Form von Paketgröße, Materialbeschaffenheit und Wassergehalt, einen starken Einfluss auf die Lesereichweite besitzen.

Ausgangspunkt für jedes Produkt, das im Unternehmen erzeugt wird, ist der Rohstoff Holz. Je nach Verwendungszweck besitzen die Produkte einen gewissen Wassergehalt.

Bei Trägerobjekten, die einen Wassergehalt von 50 % und mehr aufweisen, wird ein Teil der vom Schreib-/Lesegerät ausgestrahlten Energie vom Trägerobjekt absorbiert und steht somit nicht mehr dem Transponder zum Betrieb seines Mikrochips zur Verfügung. Vor allem UHF-Systeme reagieren empfindlich auf Wasser. Der Grund dafür ist, dass ihre Betriebsfrequenz näher an der Eigenfrequenz der Wassermoleküle liegt und somit mehr Energie vom Wasser aufgenommen und in Wärme umgewandelt wird.<sup>56</sup>

Die Versuche zeigten, dass vor allem die Smartlabels auf dem Trägerobjekt „nasse Schnittware“ nicht die geforderte Lesereichweite erzielt haben, die für einen laufenden Betrieb verlangt wurde. Durch die gewonnen Erkenntnisse sind Smartlabels für den laufenden Betrieb daher nicht einsetzbar.

Im Laufe der Versuche hat sich weiters gezeigt, dass das Auslesen eines Transponders nicht möglich war, sobald sich eine Person zwischen dem Transponder und dem Lesegerät befunden hat. Das Auslesen wurde durch den hohen Wasseranteil im Körper verhindert. Auch die unterschiedlichen Bauformen und Transpondertypen haben unterschiedliche Lesereichweiten erzielt.

Die ersten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bauform und der Transpondertyp einen bedeutenden Einfluss auf die Lesereichweite haben. Aus diesem Grund wurde in den darauffolgenden Testläufen Transpondertypen verwendet, die eine ausreichende Lesereichweite aufweisen, die einem laufenden Betrieb gerecht werden.

Um Transponder auf wasserhaltigem Material (nasse Schnittholzpakete) sicher auslesen zu können, muss sich zwischen dem Trägermaterial und der Transponderantenne ein Luftspalt befinden.

---

<sup>56</sup> [vgl. Clasen (2007): RFID: Maßgeschneidert oder von der Stange, S 43]

Im Testversuch wurde dies auf unterschiedliche Weisen geprüft:

- Durch die Verwendung eines sog. "Flag-Tags", bei dem sich der Transponder auf einem Etikett mit einer beweglichen Fahne befindet, die von der Oberfläche des getagten Gegenstandes absteht.
- Durch die Verwendung eines sog. „Space-Tag“. Dabei wird zwischen Transponder und Trägermedium ein 3 – 8 mm starker Schaumstoff geklebt, der sehr viel Luft enthält.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch den HF-fähigen Kunststoff die Lesereichweite stark verändert. Im konkreten Fall für „*Probeller Thin*“ bedeutet dies, dass sich die Lesereichweite durch den Kunststoff um das 7,92-fache vergrößerte.

Die Ergebnisse der dritten Testreihe haben gezeigt, dass das Lesen durch ein Paket hindurch nicht möglich ist.

Aufgrund dieser Erkenntnis ist die Annahme widerlegt worden, mehrere Pakete vom Stapler aus zu identifizieren. Obwohl sich die Antenne außerhalb des Staplers befindet ist es nicht möglich mehrere Pakete über- und hintereinander zu lesen.

Um herauszufinden, wie groß die maximale Holzstärke eines Trägerobjekts sein darf, um durch ein Objekt einen Transponder noch identifizieren zu können, wurde im Test sechs geprüft. Mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse wurde eine Regressionsgleichung erstellt, um so die maximale Holzstärke zu ermitteln.

Die maximale Holzstärke beträgt für den Transpondertyp „*Survivor*“ 29,14 cm.

Grundsätzlich muss gesagt werden, dass eine Erfassung der Pakete vom Stapler aus mit der verwendeten Technik nicht möglich ist. Einerseits werden mit einem Stapler bis zu 12 Holzpakete aufgenommen (zwei hintereinander und sechs übereinander) und ein Durchlesen von Holzpaketen ist nicht möglich. Weiters wird durch die Materialbeeinflussung des Staplers das Auslesen so stark beeinflusst, dass ein Auslesen der Transponder nicht gewährleistet werden kann. Eine Erfassung mit dem Portalsystem ist möglich, jedoch muss hier beachtet werden, dass der zu erfassende Transponder stirnseitig auf der Palette angebracht wird um die maximale Lesesicherheit zu erzielen. Jedoch ist diese Möglichkeit aufgrund ihrer schwierigen Ausführung nur schwer umzusetzen. Weiters ist mit einem erhöhten finanziellen Aufwand zu rechnen.

## 7 Ökonomische Bewertung

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht, wird die Einführung eines RFID-Systems als ein Investitionsobjekt verstanden. Durch die Investition in eine neue Technologie kommt es dem entsprechend zu einer Kosten- und Nutzenerwartungen. Die technische Ausstattung kann als Kosten- und Nutzentreiber verstanden werden und hat somit direkten Einfluss auf die Kosten bzw. den Nutzen der Technologie. Es kann im Vorfeld einer Investition die Frage der technischen Ausstattung geklärt werden und beeinflusst somit eine Einführung, jedoch ist die Wirtschaftlichkeit das Ergebnis der im Vorfeld getroffenen Entscheidungen.

Um die Frage der Wirtschaftlichkeit zu klären sind entsprechende Modelle notwendig, die eine qualifizierte Entscheidungsfindung unterstützen. Besonders die Frage des Nutzens stellt Unternehmen, aufgrund der begrenzten Erfahrungen mit der RFID-Technologie, vor große Herausforderungen.<sup>57</sup>

*„Zuverlässige und umfassende Kosten-Nutzen-Analysen zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit des RFID-Einsatzes in offenen logistischen Systemen fehlen derzeit“.<sup>58</sup>*

### 7.1 Tools zur Bewertung von RFID

*Wann rechnet sich der Einsatz der RFID-Technologie?*

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit gehört zu den wichtigsten Kriterien im Zuge der Einführung von RFID. Diese gilt für den Hersteller genauso wie für den Nutzer von RFID. Dabei sind die Nutzenpotenziale der Einführung von RFID von Unternehmen zu Unternehmen oft sehr unterschiedlich. Zum Beispiel sind die Struktur der Werke, der jeweilige Automatisierungsgrad und auch der Anteil an Mischpaletten zwar wichtige, aber bei weitem nicht die alleinigen Faktoren, die den individuell erzielbaren Nutzen von RFID beeinflussen. Hierzu zählt unter anderem auch die Entwicklung der Tag-Kosten. Häufig fehlte es bisher an einer zuverlässigen Analyse, in welchem Umfang und in welchen Bereichen der Einsatz von RFID spürbare Effizienzgewinne erbringen kann. Um das Nutzenpotenzial und die Investitionshöhe eines RFID-Roll-outs gezielt bewerten zu können, haben verschiedene Institutionen und Unternehmen Software-Tools entwickelt, die eine unternehmensindividuelle und einsatzbereichsspezifische Kosten-Nutzen-Bewertung durchführen. Der Kalkulator schafft somit eine wichtige Entscheidungsgrundlage für künftige Investitionen in die RFID-Technologie.<sup>59</sup>

<sup>57</sup> [vgl. Gilberg (2009): Technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Beurteilung des überbetrieblichen RFID-Einsatzes, S.2]

<sup>58</sup> [Gilberg (2009): Technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Beurteilung des überbetrieblichen RFID-Einsatzes, S.5]

<sup>59</sup> [vgl. Global Standard 1 Germany (s.t.): Der RFID-Kalkulator im Überblick. [http://www-05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI\\_RFID\\_Kalkulator.pdf](http://www-05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI_RFID_Kalkulator.pdf) Abrufungsdatum: 02.06.2010]

## 7.2 RFID-Kalkulatoren

Im folgenden Kapitel werden bestehende Tools zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von RFID-Systemen aufgelistet. Informationen über die einzelnen Tools zu erhalten stellt ein Problem dar, da es sich bei den meisten Tools nicht um frei zugängliche Produkte handelt.

Das Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften hat ein Produkt entwickelt, das frei zugänglich ist und als Grundlage für eine betriebswirtschaftliche Beurteilung dient. Die Tools, die meist auf MS-Excel basieren, wie auch das Tool des Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften, werden häufig von Beratungsfirmen eingesetzt und sind weder öffentlich erhältlich oder einsehbar.

Ein weiteres bekanntes Softwareprodukt, das auch käuflich zu erwerben ist, ist der RFID-Kalkulator der von GS1 Germany und IBM entwickelt wurde. Die Software ist zum einen als reine Toolbox erhältlich oder wird zusammen mit Beratungsdienstleistungen von RFID-Anbietern vertrieben.

Ein weiteres Tool ist der Auto-ID-Calculator, der vom Auto-ID Center und der Universität St.Gallen entwickelt wurde. Es ermöglicht Anwendern die Auswirkungen von Auto-ID-Technologien im eigenen Unternehmen schnell abschätzen zu können. Nutzer dieses Tools sind Führungskräfte und Analysten, die im Bereich Supply Chain Management arbeiten. Ursprünglich war der Auto-ID-Calculator als Web-Applikation frei zugänglich, jedoch ist es mittlerweile nicht mehr frei verfügbar.<sup>60</sup>

Der „rfid-cab“ wurde vom Logistikverbund Dortmund entwickelt und soll eine erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit des individuellen RFID-Einsatzes geben. Die Software ist nicht verfügbar, jedoch existiert eine Demoversion mit der keine Berechnungen durchgeführt werden können.<sup>61</sup>

---

<sup>60</sup> [vgl. Gilberg (2009): Technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Beurteilung des überbetrieblichen RFID-Einsatzes, S.142ff.]

<sup>61</sup> [vgl. Anonymus (s.t.): Wirtschaftlichkeitsberechnung von RFID-Projekten mit RFID-Cab

<http://www.slideshare.net/dbeier/wirtschaftlichkeitsberechnung-von-rfidprojekten-mit-rfidcab> Abrufungsdatum 22.05.2010]

### **7.3 Ökonomische Bewertung von RFID für das Projekt „Werk II“**

Um die Wirtschaftlichkeit des RFID Systems im Werk II bewerten zu können, wurde das Software Tool des Bremer Instituts für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften (BIBA) angewandt.

Bei diesem Leitfaden handelt es sich um eine Hilfestellung zur Planung eines RFID-Systems. Alle Informationen dieses Leitfadens werden nach bestem Wissen und Gewissen wieder gegeben um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Anhand der Testergebnisse fiel die Auswahl für die wirtschaftliche Bewertung auf den Transpondertyp „*Alien Sqiggle Higgs*“.

Die Kosten des Transponders wurden mit 0,45 Euro angenommen.<sup>62</sup> Es wird pro Paket ein Smart-Label mit integriertem RFID-Chip appliziert.

Die Datengrundlage für die Mengenströme der Pakete sind die Kennzahlen für Produktions- und Absatzmengen aus dem Jahr 2009.

Die RFID Anschaffungskosten wurden laut einer Angebotsdarlegung der Firma TAGnology herangezogen.

Die Einsparungspotenziale für die einzelnen Arbeitsschritte wurden durch mehrere Expertenbefragungen und Besichtigungen des Profilholzwerkes erhoben und für die Berechnung herangezogen.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem RFID-Kalkulator des Bremer Instituts für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften (BIBA). Errechnet wurden das Einsparungspotenzial, die Amortisationsdauer und der ROI eines fünfjährigen Betrachtungszeitraumes ermittelt.

Das effektive Einsparungspotenzial ist jedoch erst nach einer Inbetriebnahme und Auswertung der gewonnenen Daten durch RFID möglich.

Aufgrund der Soll-Konzeption ergeben sich Einsparungspotenzial für Prozesse Arbeitsvorbereitung, Produktion, Kommissionierung und Verkauf, Inventur, Verladung Shuttle, Zukauf Rohware und sonstige Einsparungen.

---

<sup>62</sup> [vgl. [www.rfid-webshop.com/shop/](http://www.rfid-webshop.com/shop/) Abrufungsdatum: 21.04.2010]

Die Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Einsparungspotenziale für ausgewählte Arbeitsprozesse. Die Ermittlung der jährlichen Einsparungen bezieht sich auf Unternehmensschätzungen und Erfahrungswerten.

Die jährliche Einsparung für die einzelnen Arbeitsprozesse errechnet sich wie folgt.

**Formel 1** Jährliche Einsparung

$$\text{jährliche.Einsparung} = \frac{\text{Zeitersparnis} * \text{Paketzahl}}{3600} * \text{Arbeitslohn / Stunde}$$

Quelle: EIGENE DARSTELLUNG

**Tabelle 18:** Einsparungen durch RFID

<b>Einsparungspotenzial</b>				
<b>Arbeitsvorbereitung</b>				
Prozess	Zeit	Arbeitstage	€ Pro Akh	Gesamt in €
Abfrage Standort Rohware	20 min	300	40	4.000,00
Abfrage Lagerbestand	20 min	300	40	4.000,00
	<b>40 min</b>			<b>8.000,00 €</b>
<b>Produktion</b>				
Prozess	Zeit	Paketanzahl	€ Pro Akh	Gesamt
Entnahme der Paketscheine	5 sec	14.500	30	604,16
Scannen der Paketscheine	2 sec	14.500	30	241,66
Ausbuchen der Paketscheine	5 sec	14.500	30	604,16
Abrufen des Auftrags	6 sec	14.500	30	725,00
Erstellen Paketschein	7 sec	14.500	30	845,83
Buchung in das LVS	3 sec	14.500	30	362,50
Kontrolle der Auftragsliste	4 sec	14.500	30	483,33
	<b>33 sec</b>			<b>3.866,64 €</b>
<b>Kommissionierung</b>				
Prozess	Zeit	Ladungen	€ Pro Akh	Gesamt
Ausdrucken des Lieferscheins	10 sec	1.700	40	188,88
Scannen des Barcodes	2 sec	1.700	40	37,77
Überprüfung auf Vollständigkeit	20 sec	1.700	40	377,77
Ausfüllen der Bestätigungsfax	60 sec	1.700	40	1.133,33
Faxen	15 sec	1.700	40	283,33
Manuelle Umbuchung	10 sec	1.700	40	188,88
Freigabe	2 sec	1.700	40	37,77
Ausbuchung aus dem LVS	5 sec	1.700	40	94,44
Rechnungserstellung	20 sec	1.700	40	377,77
	<b>144 sec</b>			<b>2.720,00 €</b>
<b>Inventur</b>				
Prozess	Zeit	Paketanzahl	€ Pro Akh	Gesamt
Scannen der Paketscheine	2 sec	15.200	40	337,77
Zählen der Pakete	4 sec	15.200	40	675,55
Ausfüllen des Formulars	3 sec	15.200	40	506,66
Eingabe ins LVS	2 sec	15.200	40	337,77
	<b>11 sec</b>			<b>1.857,77 €</b>
<b>Verladung Shuttle</b>				

Prozess	Zeit	Ladungen	€ Pro Akh	Gesamt
Scannen des Barcodes	15 sec	1.300	30	162,50
Überprüfen der Zahlen	15 sec	1.300	30	162,50
Überprüfung der Paketanzahl	15 sec	1.300	30	162,50
<b>45 sec</b>				<b>487,50 €</b>

### Zukauf Rohware

Prozess	Zeit	Paketanzahl	€ Pro Akh	Gesamt
Barcodeerstellen	20 sec	5.000	30	833,33
Barcodeanbringung	5 sec	5.000	30	208,33
Übermittlung an LVS	5 sec	5.000	30	208,33
<b>30 sec</b>				<b>1.250,00 €</b>

### Sonstige Einsparungen

Prozess	Zeit	Paketanzahl	€ Pro Akh	Gesamt
Alarmierung Lagerbestand	6.000 min/a		40	4.000,00
Servicenutzen				12.000,00
durch Warenschwund	20 min	120	40	1.600,00
Fehlerhafte Erfassung	6 min	300	40	1.200,00
				<b>18.800,00 €</b>

EIGENE ERHEBUNG

Die Einsparung für den Arbeitsschritt „*Alarmierung Lagerbestand*“, wird angenommen, dass der Arbeitsvorbereiter pro Arbeitstag 20 min damit beschäftigt ist, die Anzahl und den Standort der Pakete im Lager zu erheben. Um diesen Arbeitsschritt zu durchführen zu können, muss die Erhebung im Lager, also vor Ort erfolgen. Daher wurden 20 min pro Arbeitstag veranschlagt.

Für den Servicenutzen, dass das System mit sich bringt, wurden 12.000 € angenommen.

Der Warenschwund wird einerseits durch falsche Eingabe der Paketnummer bei der Verladung vom Shuttle und andererseits durch falsches Buchen nach der Produktion in das LVS hervorgerufen. Damit der Lagerbestand mit dem LVS übereinstimmt, muss ein Mitarbeiter den Standort der Pakete überprüfen bzw. die Pakete auffinden. In der Berechnung wird angenommen, dass 120 Pakete pro Jahr falsch oder gar nicht gebucht werden. Um die Pakete wieder zu erfassen wird angenommen, dass ein Mitarbeiter 20 min pro Paket für die Suche aufwenden muss.

Bei der fehlerhaften Erfassung wird angenommen, dass ein Paket pro Arbeitstag nicht erfasst wird. Um die Daten einzugeben werden 6 min pro Paket benötigt.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Anzahl der Transponder die für die einzelnen Arbeitsschritte erforderlich sind. Diese Erhebungen dienen als Grundlage für die Berechnung des Einsparungspotenzials.

Die Anzahl der Transponder ist im ersten Jahr höher, da die Pakete, die im Werk 2 gelagert sind, auch mit Transpondern ausgestattet werden müssen.

Die Daten der Tabellen 20 bis 25 beziehen sich auf Unternehmensschätzungen.<sup>63</sup>

**Tabelle 19:** Anzahl Transponder

<b>Transponder</b>		
	Jahr 1	Jahr 2
Erzeugte Pakete im PHW	14.500	14.500
Anlieferung Rohware	5.000	5.000
Zukauf Rohware	7.000	7.000
Pakete am Standort	3.800	
<b>Summe</b>	<b>30.300</b>	<b>26.500</b>

Für die Berechnung wird angenommen, dass pro Jahr 1.300 Ladungen erfolgen. Im Schnitt besteht eine Ladung aus 15 Paketen. Für die Berechnung des Einsparungspotentials wird daher angenommen, dass 19.500 Pakete pro Jahr verladen werden.

Bei der Auswertung der Verladungen und der Kommissionierungen wurde zwischen *Großhandel Inland* und *Export* nicht unterschieden.

Großhandel Inland beliefert vor allem Zimmerer. Die bestellen regelmäßig und in kleinen Mengen. Daher wurde die Summe die Lieferscheine aus dem Jahr 2009 als Anhaltspunkt für die Anzahl der Kommissionen genommen.

Im Export kann man davon ausgehen, dass in der Regel immer ein gesamter LKW Zug zu einem Kunden geliefert wird. Es wird auch immer für jeden LKW-Zug eine eigene Rechnung erstellt.

<sup>63</sup> [vgl. Steinkellner, R. (2010): schriftl. Mitteilung vom 12.11.2010]

Die Anzahl der Rechnungen im Jahr 2009 wurden daher als Anzahl der Ladungen angenommen.

**Tabelle 20:** Anzahl der Verladungen

<b>Verladungen</b>	
Anzahl Verladungen	1.700
<b>Summe</b>	<b>1.700</b>

Für die Inventur wurde die Anzahl der Pakete angenommen, die sich am 23. Juni 2010 am Werk 2 befunden haben.<sup>64</sup> Im Schnitt werden für die Durchführung einer Inventur 48 Akh benötigt. Auf Grund der Tatsache, dass jedes Quartal eine Inventur durchgeführt wird, wird für die Berechnung die Paketanzahl vom 23. Juni 2010 mal vier angenommen.

**Tabelle 21:** Inventur

<b>Inventur</b>	
Pakete am Standort	3.800
vier mal Jährlich	
<b>Summe</b>	<b>15.200</b>

Bei der Berechnung des Einsparungspotenzials beim Arbeitsvorgang Kommissionierung, wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der erzeugten Pakete die Anzahl der kommissionierten Pakete sind. Umgerechnet auf die Anzahl der Ladungen bedeutet dies, dass eine Ladung durchschnittlich aus 8,5 Paketen besteht.

**Tabelle 22:** Anzahl Kommissionierung

<b>Kommissionierung</b>	
Erzeugte Pakete	14.500
<b>Summe</b>	<b>14.500</b>

<sup>64</sup> [vgl. Steinkellner, R. (2010): schriftl. Mitteilung vom 23.06.2010]

Bei der Einlagerung wird zwischen drei Paketkategorien unterschieden. Das Einsparungspotenzial bei dem Arbeitsschritt Einlagerung ergibt sich dadurch, dass der Mitarbeiter die Barcodes nicht einscannen bzw. die Zahlen nicht manuell eingeben muss, wenn ein Scannen nicht möglich ist.

Die Tabelle 23 gibt einen Überblick über die Anzahl der Paketeinlagerungen.

**Tabelle 23:** Anzahl Einlagerung

<b>Einlagerung</b>	
Erzeugte Pakete	14.500
Zukauf Rohware	5.000
Rohware	7.000
<b>Summe</b>	<b>26.500</b>

Für die Produktion der Profilware werden ca. 12.000 Pakete Rohware benötigt. Da bei der Anlieferung der Rohware in die Produktionshalle die Erfassung der Rohware automatisch erfolgt, ergibt sich beim Arbeitsprozess Anlieferung Rohware ein Einsparungspotenzial für in Summe 12.000 Pakete.

**Tabelle 24:** Anlieferung Rohware

<b>Anlieferung Rohware</b>	
Zukauf Rohware	5.000
Rohware	7.000
<b>Summe</b>	<b>12.000</b>

## 7.4 Auswertung der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Im Kapitel 7.4 werden die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung angeführt. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse dient zur Ermittlung des ROI's und der Amortisationsdauer. Weiters wird eine Vergleichsberechnung durchgeführt. Dabei werden unterschiedliche Alternativen, in Hinblick auf Fertigstellungsgrade und Zinssätze, miteinander verglichen und grafisch dargestellt.

### 7.4.1 RFID-Anschaffungskosten

In der Tabelle 26 sind alle Anschaffungskosten angegeben, die für eine Implementierung im Werk 2 notwendig sind. Die Kosten für die einzelnen Positionen beziehen sich auf Angaben von TAGnology. Die Aufstellung für die Anzahl der einzelnen Hardwareprodukte bezieht sich auf die Erhebung, die in Zusammenarbeit von der Firma Pabst, der Firma TAGnology und meinerseits für eine mögliche RFID Implementierung für das Werk II erhoben wurde. Die Kosten für die einzelnen Positionen beziehen sich auf Angaben von TAGnology.<sup>65</sup>

**Tabelle 25:** Kostenaufstellung Hardware

<b>Kostenaufstellung Hardware</b>			
	Anzahl in Stk.	Preis/Stück zzgl. 20%	Gesamt
Wlan	3	164,00 €	492,00 €
Handheld UHF PSION Teklogix RFID Workabout PRO Gen2 - Typ S	2	2315,70 €	4.631,40 €
RFID Drucker	2	2.500,00 €	5.000,00 €
Transponder für Stapler (Hard-Tag-Survivor NXP G2XM)	10	6,67 €	66,70 €
RFID Antennen AN480	11	247,09 €	2.717,99 €
RFID Reader XR 480 Fixed UHF RFID Reader	1	1.547,13 €	1.547,13 €
RFID Terminal	1	5.136,00 €	5.136,00 €
Sonstige Kosten			3.000,00 €
<b>Investitionssumme:</b>	<b>22.591,22 €</b>		

Alle Angaben in €

<sup>65</sup> [in Anlehnung an: <http://www.rfid-webshop.com>, Abrufungsdatum: 24.06.2010]

**Tabelle 26:** Kostenaufstellung für RFID-Implementierung**Einmalige Anschaffungskosten**

Hardwarekosten:	22.591,22 €
Software / Integration:	30.000,00 €
Installation:	2.500,00 €
Sonstige Kosten:	1.500,00 €
<b>Investitionssumme:</b>	<b>56.591,22 €</b>
Zinsen (jährlich, in %)	7%
Alle Angaben in € EIGENE ERHEBUNG	

### 7.4.2 Laufende Kosten

In der Tabelle 27 sind die laufenden Kosten angegeben, die bei einer Implementierung in den Folgejahren (Bemessungszeitraum fünf Jahre) anfallen. Die Angaben beziehen sich einerseits auf den RFID-Kalkulator von EPCglobal<sup>66</sup>, TAGnology und andererseits auf Angaben der Johann Pabst Holzindustrie GmbH. Die Summe der einzelnen Kostenstellen wird mit dem Fertigstellungsgrad multipliziert und für das jeweilige Bezugsjahr summiert.

**Tabelle 27:** Laufende Kosten

<b>Laufende Kosten</b>						
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>	<b>Summe</b>
<b>Fertigstellung</b>	<b>40%</b>	<b>80%</b>	<b>95%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	
jährliche Folgekosten der Investition:	4.320,00 €	810,00 €	270,00 €	- €	- €	5.400 €
Wartung und Softwareupdates:	4.000,00 €	750,00 €	250,00 €	- €	- €	5.000,00 €
Versicherungen:	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Verbrauchsmaterial (Tags):	5.454,00 €	9.540,00 €	11.328,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €	50.172,75 €
Sonstige laufende Kosten:	2.000,00 €	375,00 €	125,00 €	- €	- €	2.500,00 €
<b>Gesamtkosten (laufend):</b>	<b>15.774,00 €</b>	<b>11.475,00 €</b>	<b>11.973,75 €</b>	<b>11.925,00 €</b>	<b>11.925,00 €</b>	<b>63.072,75 €</b>

Alle Angaben in €  
EIGENE ERHEBUNG

<sup>66</sup> [in Anlehnung an: [http://www-05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI\\_RFID\\_Kalkulator.pdf](http://www-05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI_RFID_Kalkulator.pdf)]

### 7.4.3 Einsparungen durch RFID

In der Tabelle 28 sind alle Einsparungspotenziale angegeben, die durch einen Einsatz RFID erzielt werden könnten.

Die Angaben für die einzelnen Positionen sind mit untenstehender Formel berechnet worden.

Alle Werte beziehen sich auf Angaben der Johann Pabst Holzindustrie GmbH und Expertenbefragungen (Zeiteinsparung für die einzelnen Aktivitäten durch RFID). Siehe Tabelle 28.

#### **Formel 2** Einsparungen RFID

$$\text{Einsparung/ Jahr} = \frac{\text{Anzahl der Pakete} \times \text{Fertigungsgrad} \times \text{Zeiteinsparung} \times \text{Arbeitslohn/ Stunde}}{3600}$$

Quelle: EIGENE DARSTELLUNG

**Tabelle 28:** Einsparungen durch RFID

<b>Einsparungen durch RFID</b>					
	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
Fertigstellungsgrad in %	40	80	95	100	100
Einsparung bei Arbeitsvorbereitung	3.200,00 €	6.400,00 €	7.600,00 €	8.000,00 €	8.000,00 €
Einsparung bei Produktion	1.546,65 €	3.093,31 €	3.673,31 €	3.866,64 €	3.866,64 €
Einsparung bei der Kommissionierung	1.088,00 €	2.176,00 €	2.584,00 €	2.720,00 €	2.720,00 €
Einsparungen bei Inventur	743,10 €	1.486,22 €	1.764,88 €	1.857,77 €	1.857,77 €
Einsparung bei Verladung	195,00 €	390,00 €	463,12 €	487,50 €	487,50 €
Einsparung bei Rohwarenzukauf	500,00 €	1.000,00 €	1.187,50 €	1.250,00 €	1.250,00 €
Einsparung von Kosten infolge fehlerhafter Erfassung:	480,00 €	960,00 €	1.140,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €
Service Nutzen	4.800,00 €	9.600,00 €	11.400,00 €	12.000,00 €	12.000,00 €
Sonstige Einsparungen:	2.240,00 €	4.480,00 €	5.320,00 €	5.600,00 €	5.600,00 €
<b>Gesamteinsparungen:</b>	<b>14.792,75 €</b>	<b>29.585,53 €</b>	<b>35.132,81 €</b>	<b>36.981,91 €</b>	<b>36.981,91 €</b>

Alle Angaben in €

EIGENE ERHEBUNG

#### 7.4.4 Dynamische Amortisationsrechnung

Die dynamische Amortisationsrechnung ermittelt jene Zeitspanne die notwendig ist, um die Investitionskosten zuzüglich der Verzinsung für das eingesetzte Kapital aus den Rückflüssen der Investition wiederzugewinnen. Es wird somit der Zeitpunkt ermittelt, bei dem die Rückflüsse einer Investition gleich den Anschaffungsausgaben sind.<sup>67</sup>

Die Amortisationszeit wird auch als die Mindestnutzungsdauer für ein Investitionsobjekt bezeichnet. Allgemein entspricht eine kürzere dynamische Amortisationszeit einem geringeren Investitionsrisiko. Wann sich eine Investition amortisiert hat, lässt sich wie folgt berechnen:

**Formel 3** Dynamische Amortisationsrechnung

$$AZ = t^* + \frac{KW_{t^*}}{KW_{t^*} - KW_{t^*+1}}$$

AZ = Amortisationszeit in Jahren

KW = Kapitalwert

t \* = Periode, in der letztmalig ein negativer kumulierter Barwert auftritt

Die Tabelle 29 gibt die Amortisationsdauer wieder.

**Ergebnis:** Die Amortisationsrechnung für Variante 1 hat ergeben, dass sich die Anschaffung von RFID bereits nach **4,205** Jahren rechnet.

---

<sup>67</sup> [vgl. Dernick et.al. (2009):Steuerung und Führung im Unternehmen, S. 353]

Tabelle 29: Amortisationsdauer

<b>Amortisationsdauer</b>					
<b>Amortisationsdauer (dynamisch)</b>	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
Einsparungen	14.792,75 €	29.585,53 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	15.774,00 €	11.475,00 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	- 981,25 €	18.110,53 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	- 917,06 €	15.818,44 €	18.904,69 €	19.115,80 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	- 917,06 €	14.901,38 €	33.806,07 €	52.921,87 €	70.787,10 €
<b>- Anschaffungskosten</b>	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Nettoeinzahlungen:</b>	<b>- 57.516,69 €</b>	<b>- 41.698,25 €</b>	<b>- 22.793,56 €</b>	<b>- 3.677,76 €</b>	<b>14.187,47 €</b>
<b>Amortisationsdauer:</b>	<b>4,20 Jahre</b>				

EIGENE ERHEBUNG

Um eine Amortisationsdauer berechnen zu können, müssen die jährlichen Einsparungen (Tabelle 28) und jährlichen laufenden Kosten (Tabelle 27) ermittelt werden. Die Differenz von jährlichen Einsparungen und jährlichen laufenden Kosten, ergibt den Cash Flow. Die dynamische Amortisationsrechnung berücksichtigt für die Berechnung der Amortisationsdauer die Verzinsung in Höhe des Kalkulationszinssatzes von 7 bzw. 2,5 %. Wird der Cash Flow mit der jährlichen Verzinsung multipliziert, ergeben sich die diskontierten Einzahlungsüberschüsse (Barwert).

In Folge ergibt sich der kumulierte Barwert für die einzelnen Bezugsjahre. Dieser errechnet sich aus dem kumulierten Barwert n plus diskontierten Einzahlungsüberschüsse n+1. Um die Nettoeinzahlungen für die einzelnen Bezugsjahre zu erhalten, werden zum kumulierten Barwert die Anschaffungskosten subtrahiert.

Die Ergebnisse der Amortisationsrechnung ist in der Tabelle 29 angeführt.

### 7.4.5 Return on Investment

Der ROI ist eine finanzwirtschaftliche Kennzahl, die die Kosten einer Investition, mit den um den internen Zinssatz diskontierten Rückflüssen ins Verhältnis setzt. Das Ergebnis einer ROI Rechnung ist ein Prozentwert.<sup>68</sup> Dieser gibt den prozentualen Anteil des Gewinns einer Investition an und damit den Wert, der aus einer Investition zurückfließen wird.<sup>69</sup>

Die folgende Formel gibt die Parameter an, die für die Berechnung des ROI erforderlich sind.

**Formel 4 ROI**

$$\text{ROI} = \left( \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^{t=n} \text{NPV}_t(\text{Cashflow})}{\text{Grundinvestition}}} \right) - 1$$

mit

$$\text{NPV}_t = \frac{\text{Cashflow}}{(1+i)^t}$$

QUELLE: BUSINESS VALUE GROUP

Die Investitionsrechnung soll Grundlagen liefern, um entscheiden zu können, ob eine Investition durchgeführt werden soll oder nicht. Ein Vergleich von Investitionen wird möglich, indem der ROI zweier Investitionsobjekte herangezogen wird. Die Investition mit dem höheren ROI ist rentabler. Wichtig dabei ist, dass derselbe Betrachtungszeitraum vorliegt. Der ROI trifft jedoch keine Aussage über die Höhe des Gewinns – und auch das Risiko der Investition wird nicht berücksichtigt. Weiters sagt der ROI nichts über die Größe einer Investition aus.<sup>70</sup>

**Ergebnis:** Das Ergebnis gibt die Verzinsung des durch die Investition gebundenen Kapitals an, die so genannte Rendite. Der Return on Investment beträgt für die RFID Implementierung nach 5 Jahren **4,58%**.

<sup>68</sup> [vgl. Die wichtigsten Begriffe der Wirtschaftlichkeitsrechnung: <http://www.business-value-group.com/whitepaper-basics1.html> Abrufungsdatum: 12.12.2010]

<sup>69</sup> [vgl. Domschke und Scholl (2005): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S. 246ff]

<sup>70</sup> [vgl. Weissmann (2005): Unternehmen steuern mit Controlling, S. 140-144]

Tabelle 30: Return on Investment

<b>Return-on-Investment</b>					
<b>Return-on-Investment (dynamisch)</b>	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
Einsparungen	14.792,75 €	29.585,53 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	15.774,00 €	11.475,00 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	- 981,25 €	18.110,53 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	- 917,06 €	15.818,44 €	18.904,69 €	19.115,80 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	- 917,06 €	14.901,38 €	33.806,07 €	52.921,87 €	70.787,10 €
- Anschaffungskosten	56.591,22 €				
<b>Verzinsung des eingesetzten Kapitals</b>					
nach 3 Jahren:	<b>-11,94 %</b>				
nach 4 Jahren:	<b>-1,5 %</b>				
nach 5 Jahren:	<b>4,58 %</b>				

EIGENE ERHEBUNG

### 7.4.6 Vergleichsberechnung

Mit Hilfe der Vergleichsberechnung besteht die Möglichkeit, die unterschiedlichen Varianten miteinander zu vergleichen. Für die ökonomische Bewertung wurden vier Varianten angenommen, die sich im Fertigstellungsgrad und der jährlichen Verzinsung unterscheiden. In Tabelle 31 sind die fünf unterschiedlichen Varianten angeführt. In den darauffolgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Investitionsvergleichsberechnung veranschaulicht und in weiterer Folge grafisch dargestellt.

**Tabelle 31:** Aufstellung Varianten

<b>Variante 1</b>					
<b>Verzinsung 7%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad in %</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Variante 2</b>					
<b>Verzinsung 7%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad in %</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Variante 3</b>					
<b>Verzinsung 7%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad in %</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Variante 4</b>					
<b>Verzinsung 2,5%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad in %</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Variante 5</b>					
<b>Verzinsung 2,5%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad in %</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
EIGENE ERHEBUNG					

Tabelle 32: Vergleichsberechnung Variante 2

<b>Investitionsvergleichsberechnung Variante 2</b>					
<b>ROI</b>					
<b>Verzinsung 7%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
Einsparungen	9.245,48 €	16.641,86 €	25.887,34 €	33.283,72 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	4.053,75 €	12.461,25 €	12.217,50 €	12.022,50 €	11.925,00 €
Cash Flow	5.191,73 €	4.180,61 €	13.669,84 €	21.261,22 €	25.056,91 €
Barwert	4.852,08 €	3.651,51 €	11.158,66 €	16.220,08 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	4.852,08 €	8.503,59 €	19.662,25 €	35.882,33 €	53.747,56 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Verzinsung des eingesetzten Kapitals</b>					
nach 3 Jahren:	<b>-18,23 %</b>				
nach 4 Jahren:	<b>-8,10 %</b>				
nach 5 Jahren:	<b>-0,98 %</b>				
<b>Amortisationsdauer</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
Einsparungen	9.245,48 €	16.641,86 €	25.887,34 €	33.283,72 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	4.053,75 €	12.461,25 €	12.217,50 €	12.022,50 €	11.925,00 €
Cash Flow	5.191,73 €	4.180,61 €	13.669,84 €	21.261,22 €	25.056,91 €
Barwert	4.852,08 €	3.651,51 €	11.158,66 €	16.220,08 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	4.852,08 €	8.503,59 €	19.662,25 €	35.882,33 €	53.747,56 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Nettoeinzahlungen:</b>	<b>- 51.739,14 €</b>	<b>- 48.087,63 €</b>	<b>- 36.928,97 €</b>	<b>- 20.708,89 €</b>	<b>- 2.843,66 €</b>
<b>Amortisationsdauer:</b>	<b>5,34 Jahre</b>				

EIGENE ERHEBUNG

Tabelle 33: Vergleichsberechnung Variante 3

<b>Investitionsvergleichsberechnung Variante 3</b>					
<b>ROI</b>					
<b>Verzinsung 7%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	27.736,43 €	33.283,72 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	21.191,25 €	12.022,50 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	6.545,18 €	21.261,22 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	6.116,99 €	18.570,37 €	18.904,70 €	19.115,80 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	6.116,99 €	24.687,37 €	43.592,06 €	62.707,86 €	80.573,09 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Verzinsung des eingesetzten Kapitals</b>					
nach 3 Jahren:	<b>-7,14 %</b>				
nach 4 Jahren:	<b>2,5 %</b>				
nach 5 Jahren:	<b>7,32 %</b>				
<b>Amortisationsdauer</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	27.736,43 €	33.283,72 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	21.191,25 €	12.022,50 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	6.545,18 €	21.261,22 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	6.116,99 €	18.570,37 €	18.904,70 €	19.115,80 €	17.865,23 €
kumulierter Barwert	6.116,99 €	24.687,37 €	43.592,06 €	62.707,86 €	80.573,09 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Nettoeinzahlungen:</b>	<b>- 50.474,23 €</b>	<b>- 31.903,85 €</b>	<b>- 12.999,16 €</b>	<b>6.116,64 €</b>	<b>23.981,87 €</b>
<b>Amortisationsdauer:</b>	<b>3,68 Jahre</b>				

EIGENE ERHEBUNG

Tabelle 34: Vergleichsberechnung Variante 4

<b>Investitionsvergleichsberechnung Variante 4</b>					
<b>ROI</b>					
<b>Verzinsung 2,5%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	14.792,75 €	29.585,53 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	15.774,00 €	11.475,00 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	- 981,25 €	18.110,53 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	- 957,32 €	17.237,86 €	21.505,49 €	22.700,32 €	22.146,66 €
kumulierter Barwert	- 957,32 €	16.280,55 €	37.786,04 €	60.486,36 €	82.633,02 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Verzinsung des eingesetzten Kapitals</b>					
nach 3 Jahren:	<b>-10,02 %</b>				
nach 4 Jahren:	<b>1,68 %</b>				
nach 5 Jahren:	<b>7,86 %</b>				
<b>Amortisationsdauer</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	14.792,75 €	29.585,53 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	15.774,00 €	11.475,00 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	- 981,25 €	18.110,53 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	- 957,32 €	17.237,86 €	21.505,49 €	22.700,32 €	22.146,66 €
kumulierter Barwert	- 957,32 €	16.280,55 €	37.786,04 €	60.486,36 €	82.633,02 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Nettoeinzahlungen:</b>	<b>- 57.548,54 €</b>	<b>- 40.310,67 €</b>	<b>- 18.805,18 €</b>	<b>3.895,14 €</b>	<b>26.041,80 €</b>
<b>Amortisationsdauer:</b>	<b>3,82 Jahre</b>				

EIGENE ERHEBUNG

Tabelle 35: Vergleichsberechnung Variante 5

<b>Investitionsvergleichsberechnung Variante 5</b>					
<b>ROI</b>					
<b>Verzinsung 2,5%</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	27.736,43 €	33.283,72 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	21.191,25 €	12.022,50 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	6.545,18 €	21.261,22 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	6.385,54 €	20.236,73 €	21.505,49 €	22.700,32 €	22.146,66 €
kumulierter Barwert	6.385,54 €	26.622,28 €	48.127,77 €	70.828,10 €	92.974,75 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Verzinsung des eingesetzten Kapitals</b>					
nach 3 Jahren:	<b>4,76 %</b>				
nach 4 Jahren:	<b>5,77 %</b>				
nach 5 Jahren:	<b>10,44 %</b>				
<b>Amortisationsdauer</b>					
	<b>1. Jahr</b>	<b>2. Jahr</b>	<b>3. Jahr</b>	<b>4. Jahr</b>	<b>5. Jahr</b>
<b>Fertigstellungsgrad</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Einsparungen	27.736,43 €	33.283,72 €	35.132,81 €	36.981,91 €	36.981,91 €
- Laufende Kosten	21.191,25 €	12.022,50 €	11.973,75 €	11.925,00 €	11.925,00 €
Cash Flow	6.545,18 €	21.261,22 €	23.159,06 €	25.056,91 €	25.056,91 €
Barwert	6.385,54 €	20.236,73 €	21.505,49 €	22.700,32 €	22.146,66 €
kumulierter Barwert	6.385,54 €	26.622,28 €	48.127,77 €	70.828,10 €	92.974,75 €
- Anschaffungskosten	<b>56.591,22 €</b>				
<b>Nettoeinzahlungen:</b>	<b>- 50.205,68 €</b>	<b>- 29.968,94 €</b>	<b>- 8.463,45 €</b>	<b>14.236,88 €</b>	<b>36.383,53 €</b>
<b>Amortisationsdauer:</b>	<b>3,37 Jahre</b>				

EIGENE ERHEBUNG

Die folgenden Abbildungen geben die Vergleichsberechnungen bezüglich ROI, Nettoeinzahlungen, Einsparungen pro Jahr und Amortisationsdauer grafisch wieder. Anhand der Abbildungen lassen sich die unterschiedlichen Varianten gut miteinander vergleichen.

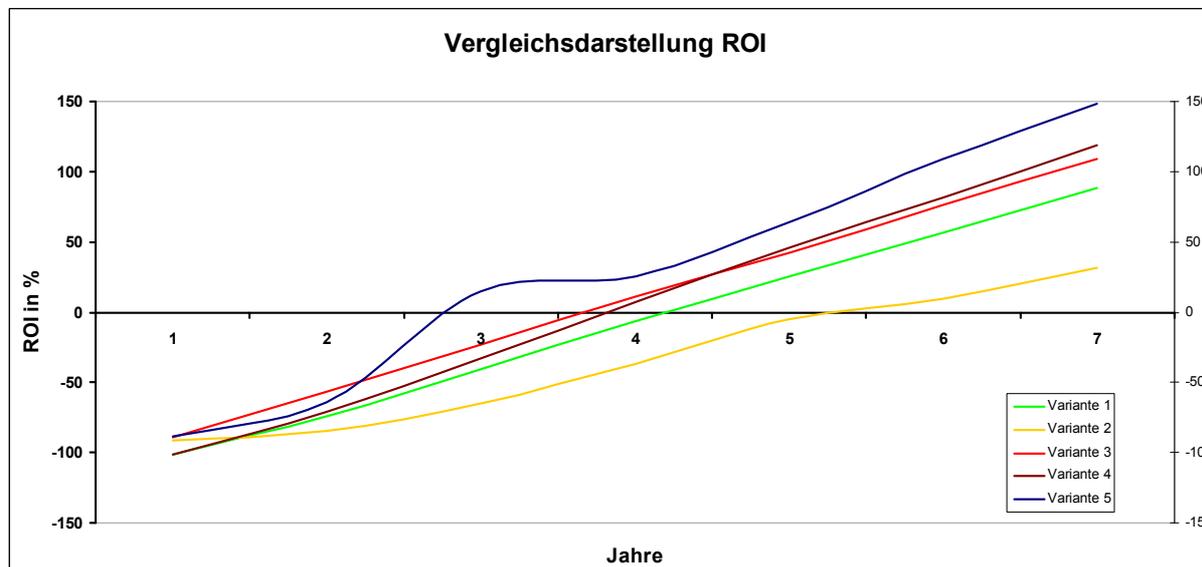


Abb. 70: Vergleich ROI (EIGENE DARSTELLUNG)

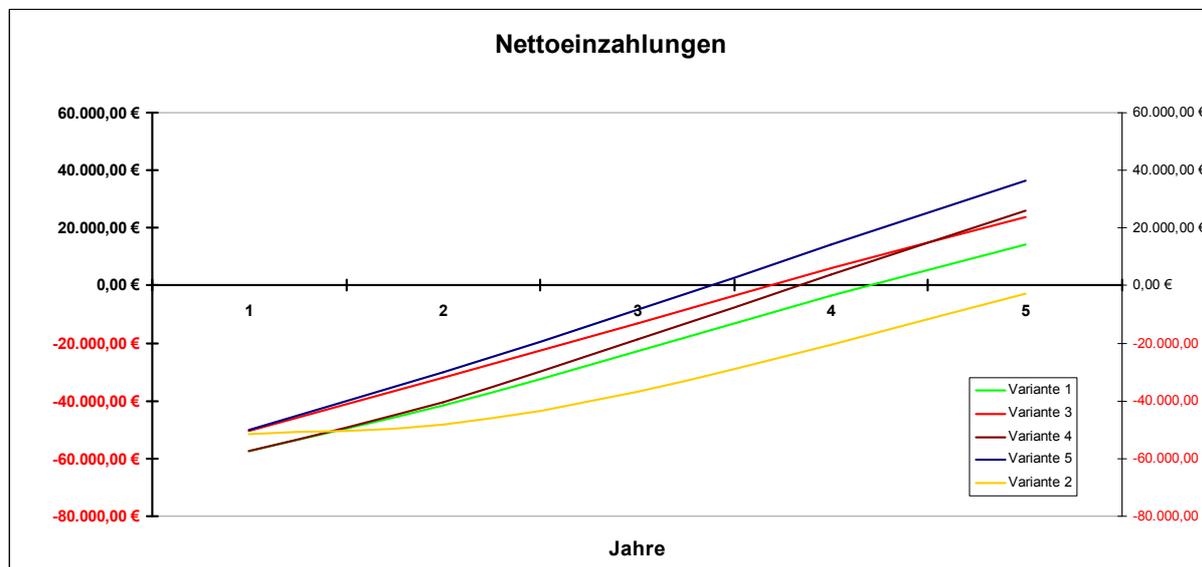
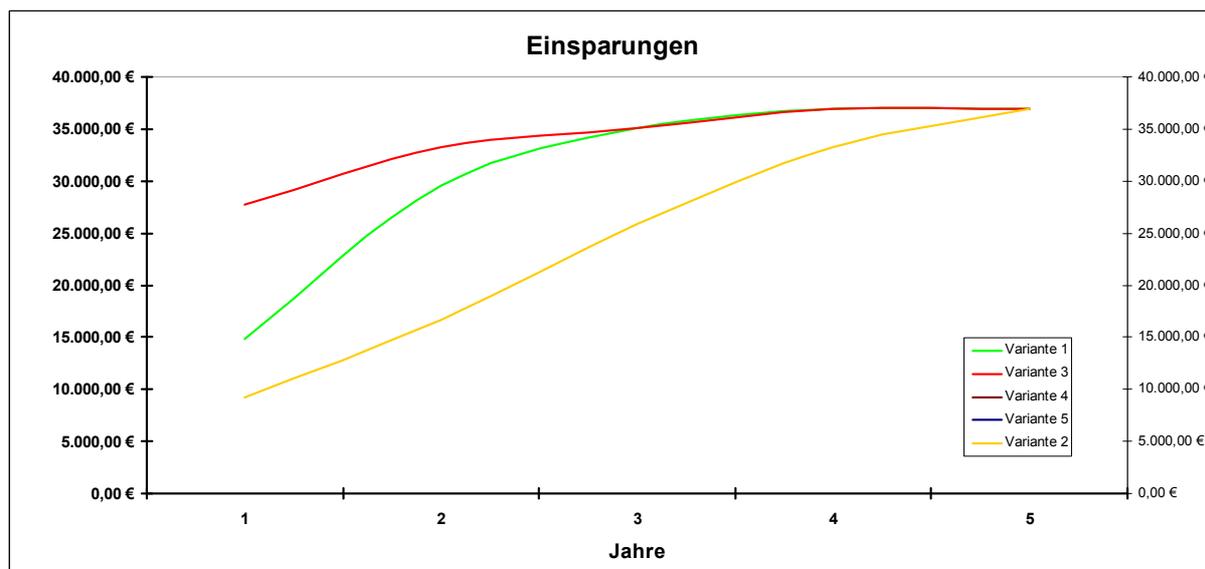
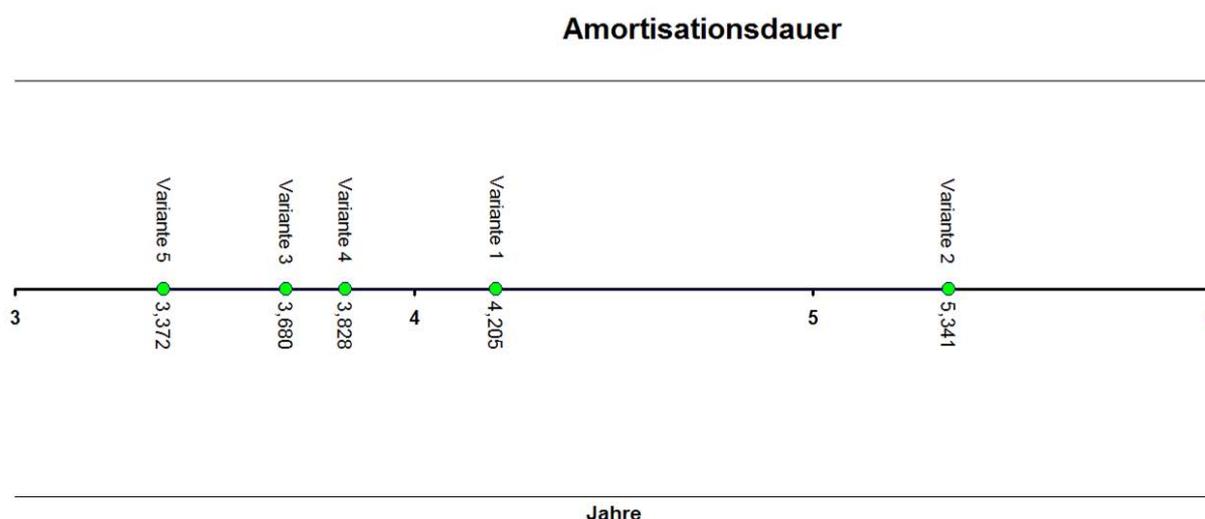


Abb. 71: Vergleich Nettoeinzahlung (EIGENE DARSTELLUNG)



**Abb. 72:** Vergleich Einsparung (EIGENE DARSTELLUNG)

Bei den Einsparungen ergeben sich auf Grund der identen Fertigstellungsgrade von Variante 1 und 4 bzw. Variante 3 und 5 die gleichen Einsparungen pro Jahr. Daher werden in der Abbildung nur drei Linien angezeigt. Die Abbildung zeigt sehr deutlich, dass das Einsparungspotenzial sehr stark vom Fertigstellungsgrad abhängig ist. Aus diesem Grund gibt es vor allem am Anfang der Laufzeit sehr große Unterschiede bei den Einsparungen.



**Abb. 73:** Amortisationsdauer (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Abb. 73 gibt die Amortisationsdauer für die fünf Varianten an. Die Berechnung hat ergeben, dass die Variante 5 mit 3,372 Jahren die geringste Amortisationsdauer hat. Die Variante 2 hingegen hat mit 5,341 Jahren die höchste Amortisationsdauer.

Die Tabelle 36 ist eine Kostenaufstellung für die Etikettierung vom Barcode- und RFID-Systems.

**Tabelle 36:** Kostenvergleich für Etikettierung

<b>Kostenaufstellung für Etikettierung</b>	
<b>PE-Folie</b>	
Paketscheinlänge: 16 cm	
je Paket werden 2 Paketscheine mit je 16 cm appliziert	
Kosten für eine Rolle Trägermaterial mit 150 lfm:	15,50 €
Paketscheine pro Rolle	937,5
PE-Folienkosten pro Paketschein:	0,017 €
Kosten für Rolle Thermotransferband mit 210 lfm:	5,85 €
Druckkosten pro Paketschein	0,0004 €
Kosten für ein Paket ( <b>2 Stück</b> pro Paket):	<b>0,02 €</b>
Kosten für 100.000 Pakete	<b>1.742,48 €</b>
<b>Transponder</b>	
<b>Survivor</b> (1 Stück pro Paket)	
Kosten ab 1000 Stück	2,64 €
Kosten für ein Paket:	2,64 €
Kosten für 100.000 Pakete	<b>264.000,00 €</b>
<b>Alien Squiggle Higgs</b> (1 Stück pro Paket)	
Kosten ab 1000 Stück	0,45 €
Kosten für ein Paket	0,45 €
Kosten für 100.000 Pakete	<b>45.000,00 €</b>
<b>Flap Tag</b> (1 Stück pro Paket)	
Kosten ab 1000 Stück	1,19 €
Kosten für ein Paket:	1,19 €
Kosten für 100.000 Pakete	<b>119.000,00 €</b>

EIGENE ERHEBUNG

## 7.5 Verbesserungsvorschläge und Ausblick

Damit das Auslesen der Daten durch ein Paket hindurch möglich wird, müsste ein spezieller Transpondertyp entwickelt werden bzw. es müssten Veränderungen an der Antennentechnik vorgenommen werden.

Ein weiteres Konzept wäre ein dreidimensionaler Transponderaufbau, bei dem die Antenne an der Oberseite des Transponders angebracht ist und somit ein ausreichend großer Abstand zum gekennzeichneten Objekt gewährleistet wird. Jedoch wurde dieses Konzept nicht in den Testreihen geprüft.

Eine andere Verfahrensweise, um die Leseraten von Transpondern auf metallischen Oberflächen zu verbessern, basiert auf der "Stealth Technologie". Diese Technologie wurde ursprünglich zur Tarnung von Düsenjets entwickelt. Um die Vorteile der "Stealth Technologie" nutzen zu können, muss der Transponder auf einer kleinen Platte oder Folie eines absorbierenden Materials angebracht werden. Diese spezielle Platte oder Folie absorbiert fast vollständig die elektromagnetischen Wellen und die zusätzlich gewonnene Energie wird dem Mikrochip des Transponders zur Verfügung gestellt.<sup>71</sup>

Weiters kann davon ausgegangen werden, dass die Technologie erst dann eingesetzt wird, wenn RFID die gesamten Prozesse sinnvoll ergänzt. Dies setzt aber auch eine Anpassung im gesamten Unternehmen voraus, was die Einführung der Technologie nicht beschleunigt. Die Erweiterung der Einsatzgebiete von RFID ist von den Kosten der Technologie abhängig. Je günstiger RFID-Transponder werden, umso wahrscheinlicher ist auch ein flächendeckender Einsatz - „bis hin zum Jogurtbecher“.

Wichtig bei der Einführung von RFID-Systemen ist, dass die Unternehmen eine transparente Informationspolitik verfolgen um bei den Verbrauchern die Akzeptanz für RFID zu verbessern. Ein Unternehmen muss durch Aufzeigen von Vorteilen, die das System mit sich bringt, das Vertrauen in die Technologie zu erhöhen.<sup>72</sup>

Langfristig gesehen, wird sich die RFID-Technologie in Logistik und Handel durchsetzen. Die Zielsetzungen der Unternehmen, die die Technologie einsetzen, werden sehr unterschiedlich ausgelegt sein. Am Anfang wird es um die Verwendung im B2B-Bereich gehen. Der Einsatzbereich von RFID wird die Kennzeichnung von Ladeeinheiten, Transportverpackungen und Hilfsmitteln beschränken.<sup>73</sup>

<sup>71</sup> [vgl. Clasen (2007): RFID: Maßgeschneidert oder von der Stange, S. 45]

<sup>72</sup> [vgl. Sikora (2006): RFID - Die technischen Grundlagen]

<sup>73</sup> [vgl. Franke (2006): RFID- Leitfaden für die Logistik, S.277]

## Literaturverzeichnis

**Anonymus (2010):** RFID Hochgeschwindigkeitsportale für Saudi Arabia Railways,  
<http://www.7id.com/> Abrufdatum 02.06.2010

**Anonymus (s.t.):** Rohstoffmanagement bei Mondi Neusiedler GmbH,  
<http://www.bm-tricon.com/start.asp?ID=1169&b=179> Abrufdatum 15.05.2010

**Anonymus (2006):** Passive UHF-RFID Transponder für Industrie- und Logistikanwendungen in rauer Umgebung  
[http://www.harting.com/imperia/md/content/lg/hartingmitronics/downloads/applikationen/rfid\\_tags\\_de.pdf](http://www.harting.com/imperia/md/content/lg/hartingmitronics/downloads/applikationen/rfid_tags_de.pdf) Abrufdatum: 03.06.2010.

**Anonymus(s.t.):** Anlageninventur IT-Equipment bei Egger, <http://www.bm-tricon.com/start.asp?ID=1154&b=179> Abrufdatum: 24.06.2010

**Anonymus (s.t.):**  
<http://www.skiline.cc> Abrufdatum 08.06.2010

**Anonymus (s.t.):** Wirtschaftlichkeitsberechnung von RFID-Projekten mit RFID-Cab  
<http://www.slideshare.net/dbeier/wirtschaftlichkeitsberechnung-von-rfidprojekten-mit-rfidcab> Abrufdatum 22.05.2010

**Anonymus (s.t.):** RFID Anwendungsbeispiele  
[http://www.rfid-chips.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=35](http://www.rfid-chips.net/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=35) Abrufdatum 08.07.2010

**Anonymus (s.t.):** OCR (Optical Character Recognition)  
[www.e-teaching.org](http://www.e-teaching.org) Abrufdatum 16.06.2010

**Anonymus (s.t.):** Einsatzgebiete von Smart Labels, RFID im Blick Ausgabe 09.2009 <http://www.rfid-einsatz.com/> Abrufdatum am: 07.06.2010.

Anonymus (s.t): RFID-Webshop

**Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2004):**Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen,  
<https://www.bsi.bund.de> Abrufdatum 02.04.2010

**Clasen, M. (2007):** RFID: Maßgeschneidert oder von der Stange?. in: Böttinger, S., Theuvsen, L., Rank, S. und Morgenstern, M. (Hrsg.). Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten. Referate der 27. GIL Jahrestagung, 05.-07. März 2007, Stuttgart, S. 43-64

**Dernick, A., Gail, U., Hesberg, D., Musiol, C., Schwarzer, W. und E. Ullrich (2009):** Steuerung und Führung im Unternehmen, Hrsg. Berufsbildungswerk der deutschen Versicherungswirtschaft, Verlag Versicherungswirtschaft GmbH Karlsruhe

**Dittmann, L. (2006):** Der angemessene Grad an Visibilität in Logistik-Netzwerken. Die Auswirkungen von RFID, Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2006.

**Domschke, W. und Scholl A. (2005):** Grundlagen der Betriebswirtschaft, 3 Aufl., Springer Verlag 2005.

**Franke, W. und Dangelmaier, W. (2006):** RFID- Leitfaden für die Logistik. Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele, 1. Aufl., Gabler Verlag Wiesbaden, Wiesbaden 2006.

**Finkenzeller, K (2008):** RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, Kontaktlosen Chipkarten und NFC, 5 Aufl., Carl Hanser Verlag München, Wien 2008.

**Gadatsch, A. (2001):** Management von Geschäftsprozessen: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis; eine Einführung für Studenten und Praktiker, 1. Aufl., Braunschweig 2001.

**Gilberg, J. ( 2009):** Technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Beurteilung des überbetrieblichen RFID-Einsatzes, 1. Aufl., Josef Eul Verlag, Löhmar-Klön.

**Gross, S. (2005):** Implementierung und Betrieb von integrierten RFID-Systemen, Hrsg.: Institut für Technologiemanagement Universität St. Gallen, St. Gallen 2005.

#### **Global Standards1-Germany**

[http://www.gs1-germany.de/internet/content/e11/e226/e1575/index\\_ger.html](http://www.gs1-germany.de/internet/content/e11/e226/e1575/index_ger.html) Abrufdatum 07.06.2010.

#### **Global Standards1-Germany**

[http://www.gs1-germany.de/standards/epc\\_rfid/der\\_epc/index\\_ger.html](http://www.gs1-germany.de/standards/epc_rfid/der_epc/index_ger.html) Abrufdatum 02.06.2010.

**Global Standard 1 Germany (s.t.):** Der RFID-Kalkulator im Überblick. Rechenmodul zur Kosten-Nutzen-Bewertung der RFID Technologie,

[http://www.05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI\\_RFID\\_Kalkulator.pdf](http://www.05.ibm.com/de/solutions/rfid/downloads/ROI_RFID_Kalkulator.pdf) Abrufdatum: 02.06.2010

**Global Standards1 Austria**

<http://www.gs1austria.at> Abrufdatum 07.06.2010.

**Informationsforum RFID (Hrsg.) . (2007):** Basiswissen RFID, Hrsg. Informationsforum RFID, 2 Aufl., Berlin 2007. [http://www.info-rfid.de/publikationen/broschueren/index\\_ger.html](http://www.info-rfid.de/publikationen/broschueren/index_ger.html) Abrufdatum: 06.12.2009

**Informationsforum RFID (Hrsg.) .(s.t.):** RFID im Gesundheitswesen, Hrsg. Informationsforum RFID, Berlin [http://www.info-rfid.de/publikationen/broschueren/index\\_ger.html](http://www.info-rfid.de/publikationen/broschueren/index_ger.html) Abrufdatum: 06.12.2009

**Isendörfer, B. (1999):** Strategisches Management von Projektentwicklungsunternehmen, Verlag Rudolf Müller, Köln 1999.

**Kern, C. (2007):** Anwendungen von RFID-Systemen. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

**Küng, R. (s.t.):** Die Gen2 UHF RFID Technik ist einsatzbereit! ,Zentrum für Signalverarbeitung und Nachrichtentechnik (ZSN) ZHAW Winterthur, [https://home.zhaw.ch/~kunr/publikationen/UHF%20RFID\\_final1.pdf](https://home.zhaw.ch/~kunr/publikationen/UHF%20RFID_final1.pdf) Abrufdatum 07.06.2010.

**Mayer, J (2010):** mündliche Mitteilung vom 24.01.2010.

**Mayer, J (2010):** schriftliche Mitteilung vom 12.03.2010.

**Müller, M. (2005):** Informationstransfer im Supply Chain Management. Neue Betriebswirtschaftliche Forschung, Band 341, Deutscher Universitätsverlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

**Overmeyer, L u. Vogeler, S. (2005):** RFID. Grundlagen und Potenziale, Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Universität Hannover <http://www.elogistics-journal.de/archiv/2005/3/rfid> Abrufdatum: 08.06.2010.

**Pabst, J. (2010):** Johann Pabst Holzindustrie GmbH. <http://www.pabst-holz.com>; Abrufdatum: 24.03.2010.

**Petersen, H. und Vallée, F.(s.t.): (Hrsg.)** Der Einsatz von RFID zur Rundholzidentifikation in der Sägeindustrie – Ein Vorgehensmodell zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit, Münster [http://www.verkehrsrundschau.de/fm/3576/RFID\\_Fachwissen\\_Petersen.pdf](http://www.verkehrsrundschau.de/fm/3576/RFID_Fachwissen_Petersen.pdf) Abrufdatum 15.06.2010.

**Pulverich, M. und Schietinger, J. (2009):** Handbuch Kommissionierung. Effizient picken und packen, Verlag Heinrich Vogel, in der Springer Transport Media GmbH, München 2009.

**Regionale Kompetenzzentrum EC-Ruhr und ECC Stuttgart-Heilbronn (2007):** Leitfaden RFID — Eine Chance für kleine und mittlere Unternehmen.

**Sauter, M. (2006):** RFID in der Möbelindustrie, Workshop RFID Erlangen Fraunhofer IIS, ITG-Fachbericht Band 195, VDE-Verlag

**Schmelzer, H. J. und Sesselmann, W. (2003):** Geschäftsprozessmanagement in der Praxis, 3. vollständig überarbeitete Auflage, München, Wien 2003.

**Sikora, A. (2006):**RFID - Die technischen Grundlagen,  
[http://www.tecchannel.de/test\\_technik/grundlagen/431196/rfid\\_die\\_technischen\\_grundlagen/index12.html](http://www.tecchannel.de/test_technik/grundlagen/431196/rfid_die_technischen_grundlagen/index12.html)  
Abrufdatum 13.10.2010.

**Springer Fachmedien (2008):** Potenzial von RFID in deutschen Unternehmen weitgehend ungenutzt.  
<http://www.atzonline.de/Aktuell/Nachrichten/1/7707/Fraunhofer-IPT-Potenzial-von-RFID-in-deutschen-Unternehmen-weitgehend-ungenutzt.html> Abrufdatum 21.06.2010.

**Steinkellner, R. (2010):** schriftliche Mitteilung vom 08.02.2010.

**Steinkellner, R. (2010):** schriftliche Mitteilung vom 23.06.2010.

**Steinkellner, R. (2010):** schriftliche Mitteilung vom 12.11.2010.

**Tiedtke, J. (1998):** Allgemeine Betriebswirtschaft für Schule, Ausbildung und Beruf. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden 1998.

**Trübswetter, T. (2006):** Holz Trocknung. Verfahren zur Trocknung von Schnittholz-Planung von Trocknungsanlagen, Carl Hanser Verlag München-Wien.

**Weissmann, F. (2005):** Unternehmen steuern mit Controlling, Leitfaden und Toolbox für die Praxis, Springer Verlag Berlin Heidelberg.