



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

In Zusammenarbeit mit:



HAUNI
Universelle Engineering
U.N.I. GmbH

Department Maschinenbau und Produktion

Studiengang: Produktionsmanagement

Bachelorthesis

Entwerfen einer Verpackungsrichtlinie nach der Katalogisierung der fremdbeschafften Maschinenbauteile für die Zulieferer der Universelle Schwarzenbek unter Einbeziehung der begleitenden Prozesse

vorgelegt von:	Klaus Mattich
Matrikelnummer:	1922643
Email:	Klaus.Mattich@googlemail.com
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Jochen Kreuzfeldt
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Thomas Kalkofen
Abgabetermin:	18.03.2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abstract.....	VI
1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Aufbau der Arbeit.....	5
2. Grundlagen.....	6
2.1 Terminologie.....	6
2.2 Funktionen der Verpackung.....	9
2.2.1 Schutzfunktion.....	9
2.2.2 Rationalisierungsfunktion.....	10
2.2.3 Kommunikationsfunktion.....	10
2.3 Anforderungen an die Verpackung.....	11
2.4 Verpackungsauswahl.....	12
2.5 Abfallwirtschaft.....	14
2.5.1 Abfallverwertung.....	14
2.5.2 Verpackungsverordnung.....	16
2.6 Korrosionsschutz.....	17
2.6.1 Schutzschichtmethode.....	18
2.6.2 VCI-Methode.....	19
2.7 Methods Time Measurement - MTM.....	22
3. Verpackungsrichtlinie.....	25

3.1	Allgemeines	25
3.1.1	Ziel	25
3.1.2	Gültigkeit	26
3.1.3	Mehrwegverpackungen	26
3.1.4	Einwegverpackungen	26
3.1.5	Paletten	27
3.1.6	Zulässige Verpackungsmaterialien	27
3.2	Katalogisierung und Verpackungskonzepte	28
3.2.1	Verzahnung, Zahn- und Riemenscheiben	28
3.2.2	Trommeln und Steuerflansche	46
3.2.3	Kunststoffteile und Folien	57
3.2.4	Blech und Blechbaugruppen	63
3.2.5	Dreh- und Frästeile	74
4.	Zusammenfassung und Ausblick	79
	Literaturverzeichnis	83
	Anhang	85

Abkürzungsverzeichnis

BEP	Break even point
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Normen
GG	Grauguss
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ISO	Internationale Organisation für Normung
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
MTM	Methods-Time Measurement
NE-Metall	Nichteisenmetall
NK6100	Werksnorm - Korrosionsschutz für Eisenwerkstoffe
PaGG-Mo	Gusspolyamid
PE	Polyethylen
PMMA	Polymethylmethacrylat
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
QS	Qualitätssicherung
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
SvZ	System vorbestimmter Zeit
TMU	Time measurement unit
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TUL-Prozesse	Transport-, Umschlags- und Lagerprozesse
VCI	Volatile Corrosion Inhibitor
WE	Wareneingang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Verpackungsprozess	6
Abbildung 2 - Optimale Verpackung	13
Abbildung 3 - Betriebliche Abfallwirtschaft	15
Abbildung 4 - Bewegungszyklus	23
Abbildung 5 - Verwendung von Paletten.....	27
Abbildung 6 - Beschädigungen.....	29
Abbildung 7 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 1	32
Abbildung 8 - Standardgrößen UniBox	34
Abbildung 9 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 2 Schaumstoffpads.....	37
Abbildung 10 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 2 Schaumstofffolie	38
Abbildung 11 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 3	41
Abbildung 12 -Standardgrößen Drehpack.....	43
Abbildung 13 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Verzahnung, Zahn- und Riemenscheiben.....	45
Abbildung 14 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 4	48
Abbildung 15 - Break even point (BEP) für Mehrwegverpackung	54
Abbildung 16 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Trommeln und Steuerflansche	56
Abbildung 17- Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 6	61
Abbildung 18 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Kunststoffteile und Folien.....	63
Abbildung 19 - Bauteil aus Beispiel 7	66
Abbildung 20 - Unterschiedliche Verpackungsansätze	67
Abbildung 21 - Transportkiste.....	70
Abbildung 22 - Verpackungskosten Mehrwegkiste	72
Abbildung 23 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Bleche und Blechbaugruppen	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Anforderungen an die Verpackung aus der Sicht der Logistikpartner.....	11
Tabelle 2 -Beispiel MTM.....	24
Tabelle 3 - Zulässige Verpackungsmaterialien	28
Tabelle 4 - Zeitaufwand Beispiel 1	35
Tabelle 5 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 1	35
Tabelle 6 - Zeitaufwand Beispiel 2.....	40
Tabelle 7 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 2	40
Tabelle 8 - Zeitaufwand Beispiel 3.....	43
Tabelle 9 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 3	44
Tabelle 10 - Zeitaufwand Beispiel 4.....	50
Tabelle 11 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 4	50
Tabelle 12 - Zeitaufwand Pendelverpackung.....	52
Tabelle 13 - Voraussichtliche Kosten Pendelverpackung	53
Tabelle 14 - Zeitaufwand Beispiel 5.....	59
Tabelle 15 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 5	59
Tabelle 16 - Zeitaufwand Beispiel 6.....	62
Tabelle 17 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 6	62
Tabelle 18 - Vor- und Nachteile der Packmittel.....	66
Tabelle 19 - Zeitaufwand in vier Varianten zu Beispiel 7.....	68
Tabelle 20 - Voraussichtliche Kosten der vier Varianten zu Beispiel 7.....	68

Abstract

Ziel der Arbeit ist die Erstellung einer Verpackungsrichtlinie für Zulieferer von Maschinenbauteilen. Hierzu werden besagte Maschinenbauteile zunächst nach ihrer geometrischen Form, nach ihrem Werkstoff und ihren qualitätsbestimmenden Eigenschaften katalogisiert. Zu jeder Kategorie werden unter Berücksichtigung von Gesamtkosten, Wiederverwendbarkeit, Materialeinsatz, Entsorgungsmöglichkeiten, Korrosionsschutz und Prozessvorteilen Verpackungskonzepte entworfen. Zur Ermittlung von Herstellungszeiten der Verpackungen wird zum einen die Methods-Time Measurement (MTM) genutzt, zum anderen ein Selbstversuch durchgeführt.

Entstanden ist eine Verpackungsrichtlinie, deren Befolgung es ermöglicht, das Spektrum an unterschiedlichen Verpackungen zu vereinheitlichen und die Vielfalt an Verpackungsmaterialien zu minimieren. Dies erleichtert die anschließende Materialverwertung. An gegebenen Stellen lässt sich der Warenannahmeprozess durch Verkürzen von Bearbeitungszeiten verbessern, insbesondere durch die Einführung des VCI-Korrosionsschutzes.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Durch ungenügende und fehlerhafte Verpackung sind im Jahr 2007 deutschlandweit Warenschäden in Höhe von 800 Millionen Euro entstanden. Jährlich erreichen die von Versicherungen erfassten Schäden weltweit mehr als vier Milliarden Euro. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Dunkelziffer um ein Vielfaches höher liegt. Grund hierfür ist die Tatsache, dass nicht jeder Versand versichert ist und der Schadensfall somit nicht von der Versicherung registriert wird (vgl. Packreport 2008).

Durch den Einsatz adäquater Verpackungen können Transportschäden und Schäden, die durch eine lange Lagerung hervorgerufen werden, zwar nicht verhindert werden, jedoch lassen sie sich stark reduzieren. Die globale Vernetzung der Märkte, und somit auch der Industrien, bringt einen wachsenden Bedarf nach rationeller Verpackung mit sich. Nicht so viel Verpackungsaufwand wie möglich, sondern so viel wie nötig ist die Devise (vgl. Bleisch et al. 2011, 4). Somit sollte die Verpackung auch den ökologischen und ökonomischen Grundsätzen gerecht werden und auch der deutschen Verpackungsverordnung von 1991 Folge leisten (vgl. Bleisch et al. 2011, 82f.).

Die Verpackungsverordnung ist ein Bestandteil des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG). Die Ziele der Verpackungsverordnung sind in § 1 „Abfallwirtschaftliche Ziele“ festgehalten. Dazu gehört die Entlastung der Umwelt durch Reduzierung der Verpackungsabfälle sowie das Bestreben, Verpackungen wiederzuverwenden oder zu verwerten. Sie ist gegenwärtig in der Fassung vom 21.08.1998 mit der fünften Veränderung der Verordnung von 2008 gültig.

Im Maschinenbau und Gerätebau wird der Verpackungsaufwand, schon aus ökonomischer Sicht, in vielen Fällen bis an ein Minimum herangeführt. Ein Grund hierfür ist, dass im Maschinenbau, im Gegensatz zur Konsumgüterindustrie, keine oder nur selten entsprechende Verpackungsfachleute mitarbeiten (vgl. Bauer 1981, 17).

Die momentane Situation bezüglich der Verpackung ist in vielen Unternehmen mangelhaft. So wird die Verpackung meist nur als Teil eines logistischen Bereichs gesehen. Es werden Vorschriften erstellt, ohne sich die Zusammenhänge zwischen den Prozessen, wie Verladen, Transport, Umverpacken, Einlagern und Kommissionieren, genauer anzusehen. Aufgrund fehlender Standards, mangelnder Modularisierung und geringer Kompatibilität kommt es oftmals zu großen heterogenen Verpackungsbeständen, schwierigen Ladeeinheitenbildun-

gen und Platzproblemen bei der Einlagerung durch schlecht genutzte Volumenausnutzung (vgl. Arnold et al. 2004, C2-89).

In der Geschäftswelt werden die Anforderungen an Lieferungen in Verträgen, unter dem Punkt „Technische Lieferbedingungen“ zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer festgelegt. Wenn nicht anders vereinbart, ist der Auftragnehmer für die Qualität der Ware verantwortlich. Der Abnehmer hat durch eine Wareneingangsprüfung zu prüfen, ob die technischen Bedingungen eingehalten wurden. Sollte er nicht oder unzureichend prüfen, mindert er seine Ansprüche auf eine Gewährleistung und kann im Schadensfall durch Dritte wegen Fahrlässigkeit haftbar gemacht werden. Die Industrie tendiert heute immer mehr dazu, den Umfang der Wareneingangsprüfung zu reduzieren und die Prüfung mithilfe der Qualitätssicherungsmaßnahmen des Herstellers zu absolvieren. Meist sind die Hersteller auch bereit, die notwendigen Qualitätsnachweise zu erbringen. Dies setzt voraus, dass diese auch über ein entsprechendes Qualitätssicherungssystem, mit Eingangs-, Produktions- und Endkontrollen, verfügen. Trotz dieses Entgegenkommens behält der Abnehmer die Kontrollpflicht. Zu Problemen führen können folgende Aspekte:

- Nicht alle Mitarbeiter sind über das Unternehmensziel, die Herstellung von qualitätsgerechten Verpackungen oder Packstücken ausreichend informiert,
- schriftliche Arbeitsanweisungen für die Durchführung des Verpackungsvorganges, selbst für Standardverpackungen, sind nicht einzusehen oder gar vorhanden,
- es liegen keine ausreichenden, nach den gültigen Normen angefertigten Zeichnungen der Verpackungen vor,
- im Bereich der Auslieferung beim Hersteller herrscht Unkenntnis über die Rechtslage bezüglich der Verantwortung über Ladungssicherung,
- es existieren keine ausreichenden, nach den vorhandenen Normen und Richtlinien erstellten Spezifikationen für verwendbare Packstoffe, Packmittel und Packhilfsmittel,
- es kann keine technische Zeichnung der verlangten Verpackung zur Verfügung gestellt werden (vgl. Eschke et al. 2007, 1f.).

Die Universelle Engineering U.N.I. GmbH ist ein Rebuildunternehmen. Um ältere Maschinen instand zu halten und gegebenenfalls, auf Wunsch des Kunden, auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen, werden mechanische Bauteile kontinuierlich konstruktiv bearbeitet, wodurch eine hohe Teilezahl zustande kommt. Insgesamt kommen so ca. 34.000 Artikel zusammen. Diese werden in drei Warengruppen unterteilt:

1. Fertigungshilfsmittel
2. Handelsware
3. Halbzeug

An dieser Stelle ist anzumerken, dass es sich bei der Warengruppe „Halbzeug“ nicht um den Oberbegriff für Rohteilformen wie beispielsweise Bleche, Stangen oder Rohre handelt. Unter die Warengruppe „Halbzeug“ fallen alle Bauteile, die nach Konstruktionsvorgaben der Universelle Engineering U.N.I. GmbH gefertigt und angeliefert werden. Diese Waren basieren auf dem technologischen Wissen des Unternehmens. Auf Erfahrungswerten basierend wird davon ausgegangen, dass Handelsware, wie auch die Fertigungshilfsmittel, routiniert und mängelfrei verpackt angeliefert werden und keine weiteren Probleme bei einer längerfristigen Lagerung auftreten. Angeliefert werden alle Waren von Paketlieferdiensten oder von Speditionen.

Zu betrachten bleiben noch die Verpackungen der Halbzeuge. Gemessen an der Gesamtzahl der Teile machen sie etwa 56% aus. Für diese Teile gibt es bereits eine Werksnorm, die die Zulieferer bei der Auswahl der Verpackung unterstützen soll. Jedoch ist diese nicht ausreichend präzisiert und wird nicht kontinuierlich umgesetzt, sodass es immer wieder zu Beschädigungen an Werkstücken kommt. Diese Beschädigungen können sowohl beim Transport, als auch bei der Warenannahme, der anschließenden Einlagerung oder dem innerbetrieblichen Transport auftreten. Auf die unterschiedlichen Arten der Beschädigungen und Belastungen der Bauteile wird im weiteren Verlauf der Arbeit eingegangen. Im Durchschnitt kommen wöchentlich 1.000 Bestellpositionen in der Warenannahme an. Diese können bis zu 5.000 Teile beinhalten. Davon gehen etwa 30 % durch die Qualitätssicherung (QS). Die Prüfung der Teile wird meist bei Erstmustern, aufbereiteten Teilen und bereits in der Vergangenheit als Schlechttteil befundenen Waren durchgeführt.

Häufig ergeben sich in der Warenannahme folgende Probleme:

- Bestellmengen > 1 Stück werden gemeinsam in einer Verpackung geliefert,
- bestellte Baugruppen sind nicht vorkommissioniert und die Positionen ebenfalls nicht einzeln verpackt,
- bei der Auslieferung einer Lieferung mit mehreren Positionen sind diese nicht räumlich voneinander getrennt verpackt,
- korrosionsgeschützte Teile weichen regelmäßig die Verpackung auf oder verschmutzen die Mehrwegkiste in einem nicht annehmbaren Ausmaß,
- Transportkisten werden ungesäubert wieder in Umlauf gebracht,
- es werden Packstoffe und Packmittel verwendet, die nicht gestattet sind,

Einleitung - Zielsetzung

- Bauteile sind nicht mit einer Materialnummer versehen,
- Bauteile werden unzureichend verpackt,
- große Ware wird mangelhaft auf Paletten angeliefert.

Durch die genannten Probleme ergeben sich unmittelbare und mittelbare Prozessstörungen. Zudem steigt das Risiko von Beschädigungen an den Werkstücken während des Transports, der Warenannahme und der anschließenden Einlagerung.

So verlängert sich die Durchlaufzeit der Ware vom Wareneingang zum Lager durch unnötiges Aus-, Um- und Neuverpacken oder durch das Kommissionieren von Baugruppen und deren anschließendem Verpacken. Auch der Vergleich der auf dem Lieferschein angegebenen Menge mit der Menge der Lieferung und deren optische Prüfung auf offensichtliche Mängel gestaltet sich, durch nicht Trennen der unterschiedlichen Positionen und übermäßigem Verwenden von Klebeband, als unnötig aufwendig. Durch Verschmutzungen wie Metallspäne und Korrosionsschutzöle kann Ware beschädigt werden. So kann die Oberflächengüte durch Kratzer beeinträchtigt werden und das Korrosionsschutzöl zu Ablösungen von Beschichtungen führen. Werkstücke die eine unzureichende Verpackung erhalten haben und korrosionsanfällig sind, können über einen längeren Zeitraum im Lager durch Korrosion beschädigt werden. Diese Prozessstörungen und Materialschäden führen zu mehr Arbeitszeit durch vermeidbare Arbeitsschritte und die Bearbeitung von Complaints¹, wie auch zu Verzögerungen in der Produktion durch nicht mehr verwendbare Bauteile und deren anschließende Nachbearbeitung. Das wiederum führt zu höheren Kosten.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Verpackungsrichtlinie, die den Lieferanten der Universelle Engineering U.N.I. GmbH als Leitfaden dienen soll, ihre Produkte nach den Anforderungen der Universelle Engineering U.N.I. GmbH zu verpacken und zu versenden. Sie soll eine Hilfestellung zur Auswahl der Packstoffe, der Packhilfsmittel und der Packmittel, unter Berücksichtigung von Kosten und Prozessvorteilen sein. Des Weiteren soll sie über mögliche Belastungen und Umwelteinflüsse auf die Verpackung und der darin befindlichen Ware und daraus folgende Beschädigungen aufklären. Sie soll weiter dazu dienen, Ware nachhaltig vor mechanischen und chemischen Beschädigungen zu schützen. Dies soll nicht nur für die Zeit des Transportes, sondern prozessübergreifend geschehen. Das bedeutet, dass bereits in der Produktion auf eine adäquate Verpackung zu achten ist und auch nach der Auslieferung eine langfristige Lagerung in der Lieferverpackung gewährleistet werden soll. Die Verpackungen

¹ Complaint: Formular zu Erfassung von Beanstandungen

sollen so gewählt werden, dass nach deren Verwendung eine wirtschaftliche Verwertung möglich ist.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zunächst werden in Kapitel 2 die wichtigsten Grundbegriffe der Verpackungstechnik, basierend auf dem Verpackungsprozess, aufgezeigt und erläutert. Anschließend wird auf die Funktionen der Verpackung eingegangen und es werden die unterschiedlichen Anforderungen an die Verpackung aus der Sicht der beteiligten Logistikpartner veranschaulicht. Darauf folgend werden Kriterien beschrieben, die der richtigen Auswahl von Packstoffen, Packmitteln und Packhilfsmitteln dienen.

Da es sich um den Entwurf einer Verpackungsrichtlinie handelt, die überwiegend für die Verpackung von Maschinenbauteilen vorgesehen ist, wird folglich auf den Korrosionsschutz eingegangen. Dabei wird die Schutzschichtmethode mit der Volatile-Corrosion-Inhibitor (VCI)-Methode verglichen und Vor- und Nachteile werden aufgezeigt.

Ein weiterer Aspekt der Verpackung ist die Verwertung nach ihrem Einsatz. Daher wird als weitere theoretische Grundlage die Abfallwirtschaft behandelt. Dieser Abschnitt gibt Auskünfte über Verwertungsmöglichkeiten und über Kriterien die entscheidend dafür sind, ob sich eine Verwertung lohnt.

Um im Verlauf der Arbeit die Zeit, die zur Packungserstellung benötigt wird, bestimmen zu können, kommt das MTM-Verfahren (Methods- Time Measurement) zum Einsatz. Diese wird zuletzt in den theoretischen Grundlagen behandelt.

Nach den theoretischen Grundlagen beginnt der Entwurf der Verpackungsrichtlinie in Kapitel 3. Dazu werden Teilekategorien nach den in den Grundlagen genannten Kriterien gebildet. Zu jeder Kategorie werden Packstoffe, Packhilfsmittel und Packmittel bestimmt und Verpackungsbeispiele aufgezeigt. Anhand dieser Beispiele werden Vor- und Nachteile aufgezeigt, Herstellkosten analysiert sowie Materialkosten und der Volumennutzungsgrad bestimmt.

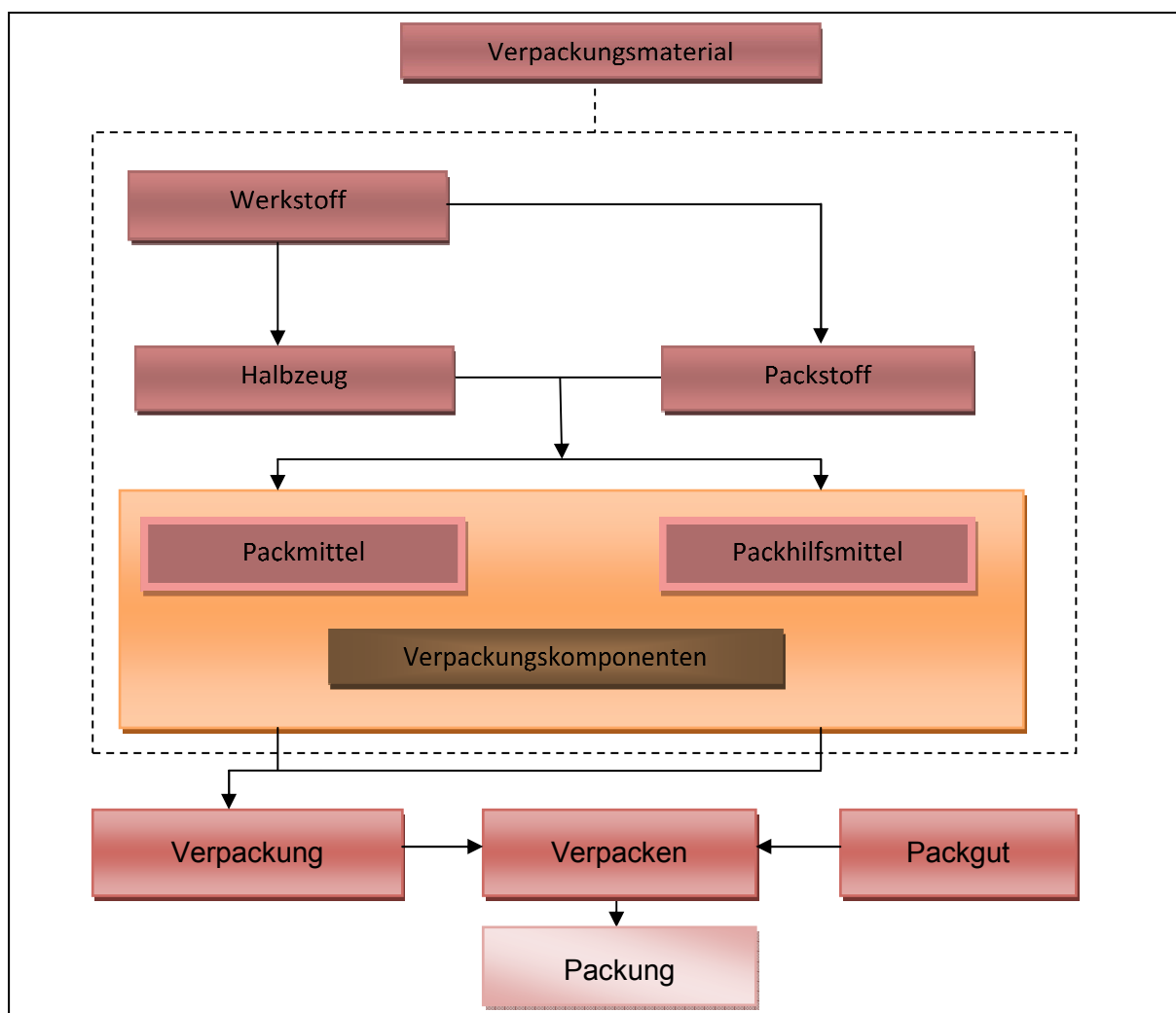
Zum Ende der Arbeit folgen in Kapitel 4 die Zusammenfassung, in der die Ergebnisse und Erkenntnisse bewertet werden, und der Ausblick.

2. Grundlagen

2.1 Terminologie

Die folgende Erläuterung der Grundbegriffe der Verpackungstechnik basiert auf dem Verpackungsprozess. Dieser Verpackungsprozess ist in Abbildung 1 dargestellt und zeigt die Zusammenhänge der Grundbegriffe. Diese Grundbegriffe und weiterreichende Begriffe sind in der DIN 55405 festgehalten (vgl. Bleisch et al. 2011, 10).

Abbildung 1 - Verpackungsprozess



Quelle: Selbst erstellt in Anlehnung an (Bleisch et al. 2011, 10)

Der Vorgang des Verpackens im Verpackungsprozess ist definiert als der Moment, in dem das Packgut mit der Verpackung vereinigt wird. Dies kann maschinell oder manuell geschehen. Die Verpackung besteht dabei aus Packmittel und Packhilfsmittel (vgl. Bleisch et al. 2011, 10).

Packgut

Das Packgut ist das Erzeugnis, das verpackt werden soll oder bereits verpackt ist. Das Packgut bestimmt die Schutzfunktion der Verpackung. Eine in einem Verpackungsprozess hergestellte Verpackung wird in einem nachfolgenden Verpackungsprozess wieder als Packgut bezeichnet (vgl. Bleisch et al. 2003, 287).

Packstoff

Als Packstoffe bezeichnet man Werkstoffe, die dazu geeignet sind, Packmittel und Packhilfsmittel herzustellen. Packstoff ist nach dem Urformen stofflich an Lieferformen, wie Granulat oder Folienbahn (Halbzeug), gebunden (vgl. Bleisch et al. 2003, 291).

Packmittel

Das Packmittel ist der Hauptbestandteil einer Verpackung und dient, je nach Verpackungsdesign, dem teilweisen oder vollständigen Umhüllen des Packgutes. Die fertige Packung stellt somit einen offenen oder geschlossenen Hohlkörper dar. Die Wahl des Packmittels hat einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten, die Umweltverträglichkeit und die Funktionserfüllung der Verpackung. Das Packmittel hat im Fall der Primärverpackung direkten Kontakt mit dem Packgut. Ein formstabiles Packmittel mit einem hohen Vorfertigungsgrad (z. B. Flasche, Dose, Schachtel) wird Behältnis genannt (vgl. Bleisch et al. 2003, 288).

Packhilfsmittel

Das Packhilfsmittel ergibt in Zusammenarbeit mit dem Packmittel die gesamte Funktion der Verpackung. Das Packhilfsmittel wird zusätzlich zum Packmittel verwendet und erfüllt ergänzende Funktionen wie das Kennzeichnen, Verschließen, Polstern, Handhaben und Entnehmen des Packgutes. Packhilfsmittel können gegebenenfalls in direktem Kontakt zum Packgut stehen. Packhilfsmittel können auch ohne den Zusatz von Packmitteln verwendet werden, so zum Beispiel bei der Verwendung von einem Umreifungsband zur Bildung einer Ladeinheit. Zu den Packhilfsmitteln zählen auszugsweise Verschließmittel wie Deckel, Kle-

bestreifen, Dichtmittel und Ähnliches. Weitere Materialien wie Kennzeichnungsmittel (Etikett), Polstermittel (Schaumstoffolie), Sicherungs- und Schutzmittel (Plombe), Handhabungsmittel (Tragevorrichtung) und Einrichtungen im Packmittel (Polstereinlagen) gehören ebenfalls dazu (vgl. Bleisch et al. 2003, 288).

Verpackung

Die Verpackung ist die Einheit aus Packmittel und Packhilfsmittel, um die Schutzanforderungen des Packgutes, der Menschen und der Umwelt zu erfüllen und zeitgleich die Produktion, den Transport und Umschlag des Packgutes zu rationalisieren und einen einfachen Informationsfluss zu gestalten. Die Verpackung ist für die QS des Packgutes notwendig. Des Weiteren dient sie der Gestaltung rationeller Verteilungs- und Entsorgungsprozesse und sichert auch einen Informationsfluss für alle am TUL-Prozess beteiligten Mitarbeiter wie auch Endabnehmer (vgl. Bleisch et al. 2003, 440).

Packung

Die Packung ist das Ergebnis des Verpackungsprozesses nach der Vereinigung von Packgut und Verpackung (vgl. Bleisch et al. 2003, 295).

Halbzeug

Das Halbzeug ist ein Produkt aus primär verarbeitetem Werkstoff, das zu Packmittel und Packhilfsmittel weiterverarbeitet wird. Der Werkstoff ist nach dem Urformen an Lieferformen gebunden. Das können im Verpackungswesen z. B. Draht, Netzschlauch oder Granulat sein (vgl. Bleisch et al. 2003, 187).

Verpackungskomponente

Die Verpackungskomponente ist ein Teil der Verpackung. In den meisten Fällen sind die Verpackungskomponenten die Packmittel und Packhilfsmittel. Beide Komponenten werden dem Verpackungsprozess unabhängig voneinander zugeführt. Im Regelfall kann sich die Verpackung nach Gebrauch in die einzelnen Komponenten zerlegen und entsorgen lassen. Die Verpackungskomponenten können aus mehreren Bestandteilen bestehen und sind nicht immer manuell voneinander trennbar (vgl. Bleisch et al. 2003, 446).

Verpackungsmaterial

Der Begriff beschreibt alle für das Verpacken verwendeten Materialien in allen möglichen Herstellungsstufen und Formen. Dies beinhaltet die benötigten Werkstoffe, Packstoffe, Halbzeuge sowie die daraus entstehenden Packmittel und Packhilfsmittel (vgl. Bleisch et al. 2003, 451).

2.2 Funktionen der Verpackung

Die Verpackung sichert die Bereitstellung der Ware in geforderter Qualität und Quantität beim Kunden. Dabei gilt es, die dafür notwendigen Kosten und Umweltbelastungen einzubeziehen. In der Regel führt eine nicht ausreichend durchdachte Verpackung zu höheren Kosten. Diese zusätzlichen Kosten können zum einen durch eine unterdimensionierte, nicht ausreichend schützende Verpackung erzeugt werden. Aus einer solchen Verpackung folgen Beschädigungen und eventuell der Verlust der Ware. Zum anderen können Kosten auch durch eine überdimensionierte Verpackung generiert werden. Diese Kosten setzen sich dann aus Material-, Prozess- und Entsorgungskosten zusammen (vgl. Bleisch et al. 2011, 17f.).

Die Funktion der Verpackung lässt sich in drei Gruppen gliedern:

- Schutzfunktion
- Rationalisierungsfunktion
- Kommunikationsfunktion

2.2.1 Schutzfunktion

Die vorrangige Aufgabe der Verpackung ist der Erhalt des Gebrauchswertes der Ware von deren Produktion bis zum Zeitpunkt der Verwendung. Dies gelingt durch das Verhindern von Wechselwirkungen zwischen dem Packgut und der Umwelt. Die typischen Belastungen treten dabei bei den Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen (TUL-Prozesse) auf. Als TUL-Belastungen werden alle von außen einwirkenden chemischen und mechanischen Einflüsse bezeichnet. Demnach ist das Packgut zu schützen vor:

Mechanischen Einflüssen: Druckkräften, Stoßeinwirkungen, Schwingungen

Ihre Folgen: Verformungen, Abrieb oder Beschädigungen der Oberfläche, Gewaltbruch, Lösen von Verbindungen

Chemischen Einflüssen: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung, gasförmige Bestandteile der Luft, Staubgehalt der Luft

Ihre Folgen: Verfärben von Kunststoffen, Spröde werden von Kunststoffen, Korrodieren von Metallen, Verunreinigen von Bauteilen, Spannungen in Metall mit Verziehen als Folge
(vgl. Bleisch et al. 2011, 19f.)

2.2.2 Rationalisierungsfunktion

Ziel der Rationalisierung ist es, bei gleichbleibendem Output (Qualität) weniger Input (Materialeinsatz) oder bei gleichbleibendem Input (Materialeinsatz) höheren Output (Qualität) zu erreichen. Die Verpackung ist ein wichtiges Mittel zur Rationalisierung und damit zur Kosteneinsparung.

Diese kann zum Beispiel erreicht werden durch:

- Rationelle Entsorgung gebrauchter Verpackungen, deren Aufbereitung und Wiederverwendung oder deren Verwertung,
- Reduzieren der Verpackungsvielfalt und der Werkstoffe,
- durch entsprechende Packmittelwahl lassen sich, durch verbesserte Handhabung, Prozesszeiten verkürzen. (WE-Wareneingang, QS-Qualitätssicherung, Lager),
- durch entsprechende Packmittelwahl lässt sich eine verbesserte Bildung von Ladeeinheiten erreichen.

(vgl. Bleisch et al. 2011, 22f.)

2.2.3 Kommunikationsfunktion

Die Verpackung soll über deren Inhalt informieren (Menge, Bezeichnung, Zeichnungsnummer, Gewicht etc.). Aus transporttechnischer Sicht werden Markierungen (z. B. Schwerpunkt) angebracht. Die Markierungen von Verpackungen für Transport und Lagerung sind in der DIN 55402 festgelegt (vgl. Krause 2000, 581).

2.3 Anforderungen an die Verpackung

Aus der Tabelle 1 lassen sich die Anforderungen an Verpackungen aus der Sicht der einzelnen Logistikpartner ablesen.

Tabelle 1 - Anforderungen an die Verpackung aus der Sicht der Logistikpartner

Logistikpartner	Anforderungen an die Verpackung
Produzent der Ware	<i>Optimale Vermarktung der Ware</i> -ausreichende Schutzeigenschaften, niedrige Kosten, Realisierung technisch problemlos, Gestaltung verkaufsfördernd
Produzent der Verpackung	<i>Optimale Vermarktung der Verpackung</i> -niedrige Kosten, Realisierung technisch problemlos, Gestaltung verkaufsfördernd
Transportwesen	<i>Optimale Anpassung an das logistische Konzept</i> -geringes Gewicht, rationelles Be- und Entladen, optimale Nutzung des Transport- und Lagerraumes, widerstandsfähig gegen Belastungen (TUL)
Handel	<i>Rationelle Handhabung und schneller Umsatz</i> -Transportverpackung: platzsparend, leicht zu entfernen und zu entsorgen -Verbraucherverpackungen: werbewirksam, platzsparend, optimal zu handhaben, diebstahl- und manipulationsicher
Konsument	<i>Unterstützung von Einkauf und Gebrauch (Convenience)</i> -rasche Erkennbarkeit der Ware, Übereinstimmung von Inhalt und Gestaltung, gute Handhabbarkeit, Sicherheit gegenüber äußeren Einflüssen, geringes Gewicht, preiswert, leicht zu entsorgen
Behörden	<i>Einhaltung der juristischen und ökologischen Bedingungen</i> -keine Verstöße gegen gesetzliche Vorgaben
Entsorger	<i>Rationelle Entsorgung</i> -Beachtung der ökologischen Vorgaben

Quelle: Selbst erstellt in Anlehnung an (Großmann und Kaßmann 2004, 6)

2.4 Verpackungsauswahl

Die Gestaltung einer Verpackung beinhaltet insbesondere die Auswahl von Packstoffen, Packhilfsmitteln und Packmitteln. In erster Linie wird die Auswahl gesteuert durch die Eigenschaften des zu verpackenden Gutes. Bestimmende Eigenschaften sind mitunter:

- Form, Abmessung, Menge (insbesondere Masse, Volumen, Anzahl), Zuordnung zu bestimmten Gutarten (z. B. Drehteile, Blechteile, Kunststoffteile)
- qualitätsbestimmende Eigenschaften: Lackierung und Schlibbild (Unversehrtheit), Korrosionsanfälligkeit, Maßhaltigkeit,
- Negativ auf die Umwelt wirkende Eigenschaften: Verschmutzung, Strahlung, Geruch, Gefährdung,
- Eigenschaften des Packgutes mit Wechselwirkungen zur Verpackung: Chemische Unverträglichkeit (z. B. zwischen VCI-Folien und Klebstoffen)

(vgl. Bleisch et al. 2011, 27ff.)

Die Belastungsgrenzen der unterschiedlichen Packgüter sind in den meisten Fällen nicht bekannt, da eine Bestimmung über mögliche Laborversuche unverhältnismäßig kosten- und zeitintensiv ist. Diese Ermittlung lohnt nur bei sehr kostenintensiven Gütern oder bei Gütern, von denen ein hohes Gefahrenpotenzial ausgeht (vgl. Großmann und Kaßmann 2004, 6f.).

Optimale Verpackung

Bezogen auf die Transport- und Lagerfunktion besteht der ökonomische Nutzen der Verpackung darin, Schäden am Packgut zu verhindern, um den daraus folgenden Schadensregulierungen vorzubeugen. Es ist theoretisch möglich, eine derartige Verpackung zu gestalten, sodass keine Schäden am Packgut auftreten können (vgl. Krause 2000, 588f.).

Ausgenommen sind Fälle, die nicht unter die normalen Transport- und Lagerbedingungen fallen, wie:

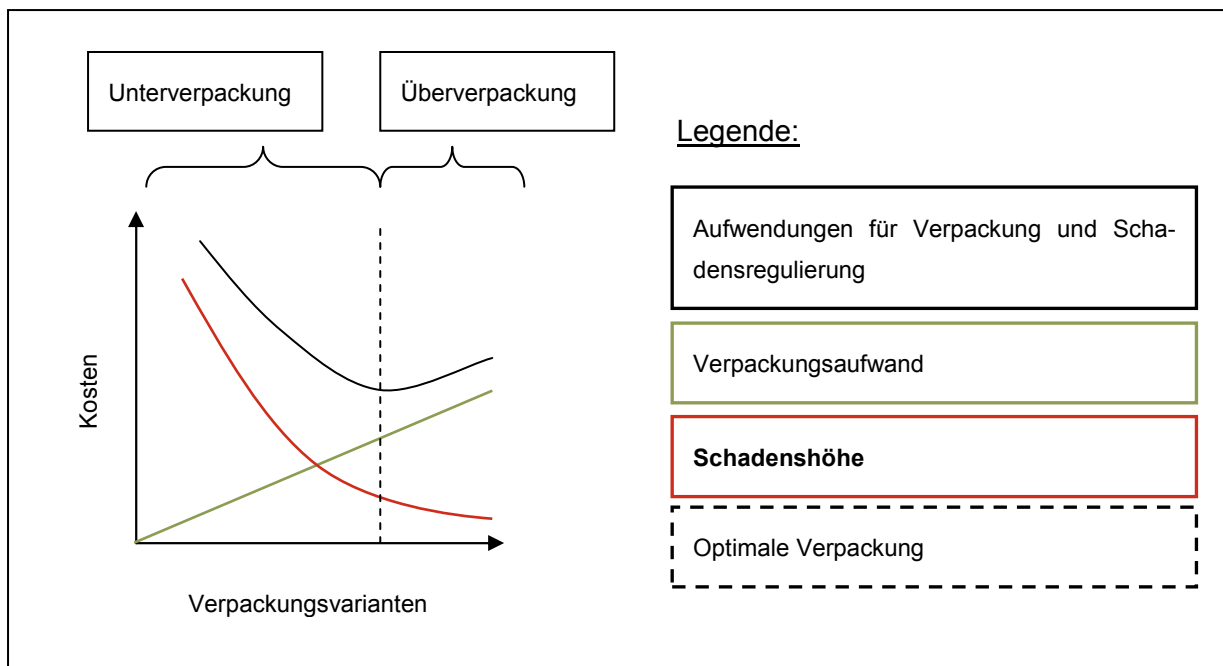
- Verkehrsunfälle
- Brände
- Diebstahl

Eine solche Verpackung wäre jedoch wesentlich kostenaufwendiger als eine Verpackung, die auf die normalen, vorhersehbaren und bestimmbareren Transport- und Lagerbelastungen ausgelegt wird.

Von einer optimalen Verpackung kann dann gesprochen werden, wenn die Aufwendungen für die Verpackung und die Schadensregulierung ein Minimum erreichen, siehe Abbildung 2. Bleibt man z. B. durch übermäßige Kosteneinsparungen beim Material unter diesem Optimum, so können Schäden am Packgut entstehen, deren Regulierung ein Vielfaches der Einsparungen kosten kann. Liegt man über dem Optimum, so lässt sich durch übermäßigen Aufwand kein nennenswerter Mehrschutz der Ware erzielen. Lediglich die Gesamtaufwendungen nehmen zu (vgl. Krause 2000, 588).

Das Finden der optimalen Verpackungslösung erfordert nicht nur umfassende Kenntnisse über auftretende Beanspruchungen und über die Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Packstoffe und Packmittel. Es erfordert auch einen Überblick über die Beanspruchbarkeit des zu verpackenden Bauteiles.

Abbildung 2 - Optimale Verpackung



Quelle: Selbst erstellt in Anlehnung an (Krause 2000, 588)

Eine Verpackung ist so auszulegen, dass sie genügend Schutz gegen alle Beanspruchungen bietet, die über die Beanspruchungsgrenze des Packgutes hinausgehen.

Da die Beanspruchungsgrenzen des Packgutes in den meisten Fällen nicht bekannt sind, müssen diese zunächst durch Prüfversuche ermittelt werden (vgl. Krause 2000, 588f.).

2.5 Abfallwirtschaft

Der Begriff „Abfall“ wird zunächst als Sammelbegriff für alle Produkte eingeführt, die keinen eigentlichen betriebsrelevanten Zweck mehr erfüllen. Im Betrieb fallen unterschiedliche Kategorien von Abfall an:

- *Materialabfälle* - Rückstände an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen
- *Lagerhüter* - Material, das übermäßig lange gelagert wurde und gegebenenfalls entsorgt werden muss
- *Fertigungsausschuss* - fehlerbehaftete Zwischen- und Endprodukte
- *Leergüter* - Verpackungsmaterialien wie z. B. Kartonagen, Folien, Holz

Diese Kategorien stellen den größten Anteil an Abfall. Die Literatur zählt noch weitere Kategorien auf, die jedoch für diese Arbeit nicht von Bedeutung sind. Im Rahmen dieser Arbeit werden nur die Leergüter betrachtet, da diese im direkten Zusammenhang mit den Verpackungen stehen.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, lässt sich die Abfallwirtschaft in unterschiedliche Aufgabenbereiche unterteilen (vgl. Arnolds et al. 1993, 275f.). Der Zweig der Abfallvermeidung ist für die Betrachtung der Leergüter (Verpackungen) zu vernachlässigen, da er sich auf Ursachen in den Produktionsprozessen konzentriert.

2.5.1 Abfallverwertung

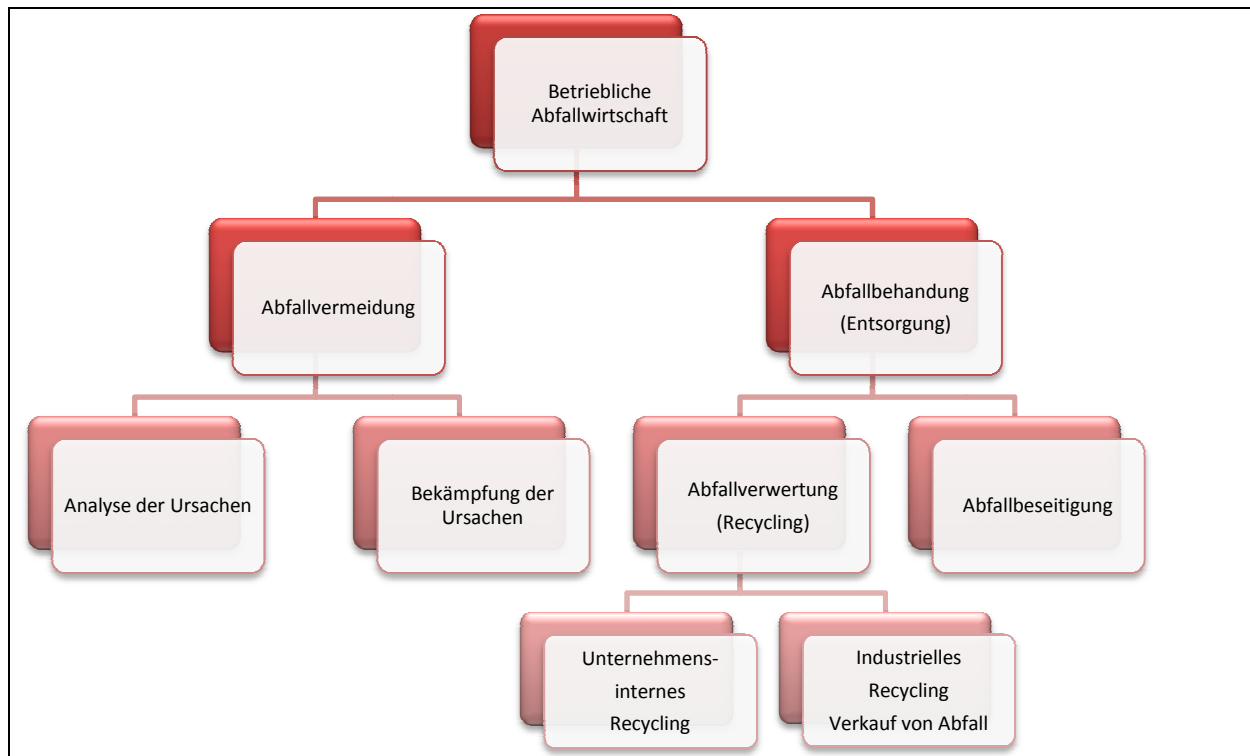
Die Verwertung von Abfällen gehört zu den wichtigsten Teilaufgaben der Abfallwirtschaft. Hierzu gilt es zu klären, welche Möglichkeiten der Verwertung der Abfälle in Betracht gezogen werden können, um dem Unternehmen einen wirtschaftlichen Vorteil zu bringen. Ob und in welchem Ausmaß sich eine Verwertung für den Betrieb lohnt, hängt von mehreren Faktoren ab .

Die wichtigsten sind dabei:

- die Menge des Abfalls,
- die Preise der originären Rohstoffe,
- die Kosten des Recyclings,
- die Erträge des Recyclings,
- die Kosten der Abfallbeseitigung.

(vgl. Arnolds et al. 1993, 282)

Abbildung 3 - Betriebliche Abfallwirtschaft



Quelle : Selbst erstellt in Anlehnung an (Arnolds et al. 1993, 276)

Unternehmensinternes Recycling

Es lässt sich zwischen drei Formen des Recyclings unterscheiden:

- Wiederverwendung,
- Wiederverwertung,
- Weiterverwertung oder -verwendung.

Von Wiederverwendung wird gesprochen, wenn das eingesetzte Produkt für den gleichen oder einen ähnlichen Zweck wiederholt genutzt wird. Von Wiederverwertung wird gesprochen, wenn der Abfall als Werkstoff wieder dem Fertigungsprozess zugeführt wird aus dem er stammt. Die Weiterverwertung unterscheidet sich von der Wiederverwertung dadurch, dass der Abfall nicht dem Prozess wieder zugeführt wird in dem er entstanden ist, sondern anderweitig verwertet wird, z. B. als Brennstoff (vgl. Arnolds et al. 1993, 282f.).

Verkauf von Abfall

Der Verkauf von Abfall ist so zu gestalten, dass ein möglichst hoher Erlös erzielt wird. Als Abnehmer kommen überwiegend die Lieferanten, Abfallhändler sowie die direkten industriellen Verwender in Betracht. Um den richtigen Abnehmer zu finden, eignen sich die sogenann-

ten „Abfallbörsen“ im Internet, die als Vermittler fungieren. Vertragliche Regelungen müssen dann mit den Abnehmern selbst verhandelt werden (vgl. Arnolds et al. 1993, 284f.).

2.5.2 Verpackungsverordnung

Einen anderen Ansatz im Umgang mit Leergütern (Verpackungsabfällen) bietet die Verpackungsverordnung V - Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen. Hierbei wird die Verantwortung über die Verpackungsabfälle den Zulieferern übertragen. Die „Verpackungsverordnung V“ ist ein Zusatz zum KrW-/AbfG. Mit der Verordnung sollen die Auswirkungen von Abfällen aus Verpackungen vermieden oder verringert werden (vgl. Lorenz et al. 2009, 485).

Abfallwirtschaftliche Ziele

Nach Verpackungsverordnung V § 1: „Diese Verordnung bezweckt, die Auswirkungen von Abfällen aus Verpackungen auf die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern. Verpackungsabfälle sind in erster Linie zu vermeiden; im Übrigen wird der Wiederverwendung von Verpackungen, der stofflichen Verwertung sowie anderen Formen der Verwertung Vorrang vor der Beseitigung von Verpackungsabfällen eingeräumt. Um diese Ziele zu erreichen, soll die Verordnung das Marktverhalten der durch die Verordnung Verpflichteten so regeln, dass die abfallwirtschaftlichen Ziele erreicht und gleichzeitig die Marktteilnehmer vor unlauterem Wettbewerb geschützt werden.“

Anwendungsbereich

Nach Verpackungsverordnung V § 3: „Die Verordnung gilt für alle im Geltungsbereich des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in Verkehr gebrachten Verpackungen, unabhängig davon, ob sie in der Industrie, im Handel, in der Verwaltung, im Gewerbe, im Dienstleistungsbereich, in Haushaltungen oder anderswo anfallen und unabhängig von den Materialien aus denen sie bestehen.“

Rücknahmepflichten

Nach Verpackungsverordnung V § 4: „(1) Hersteller und Vertreiber sind verpflichtet, Transportverpackungen nach Gebrauch zurückzunehmen. Im Rahmen wiederkehrender Belieferungen kann die Rücknahme auch bei einer der nächsten Anlieferungen erfolgen. (2) Die

zurückgenommenen Transportverpackungen sind einer erneuten Verwendung oder einer stofflichen Verwertung zuzuführen, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist (...), insbesondere für einen gewonnenen Stoff ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann. Bei Transportverpackungen, die unmittelbar aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt sind, ist die energetische Verwertung der stofflichen Verwertung gleichgestellt.“

2.6 Korrosionsschutz

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Erscheinungsformen der Korrosion. Die verschiedenen Erscheinungsformen sind in der DIN EN ISO 8044 (ehemals DIN 50900 Teil 1 und 2) dokumentiert und werden wegen ihres Umfangs in dieser Arbeit nicht erläutert. Die Definition von Korrosion lautet nach der DIN EN ISO 8044 wie folgt:

„Korrosion, die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen ist die Reaktion elektrochemischer Natur, in einigen Fällen kann sie chemischer oder metallphysikalischer Natur sein.“

Um diesen Veränderungen und Beeinträchtigungen entgegenzuwirken ist ein Korrosionsschutz notwendig. Die Definition für Korrosionsschutz lautet nach DIN EN ISO 8044: „Korrosionsschutz ist die Veränderung eines Korrosionsschutzsystems derart, dass Korrosionsschäden verringert werden.“

Dabei wird zwischen aktivem und passivem Korrosionsschutz und weiter zwischen permanentem und temporärem Korrosionsschutz unterschieden. Beim aktiven Korrosionsschutz wird die Korrosion durch eine Veränderung am zu schützenden Werkstoff oder am angreifenden Medium minimiert. Der passive Korrosionsschutz wirkt durch eine Trennung des Werkstoffes vom angreifenden Medium. Die Trennung kann beispielsweise durch einen metallischen Überzug oder eine Beschichtung verwirklicht werden (vgl. Kaiser und Schütz 2000, 4f.).

Permanente Korrosionsschutzmethoden finden hauptsächlich am Einsatzort der Bauteile Verwendung und sind somit in den meisten Fällen für die Lagerung und den Transport nicht anzuwenden.

Beispiele für einen permanenten Schutz wären:

- Lackieren
- Galvanisieren

Für die TUL-Prozesse eignen sich dagegen die temporären Korrosionsschutzmethoden. Während der TUL-Prozesse sind die belastenden Einflüsse auf das Packgut höher als am Einsatzort des Packgutes, da es unterschiedliche Klimata (Luftfeuchtigkeit, Temperatur) durchlaufen kann. Die drei meist angewendeten Methoden sind:

- Schutzschichtmethode
- Trockenmittelmethode
- VCI-Methode

(vgl. TIS o.J)

Die Trockenmittelmethode ist für die Belange der U.N.I. Engineering zu vernachlässigen. Sie eignet sich vorrangig für große Versandstücke und Transporte via Luft- und Seefracht. Folgend werden die Schutzschichtmethode und die VCI-Methode beleuchtet und verglichen.

2.6.1 Schutzschichtmethode

Die Schutzschichtmethode zählt zu den passiven Korrosionsschutzmethoden. Die Schutzschicht trennt bei dieser Methode die Metalloberfläche von den aggressiven Medien (z. B. Feuchtigkeit, Salze, Säuren).

Dabei wird zwischen vier verschiedenen Schutzmitteln unterschieden:

- Schutzmittel auf Wasserbasis
- Korrosionsschutzöle ohne Lösungsmittel
- Tauchwachse
- Lösungsmittelhaltige Schutzmittel

Da die Werksnorm NK6100 zur Zeit die Nutzung eines lösungsmittelhaltigen Schutzöles anweist, wird auf die Betrachtung der anderen Schutzmittel verzichtet und der Vergleich zwischen der Schutzschichtmethode mit lösungsmittelhaltigem Schutzmittel und der VCI-Methode gezogen.

Nach dem Auftragen des Schutzmittels mittels Eintauchen oder Aufsprühen muss das Lösungsmittel verdampfen, damit sich der eigentliche Schutzfilm auf dem Material absetzen kann. Abhängig von der Art des Lösungsmittels und der aufgetragenen Filmdicke kann der Trocknungsvorgang bis zu mehrere Stunden andauern. Eine künstliche Beschleunigung des

Trocknens kann zu Problemen bei der Anhaftung des Schutzfilms auf der Metalloberfläche führen und die Qualität des Schutzes mindern. Zusätzlich muss bei einer sehr dünnen Schutzschicht auf den Tropfpunkt geachtet werden, um ein Verlaufen des Schutzes zu verhindern. Bei einer fehlerfreien Ausführung wird die Qualität von Schutzfilmen auf Lösungsmittelbasis als sehr gut eingestuft.

Vorteile der Schutzschichtmethode:

- wirksame Produkte für alle Metalle verfügbar
- gute Schutzwirkung bei richtiger Anwendung
- Anwendung an Innen- und Außenflächen von Gütern, die sich nicht oder nur sehr aufwendig verpacken lassen

Nachteile der Schutzschichtmethode:

- Korrosionsschutzmittel, die Testbenzin als Lösungsmittel enthalten, haben einen niedrigen Flammpunkt und sind deshalb als Gefahrgut zu behandeln.
- Das geschützte Packgut ist erst nach aufwendigem Entfernen der temporären Schutzschicht verfügbar.
- Auch auf Wasser basierende Schutzschichtmittel lassen sich nach der Trocknung nur mithilfe von Lösungsmitteln, Petroleum oder alkalischen Reinigern entfernen.
- Keine Anwendung zum Schutz von elektrischen und elektronischen Komponenten.

(vgl. Dantzer 1995, 22ff.)

2.6.2 VCI-Methode

VCI ist eine englische Abkürzung und steht für „Volatile Corrosion Inhibitor“, auf Deutsch: Dampfphaseninhibitoren. Im Gegensatz zur Schutzschichtmethode ist die VCI-Methode ein aktiv wirkender Korrosionsschutz, weil sie zum Korrosionsvorgang selbst gehört. Dem angreifenden Medium werden hierzu Hemmstoffe (Inhibitoren) zugesetzt. Die zu Beginn der VCI-Entwicklung auf Natriumnitrit und Dicyclohexylammoniumnitrit (Dichan) basierenden VCI-Inhibitoren werden heute immer weiter durch nitritfreie Formen ersetzt, die aus toxikolo-

gischer Sicht als unbedenklich gelten und nicht mehr zu der unerwünschten Bildung von Nitrosaminen führen, die als krebserregend eingestuft werden (vgl. Dantzer 1995, 36f.).

Als Trägermaterial (VCI-Quelle) kommen unterschiedliche Materialien zum Einsatz, z. B. Papier, Schaumstoff, Kunststofffolien, Tabletten.

Aus diesen Quellen verdampft der Wirkstoff in den umgebenden Luftraum, solange bis dieser gesättigt ist, und lagert sich zeitgleich auf der metallischen Oberfläche an (Adsorption). Durch die anodische bzw. kathodische Sättigungswirkung wird der Korrosionsstrom unterbunden. VCI-Mittel wirken unabhängig von der in der Packung herrschenden Feuchtigkeit. Kondenswasser wird durch die Chemikalie passiviert und dadurch wird dessen korrosionsfördernde Wirkung vermindert. Die volle Schutzwirkung entfalten die VCI-Mittel erst dann, wenn die das Packstück umgebende Atmosphäre ausreichend mit dem Wirkstoff gesättigt ist. Aus diesem Grund ist eine Konditionierungszeit von etwa 24 Stunden zu berücksichtigen, bevor die Verpackung korrosionsfördernden Belastungen ausgesetzt wird. Frischluftzufuhr und Durchzug verschlechtern die Wirkung der VCI-Methode. Daher ist es ratsam, das zu schützende Packgut in einer möglichst geschlossenen Hülle zu verpacken. Ein luftdichtes Verschweißen ist jedoch nicht nötig. Die metallische Oberfläche des Packgutes muss möglichst rein sein. Der VCI-Träger sollte so nah wie möglich an der zu schützenden Oberfläche liegen. Ein Abstand von 30 cm sollte nie überschritten werden. Um ein Volumen von 1 m³ mit einer Schutzatmosphäre zu sättigen, wird mit 40 g Wirkstoff gerechnet (vgl. Dantzer 1995, 37f.).

Wie wirksam die Schutzwirkung der VCI-Methode ausfällt, hängt von der Zusammenstellung der Inhibitoren ab. Sehr gute Schutzwirkung wird bei Eisenmetallen, auch austenitischem Stahl, in weitgehend luftdichten Verpackungen erzielt. Bei Gusseisen und verzinktem Stahl ist die Schutzwirkung uneinheitlich. Deshalb sind die Herstellerangaben zu beachten. Bei Volleinschlag mit universell anwendbaren VCI-Papieren wurde für Grauguss (GG), Rotguss und Zink eine gute Schutzwirkung beobachtet. Für Aluminium (Al) und Aluminiumlegierungen sowie Kupfer (Cu) und Kupferlegierungen existieren Sonderrezepturen, die zu einer guten Schutzwirkung führen. Nickel und Chrom werden ebenfalls gut geschützt (vgl. Dantzer 1995, 38).

Die VCI-Methode ist nicht anzuwenden bei Oberflächen aus Cadmium, Zinn, Zink, Blei, Magnesium und Wolfram. Nichtmetallische Werkstoffe wie Elastomere, Thermoplaste und Lacke können weich werden oder sich verfärben. Packgut mit unbekanntem Werkstoffen ist nicht mit der VCI-Methode zu schützen. Bei Werkstoffen, die durch Fremdstoffe Änderungen im Metallgefüge erfahren haben, wird der VCI-Schutz beeinträchtigt, so z. B. in Härtingsprozessen (vgl. Dantzer 1995, 38f.).

Für beschleunigte Kurzzeitprüfungen der atmosphärischen Korrosion und der damit verbundenen Schutzwirkung von VCI-Mitteln stehen geeignete und aussagekräftige Prüfverfahren zu Verfügung. Durch diese Verfahren konnte festgestellt werden, dass bei richtiger Anwendung nahezu alle Eisen- und NE-Metalle und Legierungen temporär gegen atmosphärische Korrosion geschützt werden können, sofern der Schadgasanteil und massive Wassermengen, die das VCI-Mittel lösen, vermieden werden. VCI-Produkte sind zudem in der Lage, eine gewisse Menge an Säurespuren, Fingerabdrücken, Chloriden usw. zu kompensieren. Mithilfe der VCI-Methode kann eine lang andauernde Schutzwirkung erreicht werden. Diese kann mehrere Jahre anhalten. Ermöglicht wird dies durch das ständige Ausdampfen der Wirkstoffe aus der VCI-Quelle. Ein kurzfristiges Öffnen der Packung zu Kontrollzwecken (Zoll, QS etc.) schadet dabei nicht (vgl. Gräfen und Chemis 1994, 524).

Vorteile der VCI-Methode

- Auch schwer zugängliche Teile (Bohrungen, Gewinde etc.) werden sehr gut geschützt.
- Eine lange Schutzdauer wird erreicht.
- Nach Aufbau der VCI-Atmosphäre besteht Schutz auch bei Eintritt von Feuchtigkeit oder anderen korrosionsfördernden Substanzen.
- Die VCI-Methode ist gemeinsam mit Trockenmitteln anwendbar, z. B. wenn hygroskopische Packgüter gegen Feuchtigkeit geschützt werden bei gleichzeitigem VCI-Schutz für Metalle.
- Luftdichte Schutzhüllen sind nicht nötig.
- Das Packgut ist sofort verfügbar, da es nicht aufwendig gereinigt werden muss.
- einfache, umweltgerechte Entsorgung.
- Der VCI-PE-Beutel ist Oberflächenschutz und Korrosionsschutz zugleich.
- VCI-Beutel und -Folien sind transparent und wiederverschließbar. Dadurch lässt sich die Ware einfacher und schneller identifizieren und der Korrosionsschutz bleibt nach der Qualitätskontrolle erhalten. (Bei der Schutzschichtmethode wird die Schutzschicht zum Teil abgewischt und die Schutzfunktion dadurch gemindert. Circa 5 % der angelieferten Teile kommen auf diese Weise ohne oder mit schlechtem Korrosionsschutz ins Lager.)

Nachteile der VCI-Methode

- Die Methode ist nicht gleichermaßen für alle Metalle und Metallegierungen wirksam.
- Die Konditionierungszeit ist einzuhalten.
- Der Verwender sollte sich vom Hersteller der VCI-Produkte deren Unbedenklichkeit bestätigen lassen, insbesondere bezüglich der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 615 „Verwendungsbeschränkungen für Korrosionsschutzmittel bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“.

(vgl. Dantzer 1995, 39)

- Sämtliche Verpackungen und Behälter bleiben von Verschmutzungen verschont und bedürfen dadurch keiner nachträglichen Reinigung (Zeit-, Kosten- und Materialersparnis).

2.7 Methods Time Measurement - MTM

Die Zeit, die für die Ausführung einer Tätigkeit benötigt wird, ist ein zentraler Faktor für die Planung von Arbeitsabläufen, zur Lohnkostenabschätzung (Akkordarbeit) oder die Bewertung von Arbeitsplätzen. Diese Zeit kann durch eine Zeitaufnahme (Stoppuhr) aufgenommen oder mittels der MTM vorbestimmt werden. Die MTM gehört zu den „Systemen vorbestimmter Zeiten“ (SvZ). SvZ sind Verfahren, um manuelle, vom Arbeitenden beeinflussbare Arbeitsabläufe in Bewegungselemente aufzugliedern und diesen Normzeiten zuzuordnen.

Die MTM-Analyse basiert auf fünf Schritten:

1. Bewegungsanalyse

Zerlegung des Bewegungsablaufes in die einzelnen Bewegungselemente (z. B. Hinlangen, Greifen, Bewegen).

2. Zeitanalyse

Bestimmung der Zeiteinflussgrößen für jedes einzelne Bewegungselement (z. B. Bewegungslänge, Gewicht des bewegten Teiles).

3. Kodierung

Kodierung des jeweiligen Bewegungselementes und der dazugehörigen Einflussgröße.

4. Entnehmen

Entnehmen der Normzeit aus der Normzeitwertkarte der REFA (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung). Die Normzeit wird in der Einheit TMU (Time Measurement Unit) angegeben: 1 TMU=1/100000 Stunde=0,036 Sek.

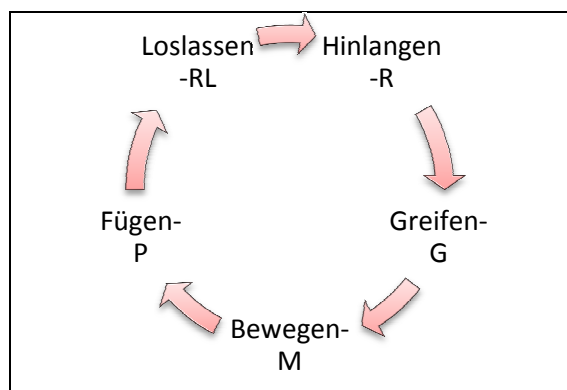
5. Addition

Addieren der Elementarzeiten zu der gesuchten Grundbewegungszeit.

(vgl. Wagner 2011, 6)

Die MTM beinhaltet fünf Grundbewegungen (R: Hinlangen -engl. reach; G: Greifen -engl. grasp; M: Bringen -engl. move; P: Fügen -engl. position; RL: Loslassen -engl. release), mit denen sich 80-85% der beim Ablauf benötigten Bewegungen beschreiben lassen. Abbildung 4 zeigt den Bewegungszyklus aus den Grundbewegungen (vgl. Detken k.J, 3ff.).

Abbildung 4 - Bewegungszyklus



Quelle: Selbst erstellt in Anlehnung an (Wagner 2011, 8)

Beispiel:

Bewegen eines 40 cm entfernten, einfach zu greifenden, alleinliegenden Teils, um eine Strecke von 50 cm.

In Tabelle 2 sind die Bewegungen aufgelistet, die zum Verwirklichen des Beispiels benötigt werden. Ebenso die dazugehörigen Kodierungen und die dazu gehörenden Normzeitwerte.

Tabelle 2 -Beispiel MTM

Bewegung	Kodierung	Normzeitwert [TMU]
HINLANGEN (40 cm entfernt)	R40A (R-Reach, 40 cm entfernt, A- Alleinstehender Gegenstand)	11,3 (Aus Normzeitwertkarte)
GREIFEN (leicht zu greifender Gegen- stand)	G1A (Aus Normzeitwertkarte)	2,0 (Aus Normzeitwertkarte)
BEWEGEN (50 cm Strecke)	M50C (M-Move, 50 cm entfernt, C- Brin- gen in genaue Lage)	21,8 (Aus Normzeitwertkarte)
Loslassen	RL1 (Loslassen durch Finger öffnen)	2,0 (Aus Normzeitwertkarte)
Gesamtzeit [TMU]	-	37,7
Gesamtzeit [Sek.]	-	1,35

Quelle: Selbst erstellt

3. Verpackungsrichtlinie

3.1 Allgemeines

Zu Beginn der Verpackungsrichtlinie werden zunächst allgemein geltende Themen erörtert. Dazu zählt das Ziel der Verpackungsrichtlinie, die Gültigkeit der Richtlinie, die allgemeine Auswahl von Einwegverpackungen, Mehrwegverpackungen, die richtige Auswahl von Paletten und Verpackungsmaterialien.

3.1.1 Ziel

Für einen beschädigungsfreien und reibungslosen Ablauf bei der Teileanlieferung und Teilmontage ist die Wahl der richtigen Transport- und Packmittel von entscheidender Bedeutung. Sie tragen dazu bei, dass die Ware in einwandfreiem Zustand vom Lieferanten bis zum Kunden transportiert werden kann.

Dabei muss insbesondere auf folgende Punkte Wert gelegt werden:

- Die Verpackung sichert die Teilequalität vor Beschädigungen.
- Der Einpack- und Entnahmeprozess muss so einfach wie möglich gestaltet werden.
- Es dürfen den Teileanforderungen entsprechend nur saubere Packmittel verwendet werden.
- Nur zugelassene Packmittel und Packhilfsmittel sollen Verwendung finden.
- Es sind im Hinblick auf die Entsorgung nur sortenreine Packstoffe zu verwenden, keine Verbundwerkstoffe.
- Die Identifizierung des Inhaltes muss gewährleistet werden.
- Durch eine Schutzschicht vor Korrosion geschützte Ware darf keinen direkten Kontakt zu Well- oder Vollpappe haben.
- Die Vielfalt von Verpackungsmaterialien ist im Hinblick auf die Entsorgung gering zu halten.
- Zugelieferte Produkte müssen einzeln bzw. satz-/ paarweise transport- und lagersicher verpackt und gekennzeichnet werden.
- Verschiedene Produkte müssen durch eine Umverpackung getrennt werden.
- Generell sind Mehrwegverpackungen der Einwegverpackung vorzuziehen.

- Alle Warenträger und Verpackungen müssen in Abhängigkeit von Größe und Gewicht für den Transport mit Gabelstaplern bzw. Hubwagen vorgesehen und geeignet sein. Ab einem Gewicht von 12 kg pro Teil sind Anschlagmöglichkeiten für Hebehilfen an den zugelieferten Produkten vorzusehen.
- Beschädigte Warenträger und Packmittel dürfen nicht verwendet werden.
- Sowohl Verpackungen als auch Umverpackungen sollen kleinstmöglich dimensioniert werden. Als Kontrollmöglichkeit kann der Volumennutzungsgrad herangezogen werden.

$$\eta = \frac{\text{Packvolumen} * 100}{\text{Volumen Transportverpackung}}$$

(vgl. Arnold et al. 2004, C2-108) Dabei sind Werte $\geq 25\%$ anzustreben.

3.1.2 Gültigkeit

Nachfolgende Verpackungskonzepte gelten für zugelieferte Produkte der Warengruppe „Halbzeug“, nicht für Handelsware und Fertigungshilfsmittel.

3.1.3 Mehrwegverpackungen

Mehrwegverpackungen können sein:

- Kisten aus Holz
- EURO-Behälter
- Einsatzbehälter
- Werkstückträger
- Drehpack, Rechteckpack, UniBox-Behälter

3.1.4 Einwegverpackungen

Einwegverpackungen können sein:

- Kartons aus Well- oder Vollpappe. Der Karton muss dabei nach dem Gewicht des Packgutes gewählt werden. Die Tabelle in Anhang C soll dabei als Vorgabe genutzt werden.

- PE-Beutel
- PE-Schaumstoffolie

3.1.5 Paletten

Als Warenträger sind bevorzugt zu verwenden:

- Mehrwegpaletten (Europaletten) nach EN 13698-1 (800 mm*1200 mm)
- Gitterpaletten (800 mm*1200 mm)
- Bahnpaletten (800 mm*1200 mm)

Dabei gilt es zu beachten, dass die transportierte Ware/Verpackung nicht über das Abmaß des Warenträgers ragt. Sollte die Ware Überlänge haben, ist auf Sonderpaletten auszuweichen. Zum zusätzlichen Schutz sind gegebenenfalls Aufsteckrahmen anzubringen. Abbildung 5 zeigt auf der linken Seite die korrekte und rechts die inkorrekte Verwendung einer Palette.

Abbildung 5 - Verwendung von Paletten



Quelle: Selbst erstellt

3.1.6 Zulässige Verpackungsmaterialien

Ein wichtiger Aspekt, neben den funktionalen Eigenschaften der Verpackungsmaterialien, ist deren Umweltverträglichkeit. Um den logistischen Aufwand für das sortenreine Separieren und Sammeln auf ein Minimum zu beschränken, werden nur bestimmte Verpackungsmaterialien zugelassen. Die nachfolgende Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Verpackungsmaterialien.

Tabelle 3 - Zulässige Verpackungsmaterialien

Material	Zugelassene Materialien	Unzulässige Materialien
Kunststoffe allgemein		
Einweg-	PE, PP	PU, PVC, PS
Mehrweg-	PE,PP	PU, PVC, PS
Ausgewählte Packmittel aus Kunststoff		
-Folien -Beutel, Säcke, Hauben -Drehpack, Rechteckpack, UniBox -VCI -Folien/ -Beutel	PE PE PE PE, nachweislich stofflich verwertbar	Luftpolsterfolie
Kartonagen und Papier	Gekennzeichnet mit RESY-Symbol	Wachs-, Paraffin-, Bi- tumen oder Ölpapiere
Umreifungsbänder	PP	Stahl, Polyamid, Poly- ester
Holz	Unbeschädigtes und astlochfreies Holz	Pressspanholz; kein imprägniertes, lackier- tes, beschichtetes Holz (außer bei Mehrweg- kisten)
Füllmaterialien	Wellpappe, Papier	Chips aus pflanzlichen Produkten, PS

Quelle: Selbst erstellt

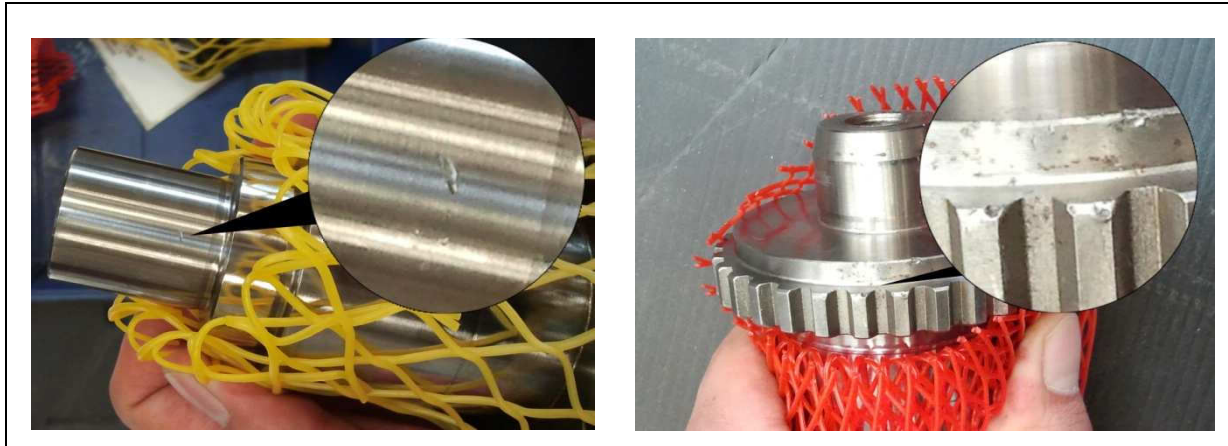
3.2 Katalogisierung und Verpackungskonzepte

3.2.1 Verzahnung, Zahn- und Riemenscheiben

Unter der Kategorie Verzahnung finden sich 28 verschiedene Materialbezeichnungen wie auszugsweise Stirnrad, Zahnstange, Schrägstirnrad oder Ritzelwelle. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Bauteilen wird nicht auf jedes einzeln eingegangen. Diese unterschiedlichen Bauteile haben eine gemeinsame Funktion. Sie dienen der linearen Übertragung von Kraft, Drehmoment und Winkelgeschwindigkeit. Die Übertragung geschieht hierbei über einen Formschluss zwischen dem getriebenen Bauteil und dem angetriebenen Bauteil. Um diese Funktion störungsfrei über einen langen Zeitraum gewährleisten zu können, müssen

die Funktionsflächen dieser Bauteile fehlerfrei sein. Beschädigungen der Kontaktflächen führen zu erhöhtem Verschleiß und unruhigem Lauf der Maschine. Analog dazu sind bei Wellen die Lagersitze und Dichtungsflächen als Funktionsflächen zu betrachten.

Abbildung 6 - Beschädigungen



Quelle: Selbst erstellt

Um diese komplexe Zahngeometrie und passgenaue Lagersitze herzustellen, durchläuft das Bauteil diverse wertsteigernde Bearbeitungsschritte in der Produktion. Der Wert der Bauteile dieser Kategorie variiert zwischen 17 €/Stück und 1.750 €/Stück. Der durchschnittliche Wert der Bauteile der Kategorie liegt bei ca. 206 €. Um diesen Wert zu erhalten, ist die Funktionalität des Bauteils durch eine angemessene Verpackung zu schützen. Abbildung 6 zeigt eine Auswahl an Beschädigungen.

Verpackungsauswahl

Nachdem ein Werkstück unter dem Warenschlüssel „Verzahnung, Zahn- und Riemenscheibe“ identifiziert wird, kann nach der Geometrie weiter unterteilt werden. In dieser Kategorie kann zwischen flachen, rotationssymmetrischen (z. B. Stirnrad) und langen rotationssymmetrischen Werkstücken (z. B. Welle) unterschieden werden. Für Scheiben bis zu einem Durchmesser von 230 mm und einer Höhe bis zu 25 mm empfiehlt sich als Verpackung der UniBox-Behälter aus PE oder PP. Grund hierfür sind die unter Beispiel 1, im Text folgend, genannten Vorteile bezüglich der Kosten und Bearbeitung der Packung im WE, der QS und dem Lager.

Für Werkstücke (Scheiben) die aufgrund ihres Durchmessers, ihrer Höhe oder ihres Gewichtes nicht in einem Behälter verpackt werden können, ist auf eine Schachtel aus Wellpappe auszuweichen. Die Wellpappe muss dabei eine Qualität zwischen 1.1-1.5 oder 2.2-2.7 aufweisen. Die genaue Auswahl der Wellpappe erfolgt nach der Tabelle in Anhang C und ist

vom Werkstückgewicht abhängig. Ab einem Gewicht ≥ 5 kg ist die Schachtel zusätzlich von innen mit dämpfungsfähigem Material zu verstärken, siehe Beispiel 2 im folgenden Text, oder das Werkstück ist in Polstermaterial einzuschlagen. Das Einschlagen des Werkstückes mit Schaumstoffolie ist aus finanzieller Sicht zu bevorzugen (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7). Sollte das Werkstück in Polstermaterial eingeschlagen werden, so ist dazu Schaumstoffolie zu verwenden. Luftpolsterfolie ist kein zulässiges Packhilfsmittel.

Für lange rotationssymmetrische Werkstücke (z. B. Wellen) sind hinsichtlich der unter Beispiel 3 (folgend im Text) stehenden Vorteile ausschließlich PP-Drehpacks als Verpackung zu nutzen.

Unabhängig von der Verpackung sind alle Werkstücke, je nach Korrosionsschutz, entweder in einem VCI-PE-Beutel oder einem einfachen PE-Beutel zu platzieren. Werkstücke mit polierten Oberflächen, Funktionsflächen mit engen Toleranzen oder Sichtflächen sind zusätzlich zu schützen. Dieser zusätzliche Schutz kann mittels Schaumstoffolie oder Netzschutzstrümpfen sichergestellt werden. Im Fall der Nutzung eines Netzschutzstrumpfes ist dieser über den PE-VCI-/PE-Beutel zu ziehen, da sich andernfalls das Muster des Netzstrumpfes in Verbindung mit dem Korrosionsschutzöl auf der Werkstückoberfläche, in Form eines Belags, absetzen kann. Bei der Nutzung der VCI-Methode kommt es möglicherweise zu chemischen Wechselwirkungen zwischen dem VCI-Mittel und dem Netzschutzstrumpf.

Die folgend genannten Materialien und Verpackungskonzepte vermitteln eine Idee, wie eine funktionale Verpackung aussehen könnte und aus welchem Packstoff sie bestehen soll.

Zulässige Packmittel

- UniBox-Behälter aus PP
- Faltschachteln aus Wellpappe (Qualität 1.1-1.5 oder 2.2-2.7 nach DIN 55468)
- Drehpack-Behälter aus PP
- ColomPac Versandverpackung
- Schachteln anderer Bauarten (Qualität 1.1-1.5 oder 2.2-2.7 nach DIN 55468)

Zulässige Packhilfsmittel

- PE Schaumfolie (Dicke ≥ 2 mm)
- PE Druckverschlussbeutel 100 μ (0,1 mm Dicke)
- PE VCI-Druckverschlussbeutel 87 μ (0,087 mm Dicke)
- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl. Gegebenenfalls auch mit Angaben bezüglich der Beachtung des Korrosionsschutzes (Hinweis auf VCI-Beutel).
- PP-Klebeband
- Netzschutzstrumpf

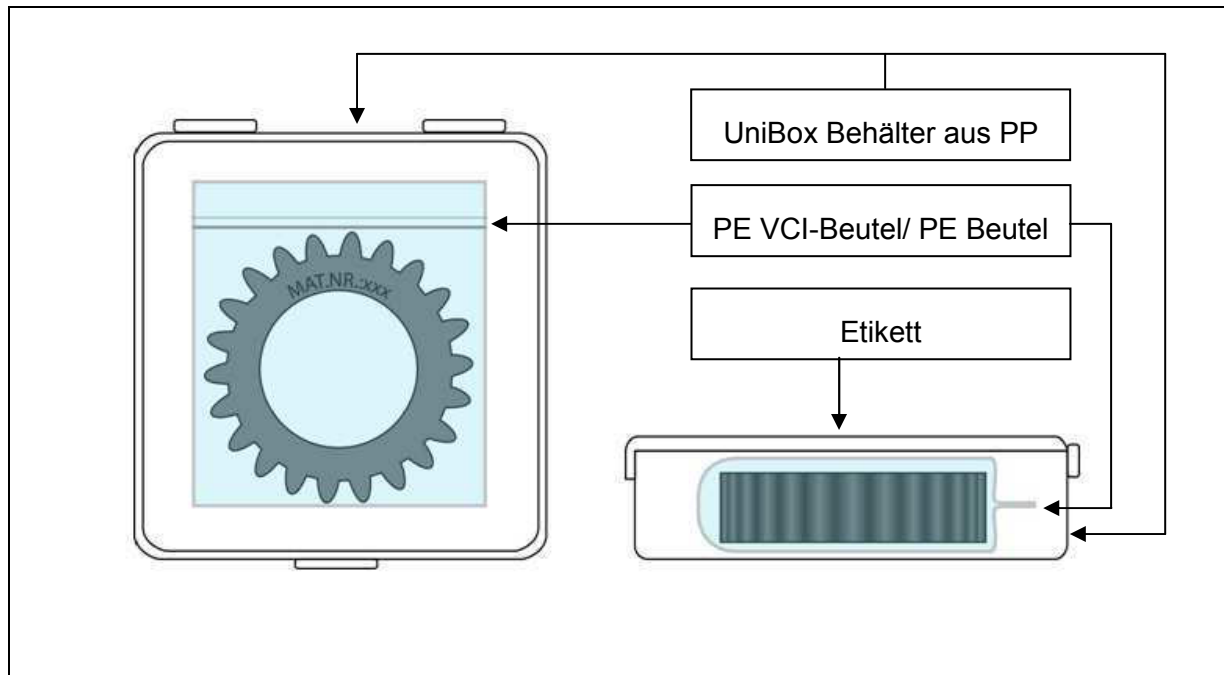
Abbildung 7 zeigt das Verpackungskonzept zu Beispiel 1. Es kann in zwei Varianten verwirklicht werden.

Variante A (VCI Korrosionsschutz):

Angesichts der einfachen Verpackung gilt es nur wenige Punkte zu beachten. Nach der Fertigstellung des Werkstückes ist dieses nach NK6100-Richtlinie der Hauni zu reinigen, anschließend nur noch mit Handschuhen zu handhaben und zeitnah im VCI-Beutel zu verschließen. Dadurch wird die Chance auf eine Beschädigung durch Korrosion, folgend aus der Reaktion mit Fingerschweiß, minimiert und das Werkstück durch die sich in wenigen Stunden bildende Schutzatmosphäre langfristig geschützt. Der VCI-Beutel ermöglicht nun auch wieder Mitarbeitern, im weiteren Verlauf des Transportes, der Warenannahme und der Einlagerung, die Handhabung der Ware ohne Handschuhe. Nachdem das Werkstück nun gegen Korrosion geschützt ist, kann dieses in den UniBox-Behälter gelegt werden. Dabei ist es wichtig, die Seite mit der eingebrannten oder eingestanzten Materialnummer nach oben liegend zu platzieren, um im weiteren Verlauf, bei der Warenannahme, dem Mitarbeiter die Suche nach der Materialnummer zu erleichtern und somit den Prozess zu verkürzen. Anschließend ist jede einzelne Packung zu etikettieren. Das Etikett ist einheitlich auf dem Deckel des UniBox-Behälters anzubringen und sollte bestmöglich entfernbar sein, um den Behälter ohne großen Reinigungsaufwand wiederverwenden zu können. Zudem ist ein Hinweis

Beispiel 1 -Stirnrad \varnothing 80mm, 20mm Höhe- UniBox-Behälter

Abbildung 7 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 1



Quelle: Selbst erstellt

anzubringen, der den PE-VCI-Beutel als solchen für Mitarbeiter kennzeichnet. Nun können die fertigen Packungen sowohl horizontal wie auch vertikal im Lager oder für den Versand in einem Ladungsträger platziert werden.

Variante B (Korrosionsschutz nach NK6100):

Variante B ist in großen Teilen analog zu Variante A. Nach der Fertigstellung des Werkstückes ist dieses nach NK6100 zu reinigen und anschließend nur noch mit Handschuhen zu handhaben. Da das Werkstück nun anschließend durch ein Ölbad oder durch Besprühen vor Korrosion geschützt wird, ist darauf zu achten, dass der PE-Beutel (Ohne VCI-Funktion) in der Lage ist, das überschüssige Öl zu halten und die PP-Box vor Verunreinigungen zu schützen. Eine vertikale Platzierung der Box ist in diesem Fall zu vermeiden, da der Deckel keine Dichtungsfunktion gegen Öl erfüllt und somit im Falle eines Austretens die gesamte Lieferung verunreinigt werden könnte.

Vorteile

Durch die Transparenz des Behälters und des PE-Beutels hat der Mitarbeiter bei der Warenannahme den Vorteil, auf den ersten Blick die Menge der Ware kontrollieren und dem Warenschein zuordnen zu können. Der Schnappverschluss des PP-Behälters ermöglicht ein schnelles und einfaches Öffnen. Dadurch lässt sich der Durchsatz eines Mitarbeiters erhöhen, da er sich nicht mit übermäßig verklebten Kartons oder Folien beschäftigt, die vorsichtig mit einer Klinge zu öffnen wären. Auch für den Fall, dass es sich bei der Sendung um ein Prüfteil für die QS handelt, ist es von Vorteil, die Verpackung schnell öffnen und wieder verschließen zu können. Durch die Möglichkeit, die Verpackung schnell öffnen und schließen zu können, ist es zumutbar diese Aufgabe den Mitarbeitern der QS zuzuteilen. Bisher wird darauf aus Zeitgründen verzichtet und die Verpackung bereits von den Mitarbeitern der Warenannahme geöffnet und die Ware ungeschützt der QS bereitgestellt. Die Ware liegt somit bis zu mehreren Tagen ungeschützt bereit. Nach der Qualitätsprüfung muss die Ware dann erneut verpackt werden.

Mittels der Wiederverwendbarkeit des Behälters kann hier Zeit und Material gespart werden. Durch den Einsatz des VCI-Korrosionsschutzes ergeben sich auch im Prozess Vorteile. So muss vor der Montage des Bauteiles dieses nicht vom Korrosionsschutzöl befreit werden. Ebenso muss der Zulieferer das Werkstück nicht aufwendig einölen. Durch diese Methode des Korrosionsschutzes wird auch der PP-Behälter nicht durch Öl verunreinigt und kann ohne Reinigungsschritte wiederverwendet werden. Durch die Kompaktheit des Behälters lässt sich dieser sowohl horizontal als auch vertikal stapeln und ist somit flexibel im Lager unterzubringen. Des Weiteren ist die Box feuchtigkeits- und ölresistent.

Es gibt 40 verschiedene Standardgrößen der UniBox. Auf Anfrage können auch Zwischenhöhen gefertigt werden. Abbildung 8 zeigt die möglichen Standardgrößen.

Abbildung 8 - Standardgrößen UniBox

UniBox quadratisch			UniBox quadratisch		
Artikel	Innenmaße LxBxH	VPE	Artikel	Innenmaße LxBxH	VPE
UB 22x8	22x22x8	1500	UB 100x6	105x105x 6	300
UB 35x4	37x37x4	1000	UB 100x12	103x103x12	200
UB 35x8	36x36x8	1000	UB 100x25	101x101x25	250
UB 35x12	35x35x12	1000	UB 100x40	100x100x40	110
UB 35x18*	35x35x18	750	UB 125x6	133x133x 6	180
UB 35x25	35x35x25	600	UB 125x12	132x132x12	120
UB 47x6	49x49x6	750	UB 125x25	130x130x25	150
UB 47x19	47x47x19	730	UB 125x40	127x127x40	130
UB 47x40	43x43x40	320	UB 160x6	165x165x 6	150
UB 58x6	63x63x 6	450	UB 160x12	164x164x12	90
UB 58x12	62x62x12	300	UB 160x25	163x163x25	100
UB 58x25	60x60x25	400	UB 160x40	160x160x40	70
UB 58x40	58x58x40	330	UB 200x6	208x208x 6	80
UB 67x6	70x70x 6	350	UB 200x12	207x207x12	50
UB 67x12	69x69x12	250	UB 200x25	205x205x25	60
UB 67x26	67x67x26	300	UB 200x40	200x200x 40	40
UB 67x40	67x67x40	225	UB 250x6	264x264x 6	40
UB 85x6	92x92x 6	400	UB 250x12	263x263x12	65
UB 85x12	91x91x12	250	UB 250x25	260x260x25	35
UB 85x25	88x88x25	150			
UB 85x40	86x86x40	150			

© rose plastic - 6/2012 - Änderungen vorbehalten

Quelle: RosePlastic Produktkatalog

Nachteile

Für die Nutzung der PP-Boxen als Mehrwegtransportbehälter müssen die Kapazitäten in der Warenannahme und dem Lager angepasst oder gar erweitert werden. So sind anschließend an die Montage der Maschinenteile in der Fertigung die Behälter auf Verschmutzungen und Beschädigungen zu prüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung und der Entfernung des Etikettes müssen die Boxen dann getrocknet, gesammelt und zwischengelagert werden, bis sie wieder in den Umlauf zum Lieferanten gebracht werden. Es muss somit Arbeitszeit, Stellfläche und eine Möglichkeit für den Rücktransport bereitgestellt werden.

Zeitaufwand

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird zu jedem Verpackungsbeispiel tabellarisch der Zeitaufwand dargestellt, der nötig ist, um die Verpackung aus dem jeweiligen Beispiel herzustellen. Tabelle 4 beinhaltet den Zeitaufwand, der zur Umsetzung von Beispiel 1 benötigt wird. Dazu wurden die voraussichtlichen Zeiten zunächst durch die MTM ermittelt (siehe Anhang A) und anschließend mittels eines praktischen Selbstversuches verifiziert.

Tabelle 4 - Zeitaufwand Beispiel 1

Tätigkeit	Variante A	Variante B
Eintüten des Bauteiles	6 Sek.	6 Sek.
Korrosionsschutz nach NK6100 (exklusive Trockenzeit)	-	280 Sek.
Ware in Box platzieren und verschließen	5 Sek.	5 Sek.
Gesamtdauer	11 Sek.	291 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Der Zeitaufwand für den Schutz nach NK6100 kann nicht exakt bestimmt werden. Nach Angaben des Hauptlieferanten für Zahn- und Riemenscheiben variiert der Zeitaufwand für den Prozess abhängig von der Größe und von dem Werkstoff des Werkstückes. Den größten Anteil dabei macht die Trocknungszeit aus. Daher handelt es sich bei der im Zeitaufwand angenommenen Zeit um eine Schätzung nach Absprache mit dem Zulieferer.

Kostenbeispiel

Analog zu dem Zeitaufwand der zur Herstellung der Verpackung ermittelt wird, müssen auch die voraussichtlichen Kosten für die Verpackung bestimmt werden. Die in dieser Arbeit ermittelten Preisaussagen basieren auf Recherchen in Produktkatalogen, Onlineshops für Verpackungsmaterial und auf telefonischen Anfragen. Tabelle 5 beinhaltet die voraussichtlichen Kosten zur Umsetzung von Beispiel 1.

Tabelle 5 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 1

Material	Variante A	Variante B
UniBox-Behälter	0,82 €	0,82 €
VCI-Beutel (100 mm*150 mm)	0,16 €	-
PE-Beutel (100mm*150mm)	-	0,12 €
Zeitaufwand Verpacken* Mannstunde (60 €/Std)	0,19 €	4,85 €
Gesamt	1,17 €	5,79 €

Quelle: UniBox-RosePlastic (Produktkatalog-Anhang B); VCI-Beutel-NordPack GmbH; PE-Beutel-Ratioform

Kennzahl

Um eine Aussage über die Effektivität der Verpackung bezüglich der Ausnutzung ihres Volumens treffen zu können, wird im Verlauf der Arbeit zu jedem Verpackungsbeispiel der Volumennutzungsgrad bestimmt. Dieser errechnet sich nach:

$$\eta = \frac{\text{Packvolumen} \times 100}{\text{Volumen Transportverpackung}}$$

Angestrebt wird ein Nutzungsgrad ≥ 25 %.

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 1)

$$\text{Volumen Zylinder} = \pi \times r^2 \times h$$

$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 3,14 \times (40\text{mm})^2 \times 20\text{mm} = 100480\text{mm}^3$$

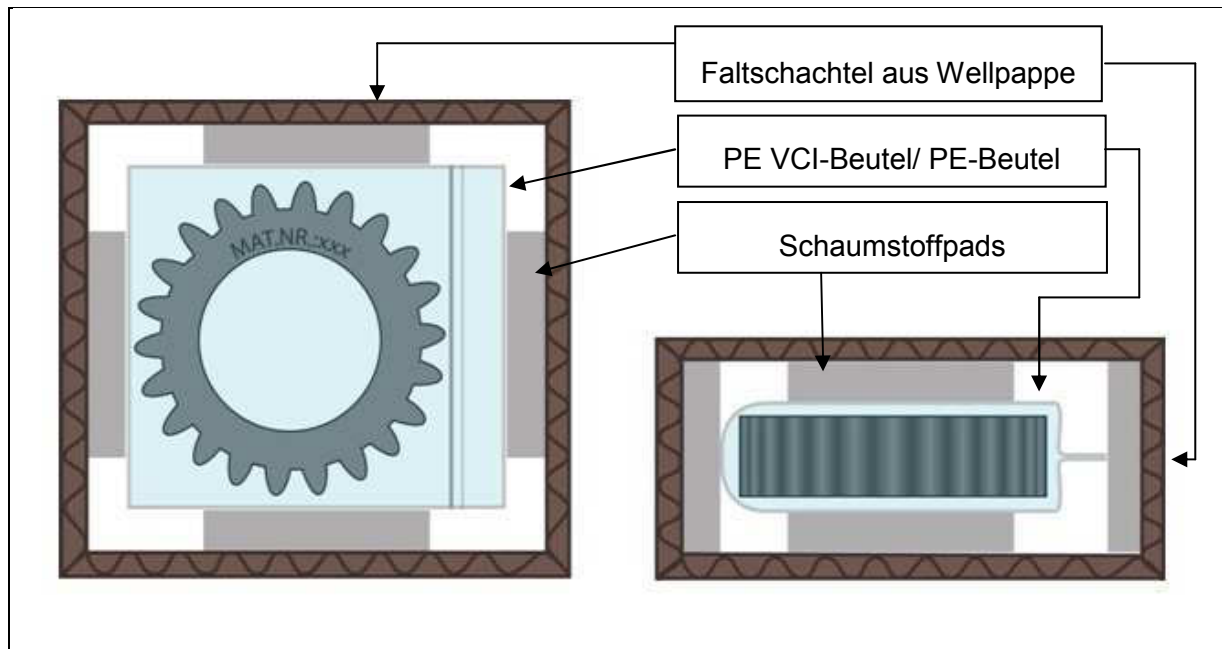
$$\text{Volumen Transportverpackung} = 88\text{mm} \times 25\text{mm} \times 88\text{mm} = 193600\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{100480\text{mm}^3 \times 100}{193600\text{mm}^3} = 51,9\%$$

Beispiel 2 -Stirnrad \varnothing 80 mm, 20 mm Höhe- Faltschachtel aus Wellpappe

Variante A (VCI Korrosionsschutz/Korrosionsschutz nach NK6100)

Abbildung 9 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 2 Schaumstoffpads

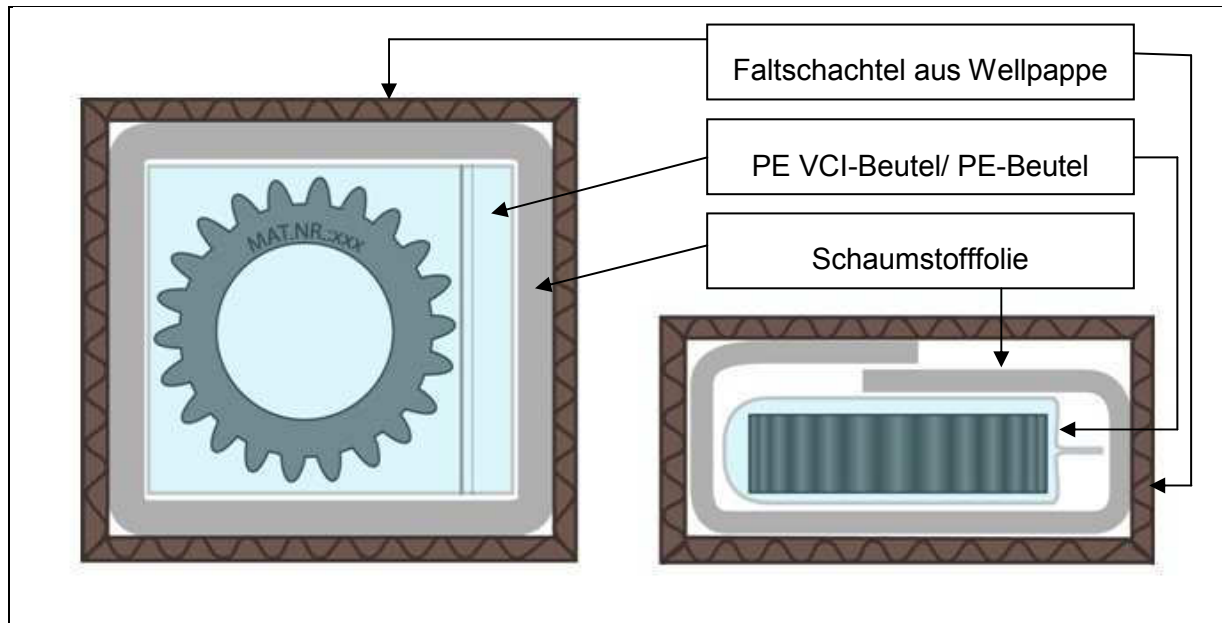


Quelle: Selbst erstellt

Wie in Beispiel 1 Variante A beschrieben, ist auch hier das Werkstück nach Fertigstellung, der NK6100 folgend, zu reinigen und zeitnah durch den VCI-Beutel vor Korrosion zu schützen. Anschließend wird das Werkstück, mit der eingebrannten oder eingestanzten Materialnummer nach oben weisend, in die Faltschachtel gelegt. Die Faltschachtel soll dabei eine Wellpappenqualität zwischen 1.10-1.50 oder 2.20-2.70 aufweisen. Ab einem Werkstückgewicht von > 5 kg ist die Schachtel zusätzlich durch PE-Schaumstoffpads von innen an allen sechs Seiten zu schützen (siehe Abbildung 9). Die Schaumstoffpads sind selbstklebend und sollen die Schachtel vor Beschädigungen durch horizontale Beschleunigungen, die beim Transport auftreten, schützen. Des Weiteren fixieren sie das Bauteil in der Verpackung. Sollte die Schachtel über keine Lasche zum Verschließen verfügen oder selbstklebend sein, ist der Deckel durch Klebeband so zu sichern, dass der Mitarbeiter in der Warenannahme dieses, ohne den VCI-Beutel zu beschädigen, durchtrennen kann. Es ist ein Hinweis auf der Schachtel anzubringen, der den Mitarbeiter in der Warenannahme darauf hinweist, dass es sich um einen VCI-Beutel handelt. Variante A ist auch mit einem Korrosionsschutz nach NK6100 realisierbar. Dabei wird der VCI-Beutel durch einen PE-Beutel ersetzt. Es gilt darauf zu achten, dass dieser die Schachtel vor austretendem Öl schützen kann.

Variante B (VCI-Korrosionsschutz/Korrosionsschutz nach NK6100)

Abbildung 10 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 2 Schaumstoffolie



Quelle: Selbst erstellt

Variante B ist nahezu identisch zu Variante A. Der Unterschied besteht im Dämpfungsmaterial. Anstatt der in Variante A verwendeten selbstklebenden PE-Schaumstoffpads wird hier PE-Schaumstoffolie verwendet. Dabei ist zu beachten, dass die Folie nach dem Einschlagen das Werkstück nur mit einer Lage umschließt (siehe Abbildung 10). Die Enden der Folie sollen zur Oberseite liegend mit Klebeband fixiert werden. Variante B kann ebenfalls sowohl für nach NK6100 geschützte Werkstücke, als auch für durch VCI geschützte Werkstücke verwendet werden. Das Etikett wird wie in Variante A angebracht.

Vorteile

Faltschachteln sind hinsichtlich ihres flachen Anlieferzustandes platzsparend zu lagern. Ihr Volumen ist minimal. Sie sind mit einem Handgriff aufzurichten, ohne dass der Boden verklebt werden muss. Durch eine zusätzliche Rillung im Abstand von einem Zentimeter ist es bei einigen Herstellern möglich die Schachtel auf unterschiedliche Packhöhen einzustellen. Somit lässt sich ein weites Spektrum an Ware mit einem Schachtelmodell verpacken. Es werden weniger Varianten von Schachteln benötigt. Sowohl der VCI-Beutel als auch der PE-Beutel schützen das Werkstück vor leichten Verschmutzungen wie Staub und erlauben durch seine Transparenz eine schnelle Kontrolle der Materialnummer, ohne dass das Werk-

stück aus dem Beutel entnommen werden muss. Folglich bleibt das Risiko eines Korrosionsschadens durch Fingerschweiß auf einem Minimum. Falls eine Schachtel mit Einstecklasche verwendet wird, lässt sich die Verpackung einfach öffnen und schließen. Hierdurch kann die Sendung verpackt in die QS gegeben werden, da der Aufwand des Entnehmens keine unzumutbare Aufgabe mehr für die Mitarbeiter der QS darstellt. Sollte keine Lasche vorhanden sein, ist die Schachtel dennoch durch wenig Aufwand zu öffnen. Die Schachteln lassen sich infolge ihrer Geometrie platzsparend lagern und sind als Einwegverpackung vorgesehen. Sie sind ohne großen Aufwand stofflich zu trennen und gewinnbringend zu recyceln. Reinigungs- und Kontrollprozesse, die bei einer Mehrwegverpackung notwendig sind, entfallen.

Nachteile

Da die Schachtel nicht transparent ist, wird dem Mitarbeiter in der Warenannahme zunächst der freie Blick auf das Werkstück verwehrt. Dadurch wird die Sortierung und Zuordnung der Ware zum WE-Schein verzögert. Um die Ware begutachten zu können, muss die Schachtel geöffnet und gegebenenfalls die Schaumfolie entfernt werden. Sollte kein Verschluss durch eine Lasche oder Ähnliches vorhanden sein, so wird das den Deckel fixierende Klebeband mithilfe einer Klinge durchtrennt. Dabei kann der dahinterliegende VCI-Beutel beschädigt werden. Des Weiteren ist die Faltschachtel nicht so belastbar wie der Behälter aus Beispiel 1. Sie ist anfälliger gegen Feuchtigkeit, Nässe und Öl ebenso wie gegen mechanische Belastungen.

Zeitaufwand

Tabelle 6 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird, um das Verpackungskonzept zu Beispiel 2 in Variante A und Variante B umzusetzen.

Tabelle 6 - Zeitaufwand Beispiel 2

Tätigkeit	Variante A	Variante B
Aufstellen der Faltschachtel	8 Sek.	8 Sek.
Korrosionsschutz nach NK6100 (exklusive Trockenzeit)	-	280 Sek.
Eintüten des Bauteiles	6 Sek.	6 Sek.
Einkleben der Schaumstoffpads	12 Sek.	-
Schneiden und Einwickeln in Schaumstoffolie	-	23 Sek.
Ware in Schachtel platzieren und verschließen	11 Sek.	11 Sek.
Gesamtdauer	37 Sek.	328 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten

In Tabelle 7 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes zu Beispiel 2 in den Varianten A und B aufgelistet.

Tabelle 7 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 2

Material	Variante A	Variante B
Faltschachtel (140 mm*130 mm*50 mm)	0,21 €	0,21 €
VCI Beutel (100 mm*150 mm)	0,16 €	-
PE-Beutel (100 mm*150 mm)	-	0,12 €
Schaumstoffpads (50 mm*42 mm)	6*0,10 €	-
Schaumstoffolie	-	0,14 €
Zeitaufwand verpacken *Mannstunde (60 €/Std)	0,62 €	5,47 €
Gesamtkosten	1,59 €	5,94 €

Quelle: Faltschachtel-OnlinePack; VCI-Beutel-NordPack GmbH; PE-Beutel-Ratioform; Schaumstoffpads-Rajapack; Schaumstoffolie-BB-Verpackungsshop (100 m Rolle)

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 2)

$$\text{Volumen Zylinder} = \pi \times r^2 \times h$$

$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 3,14 \times (40\text{mm})^2 \times 20\text{mm} = 100480\text{mm}^3$$

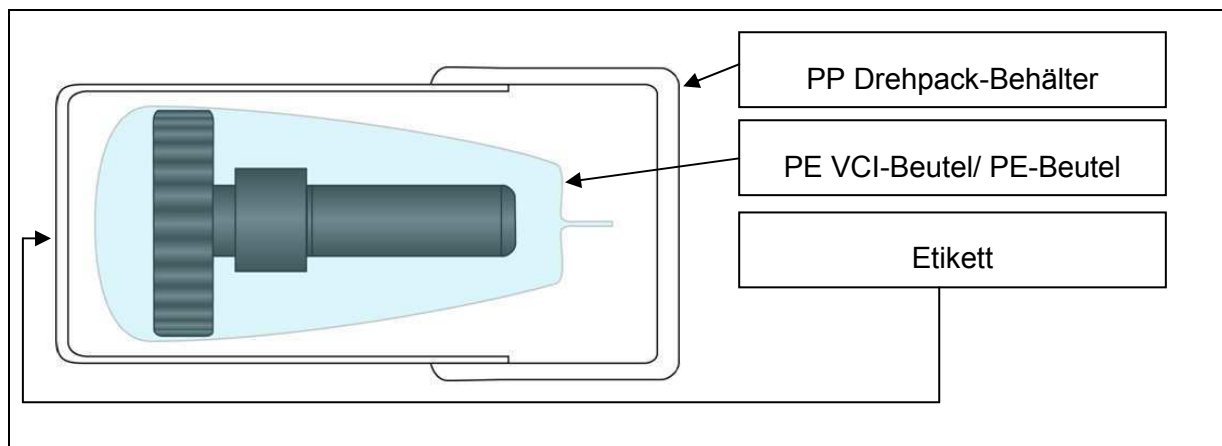
$$\text{Volumen Transportverpackung} = 140\text{mm} \times 50\text{mm} \times 130\text{mm} = 910000\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{100480\text{mm}^3 \times 100}{910000\text{mm}^3} = 11,4\%$$

Beispiel 3 - Ritzelwelle Durchmesser max. 30 mm, 102 mm Länge;

Durchmesser Ritzel: 30 mm – Drehpack

Abbildung 11 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 3



Quelle: Selbst erstellt

Variante A/B (VCI Korrosionsschutz/ Korrosionsschutz nach NK6100)

Analog zu Beispiel 1 Variante A und Variante B wird das Werkstück vor Korrosion geschützt, entweder durch einen verschließbaren VCI-Beutel oder durch aufgetragenes Korrosionsschutzöl nach NK6100, in einem Drehpack-Behälter transportsicher verpackt (siehe Abbildung 11). Es gilt, die unter Beispiel 1 genannten Empfehlungen zu beachten. Abweichend von Beispiel 1 ist Folgendes:

Die Etiketten sind einheitlich auf der einzuschraubenden Seite des Drehpacks anzubringen. Das Werkstück ist so in der Verpackung zu platzieren, dass die eingebrannte oder einge-

stanzte Materialnummer zur offenen Seite ausgerichtet ist. Der Bewegungsfreiraum des Werkstückes in der Verpackung ist durch die Nutzung der variablen Längenverstellung auf ein Minimum zu reduzieren. Sollte das Werkstück dennoch Spiel haben, so ist es bei Werkstücken mit wertigen Oberflächen und engen Toleranzen notwendig, den Raum mit Einlagen aus dämpfendem Material wie Schaumstoff zu füllen.

Vorteile

Im Zuge des gleichen Verpackungsprinzips wie in Beispiel 1 dargestellt, ergeben sich hier auch dieselben Vorteile wie unter Beispiel 1 beschrieben. Zusätzlich verringert sich durch die stufenlose Verstellbarkeit der Länge die Notwendigkeit von Verpackungen verschiedenster Längen. Durch die Sechskantform am Ende der Verpackung sichert sich diese selbst vor ungewollten Rollbewegungen, sei es beim Transport oder der Warenannahme. Dadurch reduziert sich das Risiko einer Beschädigung des Werkstückes durch einen Sturz und auch das Risiko der Beschädigung der Werkstückoberfläche durch Verschmutzungen in der Verpackung im Zusammenspiel mit Rollbewegungen. Des Weiteren ergibt sich durch die geometrische Grundform der Verpackung in Kombination mit Werkstücken die auf Drehmaschinen gefertigt wurden, wie zum Beispiel Welle, Ritzelwelle, Schneckenwelle, ein höherer Volumennutzungsgrad im Vergleich zum Karton. Die Verpackung ist feuchtigkeits- und ölresistent.

Die Drehpacks sind in vielen Standardgrößen erhältlich und decken das gesamte Spektrum an Bauteilen in der Kategorie „Verzahnung, Keil- und Riemenscheiben“ ab. Abbildung 12 zeigt die unterschiedlichen Standardgrößen für Drehpack-Behälter.

Abbildung 12 -Standardgrößen Drehpack

Artikel	ø	Nutzlänge	VPE	Artikel	ø	Nutzlänge	VPE	Artikel	ø	Nutzlänge	VPE	Artikel	ø	Nutzlänge	VPE
	mm	mm			mm	mm			mm	mm			mm	mm	
DP 10 050	10	050 - 070	2100	DP 24 050	24	050 - 060	900	DP 35 080	35	080 - 120	600	DP 55 050	55	050 - 060	500
DP 10 080	10	080 - 120	2000	DP 24 080	24	080 - 120	1100	DP 35 120	35	120 - 200	400	DP 55 060	55	060 - 080	400
DP 10 120	10	120 - 200	2100	DP 24 120	24	120 - 200	750	DP 35 200	35	200 - 350	310	DP 55 080	55	080 - 120	300
DP 13 050	13	050 - 070	2200	DP 24 200	24	200 - 350	600	DP 35 350	35	350 - 620	180	DP 55 120	55	120 - 200	190
DP 13 080	13	080 - 120	1300	DP 26 050	26	050 - 060	800	DP 40 050	40	050 - 060	350	DP 55 200	55	200 - 350	135
DP 13 120	13	120 - 200	1600	DP 26 080	26	080 - 120	1000	DP 40 060	40	060 - 080	350	DP 55 350	55	350 - 620	70
DP 13 200	13	200 - 350	1500	DP 26 120	26	120 - 200	600	DP 40 080	40	080 - 120	500	DP 65 050	65	050 - 060	350
DP 16 050	16	050 - 070	1700	DP 26 200	26	200 - 350	450	DP 40 120	40	120 - 200	300	DP 65 060	65	060 - 080	300
DP 16 080	16	080 - 120	1000	DP 26 250	26	250 - 400	420	DP 40 200	40	200 - 350	250	DP 65 080	65	080 - 120	220
DP 16 120	16	120 - 200	1200	DP 26 350	26	350 - 620	280	DP 40 250	40	250 - 400	210	DP 65 120	65	120 - 200	150
DP 16 200	16	200 - 350	1000	DP 26 410	26	410 - 770	240	DP 40 350	40	350 - 620	150	DP 65 200	65	200 - 350	96
DP 16 350	16	350 - 620	600	DP 28 050	28	050 - 060	800	DP 45 050	45	050 - 060	350	DP 65 350	65	350 - 620	46
DP 16 410	16	410 - 770	500	DP 28 080	28	080 - 120	950	DP 45 060	45	060 - 080	600	DP 80 060*	85	060 - 080	a.A.
DP 20 050	20	050 - 070	1500	DP 28 120	28	120 - 200	600	DP 45 080	45	080 - 120	400	DP 80 080	85	080 - 100	108
DP 20 080	20	080 - 120	1700	DP 28 200	28	200 - 350	450	DP 45 120	45	120 - 200	250	DP 80 120	85	120 - 180	72
DP 20 120	20	120 - 200	1000	DP 30 050	30	050 - 060	700	DP 45 200	45	200 - 350	200	DP 80 200	85	200 - 350	50
DP 20 200	20	200 - 350	900	DP 30 080	30	080 - 120	800	DP 45 350	45	350 - 620	115	DP 80 350	85	350 - 550	18
DP 22 050	22	050 - 060	1100	DP 30 120	30	120 - 200	500	DP 50 050	50	050 - 060	600	DP 80 550	85	550-1000	18
DP 22 080	22	080 - 120	1400	DP 30 200	30	200 - 350	400	DP 50 060	50	060 - 080	500	DP105 080	105	080 - 100	72
DP 22 120	22	120 - 200	850	DP 30 350	30	350 - 620	230	DP 50 080	50	080 - 120	330	DP105 120	105	120 - 180	52
DP 22 200	22	200 - 350	700	DP 30 410	30	410 - 770	200	DP 50 120	50	120 - 200	220	DP105 200	105	200 - 350	30
DP 22 350	22	350 - 620	390	DP 35 050	35	050 - 060	500	DP 50 200	50	200 - 350	150				
DP 22 410	22	410 - 770	300	DP 35 060	35	060 - 080	900	DP 50 350	50	350 - 620	95				

* kein Lagerartikel

© rose plastic - 8/2008 - Änderungen vorbehalten

Die Nachteile der Drehpackverpackung sind infolge desselben Materials und der Wiederverwendbarkeit dieselben wie die des Behälters aus Beispiel 1.

Zeitaufwand

Tabelle 8 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird, um das Verpackungskonzept zu Beispiel 3 in Variante A und Variante B umzusetzen.

Tabelle 8 - Zeitaufwand Beispiel 3

Tätigkeit	Variante A	Variante B
Korrosionsschutz nach NK6100 (exklusive Trockenzeit)	-	280 Sek.
Eintüten des Bauteiles	9 Sek.	9 Sek.
Ware in Drehpack platzieren und verschließen	9 Sek.	9 Sek.
Gesamtdauer	18 Sek.	298 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten

In Tabelle 9 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes zu Beispiel 3 in den Varianten A und B aufgelistet.

Tabelle 9 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 3

Material	Variante A	Variante B
Drehpack DP35 080	0,44 €	0,44 €
VCI-Beutel (100 mm*150 mm)	0,16 €	-
PE-Beutel (100 mm*150 mm)	-	0,12 €
Zeitaufwand Verpacken* Mannstunde (60€/Std)	0,30 €	4,97 €
Gesamtkosten	0,90 €	5,53 €

Quelle: Drehpack-RosePlastic (Produktkatalog-Anhang B); VCI-Beutel-NordPack GmbH; PE-Beutel-Ratioform

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 3)

$$\text{Volumen Zylinder} = \pi \times r^2 \times h$$

$$\text{Packvolumen} = 3,14 \times (11\text{mm})^2 \times 102\text{mm} = 38754\text{mm}^3$$

$$\text{Volumen Transportverpackung} = 3,14\text{mm} \times (18,5\text{mm})^2 \times 105\text{mm} = 112839\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{38754\text{mm}^3 \times 100}{112839\text{mm}^3} = 34,4\%$$

Tabellarische Entscheidungshilfe zur Verpackungsauswahl für Verzahnung, Zahn- und Riemenscheiben

Abbildung 13 gibt einen Überblick über die verschiedenen Teilefamilien und hilft bei der Entscheidung zur Auswahl der angemessenen Verpackung.

Abbildung 13 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Verzahnung, Zahn- und Riemenscheiben

Teilefamilie	Geometrische Eigenschaften	Gewicht	Korrosionsschutz	Empfohlene Pack- und Packhilfsmittel
Zahnräder -Stirnrad -Schrägstirnrad -Kegelrad -etc	<i>Achsensymmetrisch</i> Werkstückradius > Werkstückhöhe	< 5kg	VCI	UniBox-Behälter aus PP - VCI-PE-Druckverschlussbeutel
			NK6100	UniBox-Behälter aus PP - PE-Druckverschlussbeutel - Schutzstrumpf (nur in Kombination mit dem PE-Druckverschlussbeutel)
	<i>Achsensymmetrisch</i> Werkstückradius > Werkstückhöhe	> 5kg	VCI	UniBox-Behälter aus PP - VCI-PE-Druckverschlussbeutel - Schutzstrumpf (nur in Kombination mit dem VCI-PE-Druckverschlussbeutel) Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 oder 2.2 - 2.7 nach DIN 55468 - Schaumpads
			NK6100	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 oder 2.2 - 2.7 nach DIN 55468 - Colompack Versandverpackung - Schaumpads - Schaumstoffolie - PE-Druckverschlussbeutel - Schutzstrumpf (nur in Kombination mit dem Druckverschlussbeutel) UniBox-Behälter aus PP - PE-Druckverschlussbeutel - Schaumstoffolie
Wellen - Schneckenwelle - Zahnwelle - etc	<i>Rotationssymmetrisch</i> Werkstückradius < Werkstücklänge	>0kg	VCI	Drehpack-Behälter aus PP - VCI-PE-Druckverschlussbeutel - ggf. Schaumstoffolie
	<i>Rotationssymmetrisch</i> Werkstückradius < Werkstücklänge		NK6100	Drehpack-Behälter aus PP - PE-Druckverschlussbeutel - ggf. Schaumstoffolie

Quelle: Selbst erstellt

3.2.2 Trommeln und Steuerflansche

Die Kategorie „Trommeln und Steuerflansche“ umfasst 24 verschiedene Materialbezeichnungen. In den meisten Fällen handelt es sich um Trommelvariationen und Steuerflansche. Vorteilhafterweise handelt es sich bei der Mehrheit um geometrisch ähnliche Werkstücke mit einem Gewicht von 3 kg bis 28 kg. Sie sind rotationssymmetrisch und variieren nicht sehr stark in ihren Ausmaßen. Die Länge der Werkstücke variiert zwischen 45 mm und 363 mm und der Durchmesser variiert zwischen 138mm bis 300mm. Dadurch lässt sich das Spektrum der Verpackungen schmaler gestalten. Die Mehrheit der Trommelvarianten, Trommelsegmente und Ringe wird aus einer Aluminiumlegierung gegossen und anschließend zerspanend bearbeitet und hartanodisiert. Durch den Prozess des Hartanodisierens bildet sich eine vor Verschleiß und Korrosion schützende Oxidschicht auf dem Werkstück. Dadurch kann bei solchen Werkstücken auf einen zusätzlichen Korrosionsschutz verzichtet werden. Die Steuerflansche bestehen aus durch Zerspanung bearbeitetem Grauguss (GG). Bei nicht hartanodisierten Werkstücken ist ein Korrosionsschutz notwendig. Insbesondere bei GG besteht Korrosionsgefahr. Wie aus den technischen Zeichnungen zu lesen ist, verfügt eine Vielzahl von Werkstücken über polierte, drallfreie Oberflächen ebenso wie über enge Toleranzen. Aufgrund der aufwendigen Produktionsprozesse der Werkstücke liegt die Wiederbeschaffungszeit der Ware im Durchschnitt bei 53 Arbeitstagen und einem Preis von 712 €/Stück. Der niedrigste Preis liegt bei 15 €/Stück, der höchste liegt bei 5.400 €/Stück. Eine Projektverzögerung durch mechanische oder chemische Beschädigungen würde somit zu hohen Kosten durch Wartezeiten infolge von Nacharbeiten oder Neubeschaffung des Bauteiles führen.

Die Verpackung der Trommeln und Steuerflansche muss das Werkstückgewicht tragen können, das Werkstück gegen Stöße, Vibrationen und gegebenenfalls Korrosion schützen und soll das Werkstück in der Verpackung fixieren. Angesichts der meist gemeinsamen Werkstückgeometrie, der Werkstoffe, des Gewichts und der Bearbeitungsprozesse der Werkstücke empfehlen sich folgende Pack- und Packhilfsmittel:

Zulässige Packmittel

- Schachteln aus Wellpappe - einwellig oder zweiwellig (Qualität 1.1-1.5 oder 2.2-2.7 nach DIN 55468)
- Eurobehälter mit Deckel
- (Sonder-) Kisten aus Holz oder Kunststoff, verschließbar und mit Griffen

Packhilfsmittel

- PE Schaumstoffplatten (Dicke ≥ 20 mm)
- PE VCI-Schaumstoffplatten (Dicke ≥ 20 mm)
- PE Druckverschlussbeutel $\geq 100 \mu$ (0,1 mm Dicke)
- PE VCI-Druckverschlussbeutel $\geq 87 \mu$ (0,087 mm Dicke)
- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl. Gegenfalls auch mit Angaben bezüglich der Beachtung des Korrosionsschutzes (Hinweis auf VCI-Beutel).
- PP-Klebeband
- Netzschutzstrumpf

Für die Verwendung von Netzschutzstrümpfen gilt:

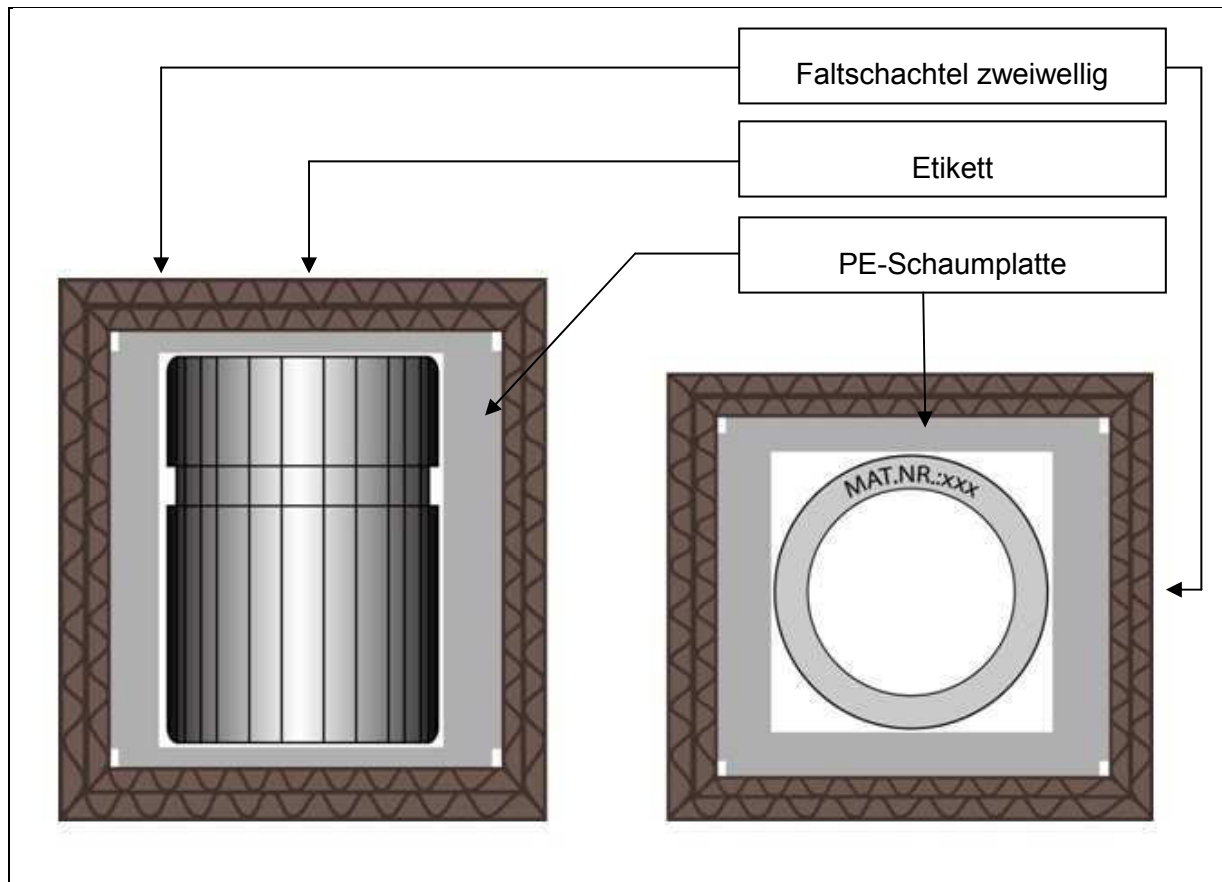
Der Netzschutzstrumpf wird über die PE-(VCI)-Beutel gezogen, um eine Abzeichnung des Netzes auf dem Werkstück durch das Schutzöl zu vermeiden.

Beispiel 4 – Trommel $\varnothing 146$ mm, 228 mm Höhe- Wellpappe

Variante A (AlMg3Si hartanodisiert)

Durch das Hartanodisierungsverfahren bildet sich eine Oxidschicht auf der Werkstückoberfläche, die ein weiteres Korrodieren des Werkstücks verhindert und die Oberfläche zusätzlich härtet und dadurch einen zusätzlichen Schutz gegen Beschädigungen stellt. Aufgrund dieser Schutzschicht kann auf einen zusätzlichen Korrosionsschutz verzichtet werden. Dennoch ist das Werkstück in einem PE-Beutel oder einer PE-Haube zu platzieren, um bei gegebener Entnahme noch einen Schutz gegen Verschmutzungen jeder Art zu gewährleisten. Die für dieses Packungsbeispiel gewählte Trommel wiegt 7,1 kg und zählt damit zu den leichteren Werkstücken dieser Kategorie. Die Qualität der Pappe ist gewichtsabhängig aus der Tabelle in Anhang C zu wählen. Angesichts des hohen Werkstückgewichts und der zusätzlichen Eigenschaft der Stoßdämpfung empfiehlt es sich, hier eine Schachtel aus zweiwelliger Wellpappe zu verwenden. Die Schachtel wird auf allen sechs Seiten mit zugeschnittener PE-Schaumplatte ausgekleidet. Dabei ist das freie Volumen in der Schachtel zu minimieren, sodass die Trommel möglichst wenig Bewegungsraum erhält. Die Packung ist so zu gestalten, dass die Trommel aufrecht steht und ihr Gewicht somit auf eine größere Fläche verteilt wird. Die Trommel ist mit der Seite nach oben zu platzieren, auf der die eingebraunte oder eingestanzte Materialnummer zu sehen ist (siehe Abbildung 14).

Abbildung 14 - Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 4



Quelle: Selbst erstellt

Variante B (Grauguss)

Variante B ist wie Variante A umzusetzen. Der Unterschied besteht in den Materialeigenschaften des Werkstücks. Nicht jeder GG bildet eine Schutzschicht gegen Korrosion. Dies ist abhängig von den Legierungsverhältnissen des Materials. Jedoch werden, verglichen mit den hartanodisierten Werkstücken, die GG Rohlinge bearbeitet nachdem sie gegebenenfalls ihre Schutzschicht gebildet haben. Damit sich nach dem spanenden Bearbeiten keine Schutzschicht auf den maßhaltigen Flächen bildet, müssen diese Werkstücke nach der Bearbeitung sofort gegen erneute Korrosion geschützt werden. Dies kann wie gehabt nach NK6100 geschehen oder durch VCI-Folien oder VCI-PE-Schaum. Das Werkstück ist dann im Vergleich zu Variante A zusätzlich in einen VCI-PE-Beutel zu platzieren oder die PE-Schaumplatten sind durch PE-VCI-Schaumplatten zu ersetzen. Soll das Werkstück nach NK6100 geschützt werden, so ist dieses nach dem Einölen in einen PE-Beutel oder eine PE-Haube zu platzieren, sodass ein Aufweichen und Verschmutzen der Schachtel durch austretendes Öl verhindert wird. Bei anderen Werkstücken als Trommeln kann auf die zweifellige Pappe und das Auspolstern durch PE-Schaumplatten verzichtet werden, sollte das Guss-

Werkstück keine polierten, drallfreien oder eng tolerierten Maße vorweisen. Werkstücke, die aus geometrischen Gründen in UniBox- oder Drehpackbehälter, wie unter Kapitel 3.2.1 vorgestellt, Platz finden, sind bevorzugt in solchen zu verpacken. Als Ersatz für die entfallene Schaumstoffplatte soll in diesem Fall PE-Schaumstoffolie dienen.

Vorteile

Da es sich bei diesem Konzept um eine Einwegverpackung handelt, fallen keine zusätzlichen Bedarfe an Personal, Lager- und Reinigungsplatz und Rücktransportmöglichkeiten an. Dieses Konzept eignet sich besonders für Sekundärzulieferer, die keine regelmäßigen Lieferungen dieser Werkstücke verschicken. Die Verpackung ist einfach und schnell stofflich zu trennen und umweltfreundlich zu entsorgen oder lässt sich verwerten. Die Verpackungskomponenten sind platzsparend lagerfähig. Die Verpackung ist einfach zu öffnen. Durch die zur Öffnung zeigende Materialnummer wird es den Mitarbeitern in der Warenannahme, der QS und dem Lager erleichtert, das Werkstück schnell zu identifizieren. Einfache Fehler, wie zum Beispiel das achtlose Anheben eines Stülpkartons, welches einen Sturz zur Folge haben könnte, werden bei einer Faltschachtel konstruktiv ausgeschlossen.

Nachteile

Um ein nicht zu großes Spektrum an verschiedenen Schachteln zu lagern, wird sich das Unternehmen auf eine Anzahl festlegen müssen, die den mehrheitlichen Teil der Größen von Werkstücken abdeckt. Dabei werden manche Schachteln einen besseren Volumennutzungsgrad erzielen, andere hingegen einen deutlich schlechteren.

Das Zuschneiden der Schaumstoffplatten und das Einlegen in die Schachtel bedarf Zeit und ist jeder Schachtel individuell anzupassen. Für einmalige Lieferungen entsteht so ein relativ hoher Aufwand, der aber anhand des Werkstückwertes gerechtfertigt ist.

Zeitaufwand

Tabelle 10 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird, um das Verpackungskonzept zu Beispiel 3 in Variante A umzusetzen.

Tabelle 10 - Zeitaufwand Beispiel 4

Tätigkeit	Variante A
Platzieren des Werkstückes in PE-Beutel/ -Haube	9 Sek.
Zuschneiden der Schaumplatten und Einpassen in die Schachtel	77 Sek.
Werkstück in Schachtel platzieren und verschließen	14 Sek.
Gesamtdauer	100 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten

In Tabelle 11 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes zu Beispiel 3 in der Variante A aufgelistet.

Tabelle 11 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 4

Material	Variante A
Faltschachtel zweiwellig (200 mm*200 mm*250 mm)	0,68 €
PE-Schaumplatten	Ca. 4,67 €
PE-Beutel (230 mm*320 mm)	0,39 €
Zeitaufwandverpacken* Mannstunde (60 €/Std)	1,67 €
Gesamtkosten	7,41 €

Quelle: Faltschachtel-OnlinePack; PE-Schaumplatten-Rajapack; PE-Beutel-Einpacken.de;

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 4)

$$\text{Volumen Zylinder} = \pi \times r^2 \times h$$

$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 3,14 \times (73\text{mm})^2 \times 228\text{mm} = 3815138\text{mm}^3$$

$$\text{Volumen Transportverpackung} = 220\text{mm} \times 250\text{mm} \times 220\text{mm} = 12100000\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{3815138\text{mm}^3 \times 100}{12100000\text{mm}^3} = 31.5\%$$

Pendelverpackung

Die Pendelverpackung empfiehlt sich insbesondere für hochwertige Werkstücke und Werkstücke mit langen Wiederbeschaffungszeiten. Das teilweise hohe Gewicht der Werkstücke der Kategorie „Trommeln und Steuerflansche“ lässt sich besser in einer stabilen Mehrwegverpackung handhaben. Insbesondere gegenüber teuren Einwegverpackungen rentieren sich Mehrwegverpackungen nach einigen Umläufen. Als Mehrwegbehälter kommen für Trommeln in Frage:

- Eurobehälter mit Deckel
- (Sonder-) Kisten aus Holz oder Kunststoff mit Deckel

Sowohl die Eurobehälter als auch die (Sonder-) Kisten können nach den in Variante A gegebenen Hinweisen mit Dämpfungsmaterial ausgekleidet werden.

Vorteile

Der Großteil der Herstellungskosten (Fixkosten) verteilt sich auf die Anzahl der Umläufe der Verpackung. Bei Eurobehältern, wie auch bei (Sonder-) Kisten, kann aus Erfahrungswerten von mindestens 15 Umläufen ausgegangen werden. Ein besonderer Vorteil der (Sonder-) Kisten ist, dass diese auf die exakte Größe des Werkstückes angepasst werden können. Jedoch sind (Sonder-) Kisten als Sonderanfertigung angesichts der Planung und Einzelfertigung oder Kleinserie in der Anschaffung teurer. Im Fall der Eurobehälter muss das Volumen des Behälters durch Auskleiden mit dämpfungsfähigem Material soweit verringert werden, dass das Werkstück möglichst wenig Bewegungsfreiraum erhält. Im Gegenzug sind die Anschaffungskosten hinsichtlich der Standardmaße und Großserienfertigung erheblich niedriger. Hinzu kommt, dass im Zuge der Standardmaße die Schaumstoffplatten geschnitten zugekauft werden können um diese dann modular einzusetzen. Sowohl die (Sonder-) Kiste als auch der Eurobehälter unterstützen durch ihren geschlossenen Körper den VCI-Korrosionsschutz, da sich im Innenraum eine gesättigte Schutzatmosphäre bilden kann und somit unnötiges Ausdiffundieren von Schutzstoff verhindert wird, was zu längerem Korrosionsschutz führt. Durch die unterschiedlich großen und dicken Schaumstoffeinlagen lässt sich bei beiden Varianten die Polsterschicht modular dem Packstück anpassen und gegebenenfalls bei Verschmutzungen oder Beschädigungen austauschen. Besonders die Eurobehälter bieten durch ihre Resistenz gegen Wasser, Öl und Feuchtigkeit mehr Schutz im Vergleich

zur Wellpappe. Auch lassen sich Kisten aus Holz oder Kunststoff besser stapeln, da sie den Druckkräften besser standhalten.

Nachteile

Um einen problemfreien Kreislauf aufbauen zu können, müssen ausreichend Behälter im Umlauf sein. Das führt dazu, dass der Zulieferer und der Empfänger jeweils Stellfläche brauchen, um die Behälter für die Lieferung oder den Rücktransport bereitstellen zu können. Zusätzlich muss die Ware in der Mehrwegverpackung eingelagert werden. Da kein „First in first out“ im Lager gepflegt wird, ist es nicht absehbar zu welchem Zeitpunkt der Behälter wieder an den Zulieferer zurück gesendet werden kann. Zusätzlich kann das Einlagern selber hinsichtlich gegebener Platzverhältnisse zu einem Problem werden. Für den innerbetrieblichen Transport müssen Abgabe- und Annahmestellen für die Behälter eingerichtet werden. Zudem ist ein Rücktransport zum Lieferanten einzurichten.

Zeitaufwand (Variante A, Holzkiste als Mehrwegverpackung)

Tabelle 12 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird um das Verpackungskonzept „Pendelverpackung“ in Variante A umzusetzen.

Tabelle 12 - Zeitaufwand Pendelverpackung

Tätigkeit	Variante A
Platzieren des Werkstücks in PE-Beutel/ -Haube	9 Sek.
Auf Maß geschnittene Schaumplatten einsetzen	28 Sek.
Werkstück in Holzkiste platzieren und verschließen	5 Sek.
Gesamtdauer	42 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen: Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten (Variante A, Holzkiste als Mehrwegverpackung)

In Tabelle 13 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes „Pendelverpackung“ in der Variante A aufgelistet.

Tabelle 13 - Voraussichtliche Kosten Pendelverpackung

Material	Variante A
Holzkiste 200 mm x 280 mm x 200 mm	40 €
Schaumplattenzuschnitte	Ca. 5,10 €
PE-Beutel	0,39 €
Zeitaufwand Verpacken* Mannstunde (60 €/Std)	0,70 €
Gesamtkosten	46,19 €

Quelle: Holzkiste-Schätzung von Baltic Metall; PE-Schaumplatten-Schaumstofflager.de; PE-Beutel-Einpacken.de;

Volumennutzungsgrad (zur Pendelverpackung)

$$\text{Volumen Zylinder} = \pi \times r^2 \times h$$

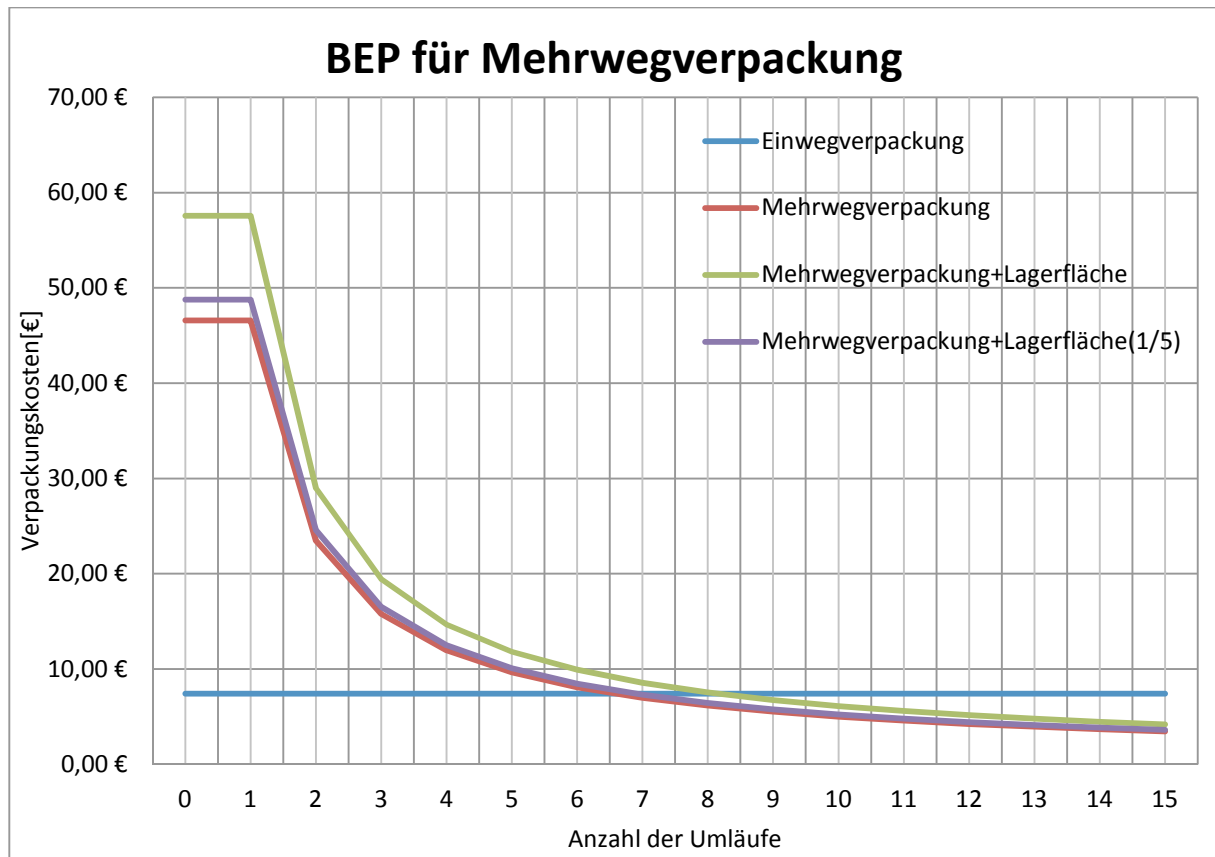
$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 3,14 \times (73\text{mm})^2 \times 228\text{mm} = 3815138\text{mm}^3$$

$$\text{Volumen Transportverpackung} = 220\text{mm} \times 280\text{mm} \times 220\text{mm} = 13552000\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{3815138\text{mm}^3 \times 100}{13552000\text{mm}^3} = 28,15\%$$

Abbildung 15 - Break even point (BEP) für Mehrwegverpackung



Quelle: Selbst erstellt (Werte in Anhang B)

Wie aus dem Diagramm (Abbildung 15) abzulesen ist, liegt der „Break even point“ der Mehrwegverpackung nach dem neunten Umlauf. In diesem Fall lohnt sich eine Mehrwegverpackung, da das Konzept für die Einwegverpackung mit 7,41 € relativ kostenintensiv ist.

Die Universelle Engineering U.N.I. GmbH veranschlagt für jeden Quadratmeter Lagerfläche Kosten in Höhe von 11 €. Als Sammelplatz für die Rückführung der Mehrwegkisten wird 1 m² zu Verfügung gestellt. Somit ergeben sich monatliche Fixkosten in Höhe von 11 € für alle Mehrwegkisten.

Die grüne Kurve zeigt den Kostenverlauf der Mehrwegverpackung für den Fall, dass eine Kiste allein die Lagerkosten für die Sammelfläche trägt. Die violette Kurve zeigt den Kostenverlauf der Mehrwegverpackung für den Fall, dass die gesamten Lagerkosten auf fünf Kisten verteilt werden. In diesem Fall liegt der BEP bei sieben Umläufen. Die Einführung von Mehrwegkisten für diese Bauteilgruppe lohnt sich somit bereits ab einer Kiste, für den Fall das monatlich mehr als neun Bauteile geliefert werden. Jede weitere Kiste senkt die Kosten der Mehrwegverpackung durch die Umverteilung der Lagerkosten.

Die zugrunde liegenden Werte des Diagramms finden sich in Anhang B.

Tabellarische Entscheidungshilfe zur Verpackungsauswahl für Trommeln und Steuerflansche

Abbildung 16 gibt einen Überblick über die verschiedenen Teilefamilien und hilft bei der Entscheidung zur Auswahl der angemessenen Verpackung.

Abbildung 16 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Trommeln und Steuerflansche

Teilfamilie	Werkstoff	Eigenschaften	Gewicht	Korrosionsschutz	Empfohlene Pack- und Packhilfsmittel
Trommel	Aluminium legierung	hartanodisiert	<23 kg	nicht nötig	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
			≥23 kg		Wellpappschachtel der Qualität 2.2-2.7 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	Stahl	-	<23 kg	VCI	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 (Zweiwellig) -VCI Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - VCI-PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	Stahl	-	≥23 kg	VCI	Wellpappschachtel der Qualität 2.2-2.7 (Zweiwellig) - VCI Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	Stahl	-	≥23 kg	NK6100	Wellpappschachtel der Qualität 2.2-2.7 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - VCI-PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	GG/Stahl	ggf. Brüniert/Beschichtet	siehe Werkstoff Stahl Bei Beschichtungen nach NK6100 schützen um Wechselwirkungen mit Klebstoffen zu vermeiden		
Flansch	GG	-	≤23kg	VCI	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 - VCI Schaumstoffolie Dicke ≥ 5mm - VCI PE-Beutel/Haube
	GG	-		NK6100	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 - PE-Schaumstoffolie Dicke ≥ 5mm - PE-Beutel/Haube
	GG	Drallfreie, polierte Oberflächen	<23 kg	VCI	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 (Zweiwellig) -VCI Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - VCI-PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	GG			NK6100	Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	GG		≥23 kg	VCI	Wellpappschachtel der Qualität 2.2-2.7 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste
	GG			NK6100	Wellpappschachtel der Qualität 2.2-2.7 (Zweiwellig) - Schaumstoffplatten Dicke ≥ 20mm - PE-Beutel/Haube -Holz- oder Kunststoffkiste

Quelle: Selbst erstellt

3.2.3 Kunststoffteile und Folien

Diese Kategorie umfasst eine Vielzahl an Werkstücken aus unterschiedlichsten Kunststoffen mit unterschiedlicher Geometrie und Funktion. Darunter finden sich Walzen aus Polyvinylchlorid (PVC), Ringprofile aus Gusspolyamid (PaGG-Mo) und überwiegend Sichtscheiben aus Polymethylmethacrylat (PMMA), auch bekannt als Plexiglas. Der durchschnittliche Wert der Kunststoffteile liegt bei 47 €. Das Preisspektrum reicht von 0,80 €/Stück bis 479 €/Stück. Angesichts der Tatsache, dass Sichtscheiben die Mehrheit des Warenspektrums stellen und eine aktuellen Problematik bei den Folien vorliegt, konzentrieren sich die Verpackungskonzepte auf diese beiden Gruppen.

Sichtscheiben

Die Sichtscheiben dienen, verbaut an der Maschine, als Kontrollmöglichkeit für Füllstände und zur Kontrolle von mechanischen Abläufen. Aus diesem Grund ist ein optisch einwandfreies Sichtfeld notwendig und dient zugleich der Zufriedenstellung der optischen Ansprüche des Kunden. Die Plexiglaswerkstücke werden vom Hersteller mit einer Schutzfolie beschichtet. Bei sehr langen Liegezeiten von über 18 Monaten unter Einstrahlung von UV-Licht wurde eine entstehende Verbindung zwischen dem Plexiglas und der Schutzfolie beobachtet. Da eine solche Verbindung zu vermeiden ist, sind Plexiglaswerkstücke vor UV-Licht geschützt zu lagern. Um die gewünschte Qualität zu wahren, ergeben sich folgende Anforderungen an die Verpackung von Plexiglaswerkstücken:

- Jedes Werkstück muss einzeln verpackt werden.
- Die Verpackung muss einen ausreichenden Schutz gegen Oberflächenbeschädigungen jeglicher Art stellen.
- Jede Packung muss durch ein Etikett identifizierbar sein.

Zur effektiven und kostengünstigen Realisierung eignen sich folgende Pack- und Packhilfsmittel:

Zulässige Packmittel:

- PE -Schaumfolie (Dicke \geq 2 mm)

Zulässige Packhilfsmittel:

- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl
- PP -Klebeband

Beispiel 5 - PMMA-Scheibe 350 mm*200 mm*10 mm (flache Scheibe)

Vorgehensweise

Das Gestalten der Verpackung für Sichtscheiben ist simpel, kann jedoch abhängig von der Geometrie der Sichtscheibe sehr zeitintensiv ausfallen. Die Sichtscheibe wird in PE-Schaumstofffolie eingeschlagen und mit Klebeband verschlossen. Aufgrund der Beständigkeit des PMMA gegenüber mechanischer und chemischer Belastungen ist die Schaumstofffolie ein ausreichender Schutz.

Vorteile

Die PE-Schaumstofffolie lässt sich durch Zuschneiden an jede Werkstückgeometrie anpassen. Durch das enge Anliegen der Folie am Werkstück ergibt sich ein sehr guter Volumennutzungsgrad der Verpackung. Somit wird weder während des Transportes noch bei der Einlagerung unnötig freies Volumen genutzt. PE-Schaumstofffolie ist zudem ein günstiges Packmittel.

Nachteile

Im Fall einer Qualitätsprüfung muss die Verpackung geöffnet werden. Dabei wird die Schaumstofffolie mit einer Klinge geöffnet, wodurch die Gefahr entsteht, die Sichtscheibe zu beschädigen. Durch das Öffnen entsteht ein zusätzlicher Arbeitsschritt, da die Sichtscheibe für die Einlagerung anschließend neu verpackt werden muss.

Zeitaufwand

Tabelle 14 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird, um das Verpackungskonzept zu Beispiel 5 umzusetzen.

Tabelle 14 - Zeitaufwand Beispiel 5

Tätigkeit	Beispiel 5
Platzieren der Sichtscheibe auf der PE-Schaumstoffolie	11 Sek.
Einschlagen in die PE-Schaumstoffolie, Verschließen und Aufbringen des Etiketts	24 Sek.
Gesamtdauer	35 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten

In Tabelle 15 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes zu Beispiel 5 aufgelistet.

Tabelle 15 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 5

Material	Beispiel 5
PE-Schaumstoffolie	1,27 €
Zeitaufwand Verpacken* Mannstunde (60€/Std)	0,59 €
Gesamt	1,86 €

Quelle: Schaumstoffolie-BB-Verpackungsshop(100m Rolle)

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 5)

$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 350\text{mm} \times 10\text{mm} \times 200\text{mm} = 700000\text{mm}^3$$

$$\text{Volumen Transportverpackung} = 360\text{mm} \times 20\text{mm} \times 210\text{mm} = 1512000\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{700000\text{mm}^3 \times 100}{1512000\text{mm}^3} = 46,3\%$$

Folien

Bei den hier beschriebenen Folien handelt es sich um Klebefolien. Diese werden an den Maschinen als Kennzeichnung des Typs oder als Schablone an das Panel geklebt, um Schalter und Armaturen zu kennzeichnen. Diese Folien sind sehr hochpreisig und kosten bis zu 104 €/Stück. Sie sind sehr resistent gegen Wärme und gegen chemische Belastungen, die durch den Tabaksud und den Papierkleber entstehen. Die Maße der Folien variieren dabei bis zu einer Grundfläche von 1700 mm*250 mm. Die Verpackung soll folgenden Anforderungen gerecht werden:

- Das Knicken, Falten und Rollen der Folie ist unzulässig (vermeidet ein Ablösen der Trägerfolie).
- Die Folien müssen in der Verpackung fixiert sein.
- Die Folien müssen einzeln verpackt sein. Bei einer Lieferung von mehr als einer Folie können die Einzelverpackungen auch in einem Karton zusammengefasst werden.

Zulässige Packmittel:

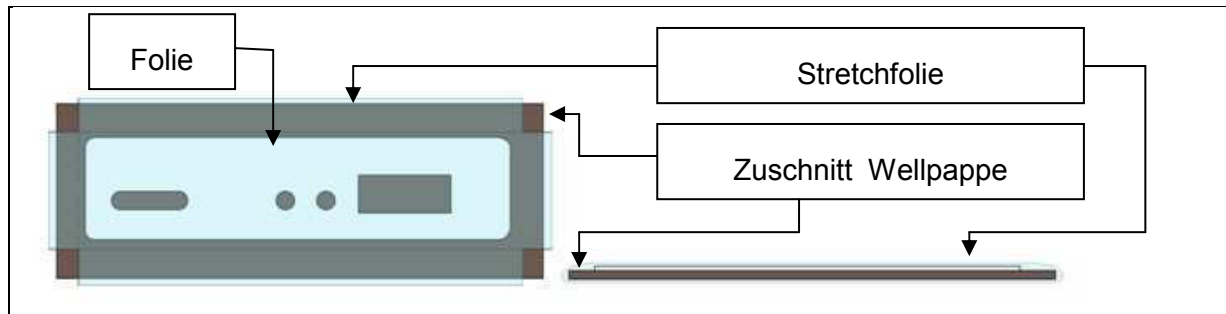
- Faltschachteln aus Wellpappe (Qualität 1.1-1.5 nach DIN 55468)
- Wellpappe zugeschnitten – gegebenenfalls gegen Biegung verstärkt (Qualität 1.1-1.5 nach DIN 55468)

Zulässige Packhilfsmittel:

- PP-Klebeband
- Hand-Stretchfolie
- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl

Beispiel 6 – Folie 1500 mm*200 mm

Abbildung 17- Prinzipielle Darstellung Verpackungskonzept Beispiel 6



Quelle: Selbst erstellt

Vorgehensweise

Die Einzelverpackung setzt sich aus drei Schritten zusammen:

1. Auflegen der Folie auf die darauf zugeschnittene Wellpappe
2. Fixieren der Folie auf der Wellpappe durch Quer- und dann Längseinwickeln mit Hand-Stretchfolie
3. Aufbringen des Etiketts auf der Oberseite

Abbildung 17 stellt das Verpackungskonzept nach Vollendung der drei Schritte dar.

Vorteile

Die Verpackung hat einen sehr hohen Volumennutzungsgrad. Dank des geringen Volumens und des geringen Gewichtes lässt sich diese Verpackung im internationalen Versand auf See- oder Luftwegen einsetzen. Zudem ist die Verpackung kostengünstig und mit wenig Zeitaufwand realisierbar. Durch die biegesteife Unterlage werden Beschädigungen der Folie durch Biegen und Knicken verhindert und die Stretchfolie schützt das Produkt vor Witterungseinflüssen sowie mechanischen Belastungen. Die geringe Höhe der Verpackung ermöglicht zusätzlich eine direkte Einlagerung im Paternoster-Regal ohne zusätzliches Umpacken.

Nachteile

Die Verpackung ist wegen ihrer Länge während des Transportes nur auf Sonderpaletten mit Überlänge zu transportieren. Im Fall der Anlieferung durch Lieferdienste ist ein zusätzlicher

Karton als Träger zu nutzen. Des Weiteren wird die Verpackung im Fall einer Qualitätsprüfung durch die QS zerstört und muss noch in der Warenannahme ersetzt werden.

Zeitaufwand

Tabelle 16 beinhaltet den voraussichtlichen Zeitaufwand der benötigt wird, um das Verpackungskonzept zu Beispiel 6 umzusetzen.

Tabelle 16 - Zeitaufwand Beispiel 6

Tätigkeit	Beispiel 6
Platzieren der Folie auf dem Wellpappzuschnitt	4 Sek.
Umwickeln mit Stretchfolie und Aufbringen des Etiketts	125 Sek.
Gesamtdauer	128 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (Ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten

In Tabelle 17 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung des Verpackungskonzeptes zu Beispiel 6 aufgelistet.

Tabelle 17 - Voraussichtliche Kosten Beispiel 6

Material	Beispiel 6
Wellpappzuschnitt 1700 mm*250 mm	0,37 €
Stretchfolie	0,17 €
Zeitaufwand Verpacken* Mannstunde (60 €/Std)	2,14 €
Gesamt	3,05 €

Quelle: Wellpappzuschnitt-Verpackung24.com; Stretchfolie-Rajapack.de

Volumennutzungsgrad (zu Beispiel 6)

$$\text{Volumen Quader} = b \times h \times t$$

$$\text{Packvolumen} = 1500\text{mm} \times 2\text{mm} \times 200\text{mm} = 600000\text{mm}^3$$

$$\text{Volumen Transportverpackung} = 1700\text{mm} \times 3\text{mm} \times 250\text{mm} = 1275000\text{mm}^3$$

$$\eta = \frac{600000\text{mm}^3 \times 100}{1275000\text{mm}^3} = 47\%$$

Tabellarische Entscheidungshilfe zur Verpackungsauswahl für Kunststoffteile und Folien

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die verschiedenen Kunststoffteile und hilft bei der Entscheidung zur Auswahl der angemessenen Verpackung.

Abbildung 18 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Kunststoffteile und Folien

Teilefamilie	Geometrische Eigenschaften	Gewicht	Korrosionsschutz	Empfohlene Pack- und Packhilfsmittel
Folie	gilt für alle Folien	-	nicht notwendig	- Wellpappenzuschnitt - Faltschachteln aus Wellpappe - Packpapier - PP-Klebeband - Hand-Stretchfolie
Sichtscheiben	gilt für alle Sichtscheiben	-	nicht notwendig	- PE Schaumfolie (Dicke≥2mm) - PP-Klebeband
Andere Bauteile der Kategorie "Kunststoffteile und Folien"	Falls nicht explizit angegeben, ist die Verpackung passend zur Geometrie zu wählen	-	nicht notwendig	- Netzschutzstrumpf - PE-Beutel - Wellpappschachtel der Qualität 1.1-1.5 - Drehpack - Rechteckpack - Schaumstofffolie

Quelle: Selbst erstellt

3.2.4 Blech und Blechbaugruppen

Die Kategorie „Blech und Blechbaugruppen“ umfasst über 4.500 Artikel, vom Kleinblech bis zur komplexen Blechbaugruppe. Blechteile sind Einzelteile, während Blechbaugruppen aus mehreren Einzelteilen durch Fügeprozesse gefertigt werden.

Die Preisspanne liegt dabei zwischen 1,36 €/Stück und 6.315 €/Stück. Im Durchschnitt kostet ein Teil dieser Kategorie 110 €/Stück. Dabei lassen sich die Artikel in vier verschiedene Gruppen unterteilen:

1. grundierte Blechteile und Blechbaugruppen
2. endlackierte Blechteile
3. Blechteile aus Edelstahl mit kundenspezifischen Schliffbild (gebürstet, poliert etc.)
4. Blechbaugruppen, vormontiert mit kundenspezifischer Lackierung und Anbauteilen: Anlieferung als Teilekit

Bei jeder dieser Gruppen hat der Schutz der Oberfläche höchste Priorität. Die Grundierung der Blechteile erfüllt außer der Grundlage für eine spätere Lackierung auch die Korrosionsschutzfunktion. Eine Beschädigung der Grundierung kann Korrosion zur Folge haben, welche im weiteren Verlauf, selbst nach einer Reparatur der Beschädigung, zum Abplatzen der Grundierung und Lackierung führen kann.

Bei allen Blechteilen und Blechbaugruppen handelt es sich um Sichtteile. Eine fehlerbehaftete Oberfläche kann bei der Kundenabnahme zur Verweigerung der Abnahme der Maschine führen.

Anforderungen an die Verpackung:

- Jeder Artikel muss einzeln verpackt werden.
- Die Verpackung muss einen ausreichenden Schutz gegen Oberflächenbeschädigungen jeglicher Art stellen.
- Jede Verpackung muss durch ein Etikett identifizierbar sein.
- Gegebenenfalls müssen scharfe Kanten abgedeckt werden.
- Bei Anlieferung auf einer Palette ist darauf zu achten, dass der Artikel sowohl in Längs- und Querrichtung nicht über die Palettenmaße hinaus ragt. In der Höhe soll der Artikel von Palettenaufsteckrahmen überragt werden.

Zulässige Packmittel:

- PE-Schaumstoffolie – Dicke ≥ 3 mm für lackierte Bleche
- PE-Beutel – Dicke $\geq 150 \mu$ (0,15 mm) für grundierte Bleche
- PE-Schlauchbeutel – Dicke $\geq 150 \mu$ für grundierte Bleche

- PE-Stretchfolie – für übergroße grundierte Bleche/Baugruppen
- angepasste Transportkiste aus Holz

Zulässige Packhilfsmittel:

- Karton- oder PE-Schaumstoffkantenschutzprofile
- PP-Klebeband
- Heftklammern
- Wellpappe als Zwischenlage
- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl

Variante A (Grundierte Blechteile und Blechbaugruppen)

Angesichts der Vielzahl von Werkstücken unterschiedlichster Geometrie ist ein allgemeines, auf jedes Werkstück anwendbares Verpackungskonzept nicht realisierbar. Dennoch ist mit den angegebenen Packmitteln, alleine oder in Kombination, jede geometrische Form zu verpacken. Kleine bis mittelgroße Blechteile lassen sich im PE-Beutel verpacken und zuheften. Für kleine Baugruppen und längere Blechteile bietet eine Verpackung aus PE-Schlauchfolie genügend Volumen. Die Schlauchfolie lässt sich ebenfalls durch Heftklammern oder durch Verschweißen verschließen. Für Bauteile, die durch ihre Größe bedingt nicht in PE-Beutel oder eine Schlauchfolie passen, muss auf Schaumstoffolie oder Stretchfolie zurückgegriffen werden. Die Bilder in Abbildung 20 zeigen die erwartete Qualität. Durch die eng anliegenden Folien lässt sich ein hoher Volumennutzungsgrad erreichen. Die Materialkosten einer solchen Verpackung fallen gering aus. Der größte Kostenanteil entsteht durch die Bearbeitungszeit, die zum Einschlagen des Bauteils nötig ist.

Vor- und Nachteile der Packmittel

Tabelle 18 - Vor- und Nachteile der Packmittel

Packmittel	Vorteile	Nachteile
PE-Beutel	Kostengünstiges Material	Nur bedingt einsetzbar (kleine-mittelgroße Teile)
	Sehr geringer Zeitaufwand	Unterschiedliche Beutel werden benötigt
	Leicht wiederverschließbar	
PE-Schlauchbeutel	Geringer Zeitaufwand	Zum Zuschweißen wird ein Schweißgerät benötigt
	Leicht wiederverschließbar	Unterschiedliche Schlauchgrößen werden benötigt
	Kostengünstiges Material	
Stretchfolie	Lässt sich bei jeder Geometrie anwenden	Wird beim Auspacken zerstört
		Hoher Zeitaufwand
		Bietet, durch mangelnde Dicke, geringeren Schutz
PE-Schaumstoffolie	Bester Oberflächenschutz	Hoher Zeitaufwand
	Lässt sich bei jeder Geometrie anwenden	Wird beim Auspacken zerstört

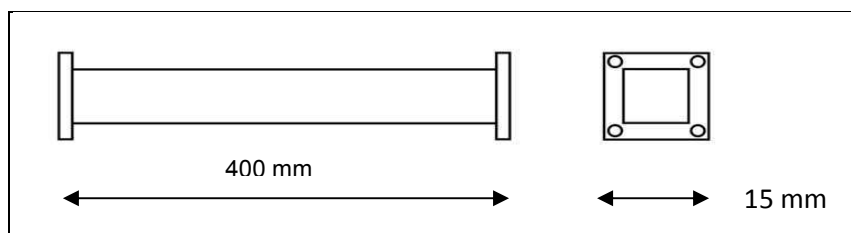
Quelle: Selbst erstellt

Variante B (Lackierte Blechteile/oberflächenbehandelte Bleche)

Endbearbeitete Blechteile sind ausschließlich in PE-Schaumstoffolie zu verpacken. Die Vor- und Nachteile sind Abbildung 18 zu entnehmen.

Beispiel 7 – Vierkantprofil mit beidseitigem, quadratischem Flansch (vgl. Abbildung 19)

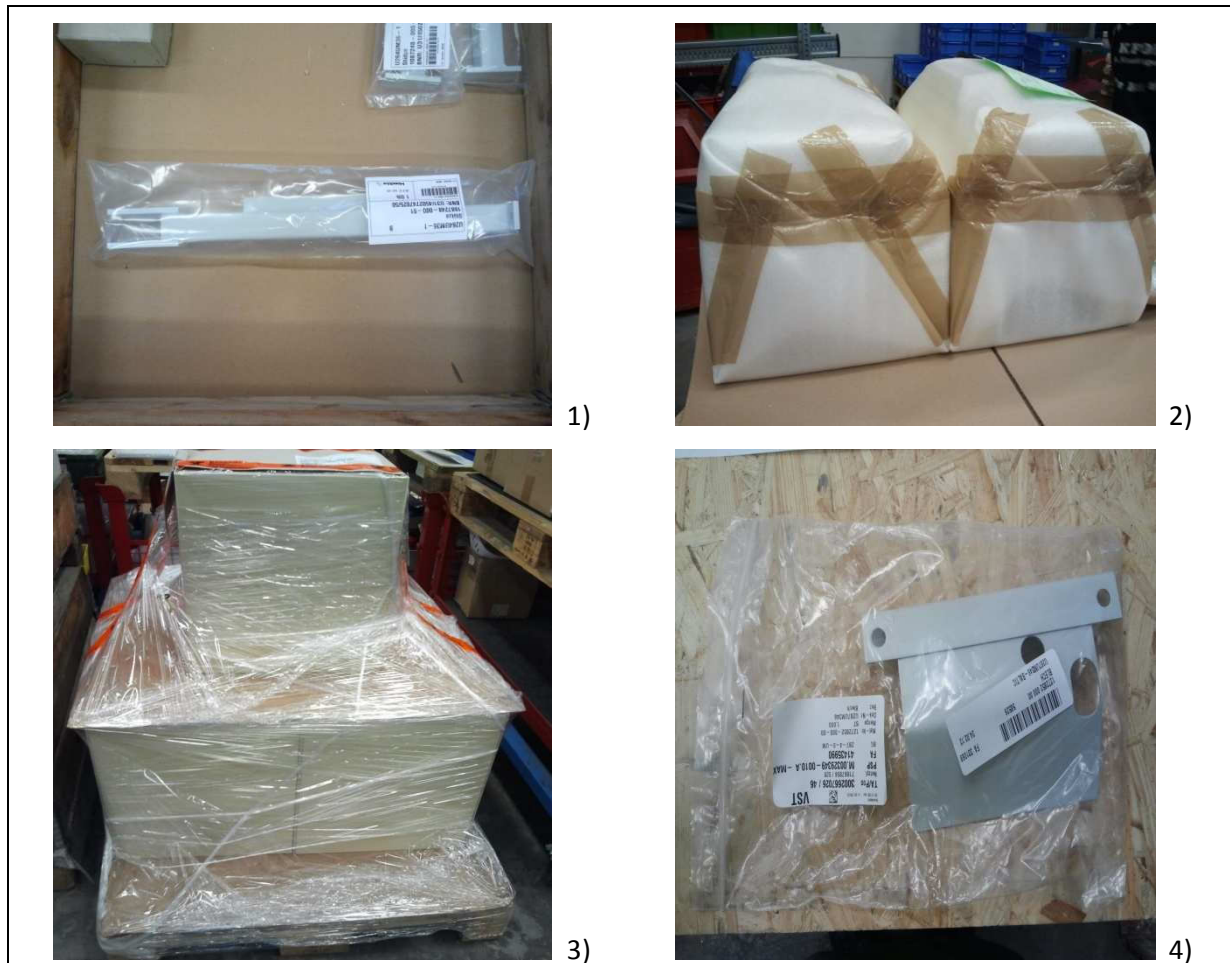
Abbildung 19 - Bauteil aus Beispiel 7



Quelle: Selbst erstellt

Prinzipielle Verpackungslösungen:

Abbildung 20 - Unterschiedliche Verpackungsansätze



Quelle: Selbst erstellt

Abbildung 20 zeigt vier unterschiedliche Verpackungsansätze:

- 1) Verpacken mit PE-Schlauchfolie
- 2) Verpacken mit PE-Schaumstoffolie
- 3) Verpacken mit PE-Stretchfolie
- 4) Verpacken mit PE-Beutel

Zeitaufwand (Variante A und B für Beispiel 1 in den vier Varianten)

Tabelle 19 beinhaltet die voraussichtlich benötigten Zeiten, um das Bauteil aus Beispiel 7 nach den vier in Abbildung 20 gezeigten Möglichkeiten zu verpacken.

Tabelle 19 - Zeitaufwand in vier Varianten zu Beispiel 7

Tätigkeit	
Platzieren in PE-Beutel	13 Sek.
Verschließen des PE-Beutels	6 Sek
Platzieren in PE-Schlauch	8 Sek.
Verschließen des PE-Schlauchs	14 Sek.
Einschlagen in Schaumstoffolie	47 Sek.
Einwickeln in Stretchfolie	42 Sek.

Quelle: Werte aus einem Selbstversuch (ausgeschlossen Wert für Korrosionsschutz). Siehe Anhang A.

Kosten (Variante A und B für Beispiel 1 in den vier Varianten)

In Tabelle 20 sind die voraussichtlich anfallenden Kosten zur Realisierung der vier verschiedenen Verpackungsmöglichkeiten aus Abbildung 20 aufgelistet.

Tabelle 20 - Voraussichtliche Kosten der vier Varianten zu Beispiel 7

Material	1)	2)	3)	4)
Schlauchfolie (500*180) 150 μ	0,19 €	-	-	-
Schaumfolie (700*500) 3 mm	-	Ca. 0,47 €	-	-
Stretchfolie (500*2500) 7*20 μ	-	-	Ca. 0,15 €	-
PE-Beutel 500*300 150 μ	-	-	-	0,38 €
Zeitaufwandverpacken* Mann- stunde (60 €/Std)	0,37 €	0,79 €	0,70 €	0,32 €
Gesamtkosten	0,56 €	1,27 €	0,85 €	0,70 €

Quelle: Schlauchfolie-Rajapack.de (350m Rolle); Schaumfolie-Rajapack.de (175m Rolle); Stretchfolie-Rajapack.de (300 m Rolle); PE-Beutel-Rajapack.de

Kennzahl

Der Volumennutzungsgrad dieser Verpackungen lässt sich nicht genau ermitteln. Der Grund hierfür ist das flexible Verpackungsmaterial und die hohe Varianz der Blechteilformen. Das Volumen, das durch übermäßiges Verpackungsmaterial entsteht, lässt sich durch Stauchen an gegebenen Lagerraum anpassen. Durch das enge Anliegen der Verpackung am Packgut kann in jedem der vier Fälle von einem Volumennutzungsgrad $\geq 35\%$ ausgegangen werden (vgl. Beispiel 6).

Auswertung

Alle zulässigen Packmittel bestehen aus PE. Da kein Korrosionsschutz verwendet wird und der Volumennutzungsgrad aller Verpackungslösungen ähnlich hoch ist, wird überwiegend nach den Kosten und den Vor- und Nachteilen aus Tabelle 18 bewertet. Die Verpackung aus Schaumstofffolie ist die kostenintensivste. Sie sollte daher nur angewandt werden wenn es sich um ein endbearbeitetes Blechteil handelt oder eine der anderen Lösungen nicht anwendbar ist. Auch die Verpackungslösung mit Stretchfolie ist nicht zu präferieren. Zum einen ist sie im Vergleich zu PE-Beuteln und PE-Schlauchfolie kostenintensiver, zum anderen wird sie beim ersten Öffnen zerstört. Somit muss ein zweiter Verpackungsvorgang in der Warenannahme vollzogen werden. Die PE-Beutel und die PE-Schlauchfolie sind durch ihre Kosten und Vorteile die attraktivsten Packmittel. Daraus ergibt sich folgende Platzierung der Packmittel:

1. PE-Schlauchfolie
2. PE-Beutel
3. PE-Stretchfolie
4. PE-Schaumstofffolie

Die Anwendung von Stretch- und Schaumstofffolie wird sich dennoch nicht ganz vermeiden lassen. Daher muss für den Fall der Zerstörung der Verpackung bei der Qualitätsprüfung durch die U.N.I Engineering GmbH Verpackungsmaterial zur Verfügung stehen, um ein Neuverpacken durch die Warenannahme zu ermöglichen.

Variante C (vormontierte, kundenspezifisch lackierte Baugruppen)

Die vormontierten und kundenspezifischen Blechbaugruppen sind die teuersten Zukaufteile im Sortiment. Ihr Preis variiert zwischen 436 €/Stück und 13.400 €/Stück, mit einem Mittelwert von 3.150 €/Stück. Im Jahr 2006 wurden die Montage und die kundenspezifische Lackierung erstmals ausgelagert und ein Mehrwegverpackungskonzept etabliert. Bei der Mehrwegverpackung handelt es sich um eine auf die Baugruppe zugeschnittene Holzkiste mit einem spezifisch für die Baugruppe konstruierten Inlay. Dadurch wird die endbearbeitete Baugruppe während der TUL-Prozesse vor mechanischen ebenso wie vor der Witterungsbedingten Beschädigungen geschützt. Zudem ist die Kiste nach einem Baukastenschema aufgebaut, d.h. es liegen der Baugruppe alle für die Endmontage nötigen Bauteile sortiert bei, was wiederum die Kontrolle der Liefervollständigkeit erleichtert. Aktuell ist dies für die Baugruppen der Filtermaschinen der Fall. Abbildung 21 zeigt eine solche Transportkiste.

Abbildung 21 - Transportkiste



Quelle: Selbst erstellt

Da die Blechbaugruppen der Zigarettenmaschinen in der Konstruktion ebenfalls einen stabilen Zustand (Serienreife) erreichen, ist das Einführen von Mehrwegkisten für deren Transport anzustreben. Es wird somit ein Mehrwegsystem für alle vormontierten, kundenspezifisch lackierten Blechbaugruppen angestrebt. Die voraussichtlich anfallenden Investitionen berechnen sich aus den Erfahrungswerten, die bei den bisherigen Mehrwegkisten gesammelt wurden.

Anforderungen an die Transportkisten:

- muss in nicht klimatisiertem Lager beständig sein
- Baugruppe wird ohne Korrosionsschutz verpackt
- Kennzeichnung gemäß Richtlinie NK 1110
- Material gemäß NK 1110
- für die Endmontage notwendige Bauteile müssen sortiert beigelegt werden können, z. B. in Ablagefächern innerhalb der Transportkiste
- die Transportkiste muss sich stapeln lassen und zugleich mit Flurförderfahrzeugen unterfahrbar sein, z. B. mit einem Hubwagen oder einem Stapler

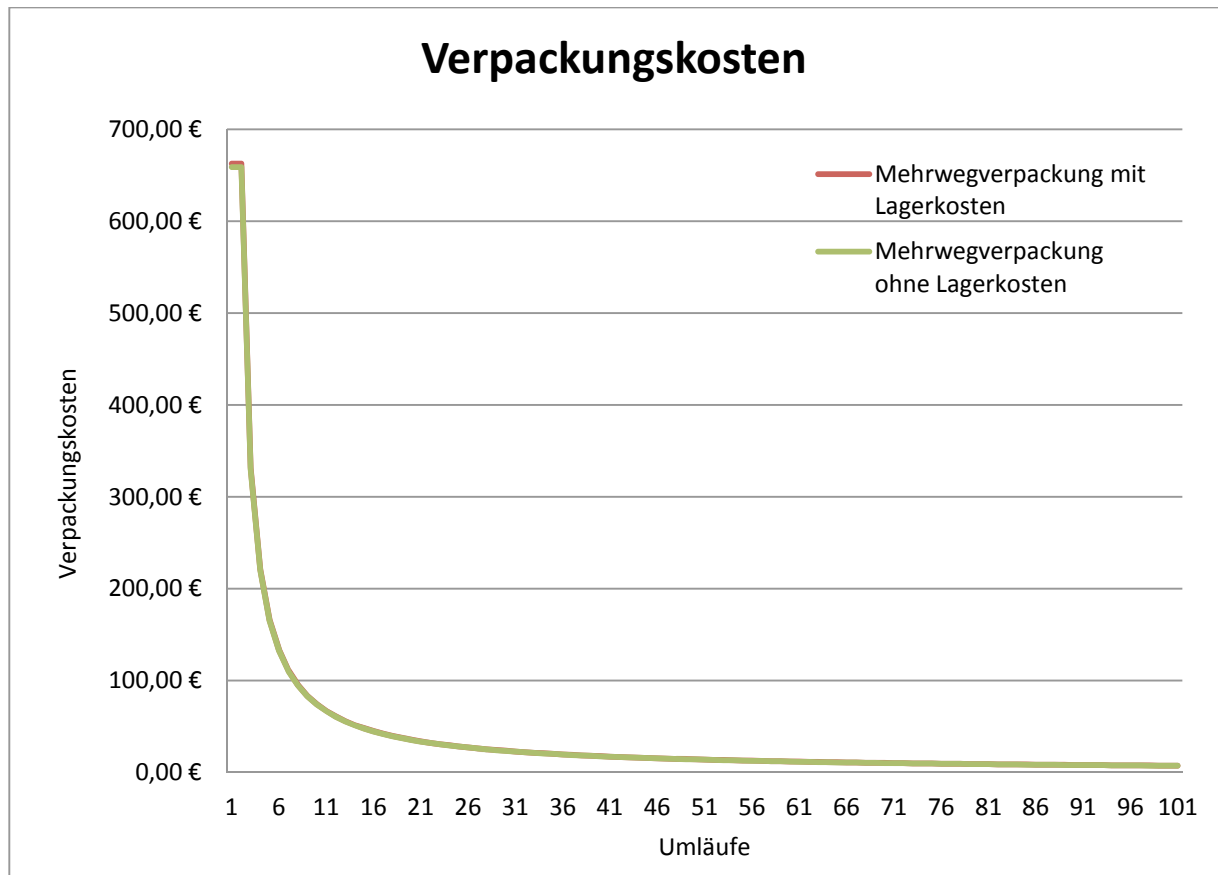
Zur Einführung der neuen Kisten werden für jede Baugruppe jeweils drei Kisten zur Verfügung gestellt. Somit wird ermöglicht, dass sich jeweils eine Kiste beim Zulieferer, eine beim Kunden und eine im Umlauf befindet. Je nach Entwicklung der Auftragslage können im weiteren Verlauf zusätzliche Kisten geordert werden. Die Auswertung der SAP-Daten zeigt, dass es sich hierbei um 29 Baugruppen handelt, für die neue Transportkisten entworfen und gekauft werden müssen.

Für die 2006 gekauften Kisten ergibt sich im Durchschnitt ein Einkaufspreis von 585€ pro Stück. Aufgrund der seitdem gestiegenen Material- und Personalkosten durch die Inflation von durchschnittlich 1,7 %/a (vgl. Statistisches Bundesamt 2013) wird ein Zuschlag von 12,5 % auf die 585 € angenommen, sodass sich ein momentaner Schätzpreis von 658,27 € pro Kiste ergibt. Die Gesamtinvestition, für 29 verschiedene Kisten à 3 Stück, liegt somit bei 57.269,49 €.

Bei einer durchschnittlichen Grundfläche pro Kiste von 0,85 m², ebenfalls basierend auf den sich im Einsatz befindenden Kisten, ist eine Lagerfläche von mindestens 25 m² erforderlich. Diese ist vorhanden und erzeugt keine zusätzlichen Kosten, dennoch werden Lagerkosten von 4 €/m² (Außenlagerung) in die Rechnung einbezogen. Die Nutzung der Fläche erhöht die Ausnutzung der Kapazität.

Für die Transportkisten, die sich bereits im Umlauf befinden, sind seit Januar 2009 53 Umläufe gezählt worden. Hochgerechnet auf das Einführungsdatum ergeben sich über 100 Umläufe. Zu Instandhaltungszwecken werden 10 % des Kistenpreises auf 100 Umläufe gerechnet. Aus Abbildung 22 sind die voraussichtlich anfallenden Verpackungskosten durch die neue Transportkiste, inklusive Instandhaltungspauschale und Lagerkosten, abzulesen.

Abbildung 22 - Verpackungskosten Mehrwegkiste



Quelle: Selbst erstellt (Werte in Anhang B)

Nach 24 Umläufen sind die Verpackungskosten $\leq 1\%$ (31,5 €) in Relation zum Werkstückpreis (3.150 €). Nach 100 Umläufen betragen die Verpackungskosten 0,23 % des Werkstückpreises.

Vorteile:

- sehr guter Schutz gegen mechanische und chemische Beanspruchungen
- Zeitersparnis durch schnelle Sichtkontrolle auf Liefervollständigkeit
- keine Entsorgung notwendig
- sehr guter Verpackungspreis
- Zeitersparnis, da keine Kommissionierung für Montage mehr nötig

Nachteil:

- schwankende Bedarfe abhängig von der Auftragslage: auf steigende Anfragen kann wegen der langen Beschaffungszeit der Transportkiste nur träge reagiert werden

Tabellarische Entscheidungshilfe zur Verpackungsauswahl für Bleche und Blechbaugruppen

Abbildung 23 gibt einen Überblick über die verschiedenen Verpackungsmöglichkeiten für Blechteile und Blechbaugruppen. Sie hilft bei der Entscheidung zur angemessenen Verpackung.

Abbildung 23 - Tabellarische Entscheidungshilfe für Bleche und Blechbaugruppen

Teilefamilie	Oberfläche/Eigenschaften	Gewicht	Korrosionsschutz	Empfohlene Pack- und Packhilfsmittel
Blechteile	Grundiert	-	nicht notwendig	- PE-Beutel – Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ - PE-Schlauchbeutel – Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ - PE-Stretchfolie - min. genügend Wicklungen um eine Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ zu erzielen - ggf. Eck- und Kantenschutz - ggf. Wellpappe als Zwischenlage
	Lackiert	-	nicht notwendig	- PE Schaumfolie (Dicke $\geq 3\text{mm}$) - PP-Klebeband - ggf. Eck- und Kantenschutz - ggf. Wellpappe als Zwischenlage
	Edelstahl mit Schliffbild	-	nicht notwendig	- PE Schaumfolie (Dicke $\geq 3\text{mm}$) - PP-Klebeband - ggf. Eck- und Kantenschutz - ggf. Wellpappe als Zwischenlage
Blechbaugruppe	Grundiert	-	nicht notwendig	- PE-Beutel – Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ - PE-Schlauchbeutel – Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ - PE-Stretchfolie - min. genügend Wicklungen um eine Dicke $\geq 0,1\text{mm}$ zu erzielen - ggf. Eck- und Kantenschutz - ggf. Wellpappe als Zwischenlage
	- Vormontiert - Lackiert	-	nicht notwendig	- Angepasste Transportkiste aus Holz

Quelle: Selbst erstellt

3.2.5 Dreh- und Frästeile

In dieser Kategorie werden über 9.500 Bauteile zusammengefasst. Der Übersicht halber wird diese Menge in sieben Warengruppenschlüssel aufgeteilt.

1. Frästeile groß (Länge ≥ 1000 mm)
2. Frästeile klein – komplex
3. Frästeile klein – einfach
4. Drehteile groß – komplex
5. Drehteile groß – einfach
6. Drehteile klein – komplex
7. Drehteile klein – einfach

Allgemeines

- Jedes Bauteil muss über eine eigene Primärverpackung verfügen.
- Anlieferungen von Packungen mit Mengen >1 Stück werden nur akzeptiert, sofern ein ausreichender Schutz jedes einzelnen Bauteiles gegeben ist.
- Jede Packung muss durch ein Etikett identifizierbar sein.
- Ein Korrosionsschutz ist auf allen Bauteilen aufzubringen. Ausgenommen sind hartanodisierte, grundierte, lackierte, verzinkte Bauteile sowie auch Bauteile aus Aluminium. Der Korrosionsschutz kann nach NK6100 oder durch die VCI-Methode erfolgen. Für die Nutzung der VCI-Methode sind VCI-PE-Beutel dem VCI-Papier vorzuziehen. Bei der Anwendung der NK6100 ist die Anwendung von Netzschutzstrümpfen nur in Verbindung mit PE-Beuteln zulässig. Der Netzschutzstrumpf muss dabei über den PE-Beutel gezogen werden.
- Für den Fall, dass es sich bei einem Bauteil um ein grundiertes, lackiertes oder oberflächenbehandeltes (z. B. mit Sichtfläche) Teil handelt, ist es nach Kapitel 3.2.4 zu verpacken.
- Falls ein Bauteil die Grundform eines Quaders, einer Welle (hoher Zylinder; $h > r$) oder einer Scheibe (niedriger Zylinder; $h < r$) erfüllt, im weiteren Verlauf nicht explizit erwähnt wird und der Einkaufspreis ≥ 30 €/Stück liegt, ist dieses Bauteil nach Kapitel 3.2.1 zu verpacken.

Zulässige Packmittel:

- Netzschutzstrumpf
- Schachteln aus Wellpappe - einwellig oder zweiwellig (Qualität 1.1-1.5 oder 2.2-2.7 nach DIN 55468)
- UniBox-Behälter (quadratisch und rechteckig) aus PP
- Drehpack-Behälter aus PP
- Schaumstoffolie Dicke $\geq 2\text{mm}$
- PE- Folie/ -Haube
- PE-Beutel $\geq 100\ \mu$ (0,1 mm Dicke)
- PE- VCI-Beutel $\geq 87\ \mu$ (0,087 mm Dicke)
- ColomPac Versandverpackung

Zulässige Packhilfsmittel:

- Europalette oder Spezialpalette
- Aufsteckrahmen für Palette; gegebenenfalls mit Rahmenteiler
- Zwischenlagen aus Pappe oder PE/PP
- PP-Umreifungsband
- PP-Klebeband
- Kanten- und Eckschutz aus Pappe oder PE-Schaumstoff
- PE-Beutel $\geq 100\ \mu$ (0,1 mm Dicke)
- PE VCI-Beutel $\geq 87\ \mu$ (0,087 mm Dicke)
- VCI-Papier
- Etikett mit Angaben zur Materialnummer, Zeichnungsnummer und Stückzahl

Frästeile groß (Länge $\geq 1000\ \text{mm}$)

Bei den Bauteilen dieser Gruppe handelt es sich überwiegend um Platten, Halterungen, Gehäuse und Seitenwände gefertigt aus Aluminiumlegierungen oder Stahl. Viele der Bauteile überragen wegen ihrer Ausmaße die Europalette. Dies ist ein unzulässiger Transport und Lagerzustand (vgl. Kapitel 3.1.5). Bauteile mit Übergröße müssen daher auf einer Sonderpalette, mit Umreifungsbändern gesichert, angeliefert werden. Bei einer Ladungssicherung durch Umreifungsbänder ist zusätzlich ein Kantenschutz unter dem Band anzubringen. Der Kantenschutz schützt zudem vor Beschädigungen der PE-Folie bzw. der VCI-Folie. Zusätz-

lich ist eine Zwischenlage aus Pappe oder PE-Schaum zwischen Bauteil und Palette zu positionieren, um gegebenenfalls die Oberfläche zu schützen.

Bei der Verwendung von VCI-Papier ist das Bauteil zusätzlich in PE-Folie einzuschlagen. Allgemein ist die Einhaltung des maximalen Abstandes von 30 cm zwischen Bauteil und VCI-Träger zu beachten. Gegebenenfalls ist auf zusätzliches VCI-Trägermaterial für größere Hohlräume, beispielsweise in Gehäusen, zurückzugreifen.

Frästeile klein einfach (Länge < 1000 mm)

Bauteile dieser Kategorie entsprechen überwiegend dem Spektrum der großen Frästeile und sind dementsprechend gleich zu verpacken. Circa 65 % der aufgeführten Bauteile unterschreiten den Einkaufspreis von 40 € und sind daher weniger hochwertig zu verpacken. Schutznetzstrümpfe, PE-Beutel und einwellige Pappschachteln stellen eine ausreichende Verpackung für die korrosionsgeschützten Bauteile dar.

Frästeile klein komplex (Länge < 1000 mm) und Formateile

Die Teilegruppe „Frästeile klein komplex und Formateile“ enthält die zuvor genannten Bauteile zuzüglich weiterer Bauteile, die für die Qualität des Produktes der Maschinen von großer Bedeutung sind. Die Mehrheit der unter dieser Gruppe geführten Bauteile verfügt über hochwertige Oberflächen, enge Toleranzen, Freiformflächen, gehärtetes Material sowie bruchempfindliche geometrische Formen. Platten und Gehäuse werden wie zuvor beschrieben verpackt und vor Korrosion geschützt.

Wangen, Leisten, Stege und Rollklötze sind wegen ihrer Geometrie und Oberflächengüte nach Kapitel 3.2.1 im Drehpack-Behälter oder UniBox-Behälter zu verpacken. Der Bewegungsspielraum für das Packgut ist durch Auffüllen der Verpackung durch PE-Schaumstoff oder Packpapier zu minimieren. Alternativ ist auch der Einsatz von Formverpackungen aus PE-Schaum möglich.

Bei kammförmigen Führungen, ist die kammähnliche Geometrie durch Aufsetzen eines Schaumstoffkantenschutzes (U-Profil) zu schützen. Das Bauteil ist an dieser Stelle aufgrund der Materialhärtung und der engen Toleranz empfindlich gegen mechanische Belastungen. Als Sekundärverpackung ist eine Wellpappschachtel zu wählen.

Drehteile groß einfach

Die Mehrheit der unter dieser Kategorie laufenden Bauteile basiert auf ring-, rohr- oder scheibenförmiger Geometrie. Sofern die Ausmaße der ring- und scheibenförmigen Bauteile es zulassen, sind diese nach Kapitel 3.2.1 im UniBox-Behälter zu verpacken. Für Bauteile, die die Größen der UniBox-Behälter überschreiten, ist auf die ColomPac-Verpackung zurückzugreifen. Flansche sind angesichts ihrer Geometrie und Funktion nach Kapitel 3.2.2 zu verpacken.

Drehteile groß komplex

42 % der Bauteile sind Flansche, Saugwalzen, Messerwalzen, Mantelkurven und Steuerzylinder, welche es nach Kapitel 3.2.2 zu verpacken gilt. Für die Verpackung und den Korrosionsschutz von Gehäusen gilt der Anweisungsvorschlag wie zuvor für die Frästeile.

Anschlagringe sind geometrisch sehr komplexe Bauteile, die wegen ihres gehärteten Materials und der filigranen Geometrie sehr anfällig für mechanische Beschädigungen sind. Dieses Bauteil soll daher primär komplett in PE-Schaumstoffolie verpackt werden. Als Sekundärverpackung ist eine Schachtel aus Wellpappe zu wählen.

Drehteile klein einfach

Paddelräder, Schneckenwelle, Exzenterwelle, Wellen, Achsen, Stangen, Gewindestangen und Bolzen jeglicher Art sind wegen ihrer gemeinsamen Grundgeometrie allgemein nach Kapitel 3.2.1 zu verpacken. Flansche sind nach Kapitel 3.2.2 zu verpacken. Eine Ausnahme stellen Flansche dar, deren kleine Ausmaße es erlauben diese in Drehpacks zu verpacken. Siehe Kapitel 3.2.1.

Drehteile klein komplex

Die Leimwalzen sind nach Kapitel 3.2.2 zu verpacken. Dabei sind die Lagerpunkte der Walze zusätzlich zu schützen, entweder durch Einschlagen in PE-Schaumstoffolie oder durch den Einsatz eines Netzschutzstrumpfes. Das Bauteil soll horizontal in der Verpackung platziert werden, um den Druck durch das Eigengewicht besser zu verteilen.

Die Oszillatoren sind nach Kapitel 3.2.1 zu verpacken, ebenfalls mit zusätzlichem Schutz der eng tolerierten Oberflächen.

Walzen dieser Kategorie fallen angesichts ihrer Ausmaße nicht in das Verpackungskonzept der Trommeln und Steuerflansche. Ihre Größe ermöglicht ein Verpacken nach Kapitel 3.2.1. Ihre sehr hochwertige und komplexe Oberflächengeometrie benötigt einen zusätzlichen Schutz durch PE-Schaumfolie oder einen Netzschutzstrumpf. Des Weiteren sollen die Walzen spielfrei verpackt werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Wie in den theoretischen Grundlagen beschrieben, ist die Verpackungsgestaltung sehr komplex. Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, für das gesamte Spektrum der Warengruppe „Halbzeuge“ praktikable und ökonomische Verpackungskonzepte unter Berücksichtigung der Grundlagen zu entwerfen.

Die Katalogisierung der Halbzeuge erfolgt nach deren Geometrie, Werkstoff und Gutart (Drehteile, Frästeile, Blechteile etc.) und der unternehmensinternen SAP-Struktur.

Ein alternatives Verfahren hierzu ist die Clusteranalyse. Bei diesem Verfahren werden mittels Software durch einen Algorithmus aus Datenbeständen Daten mit Ähnlichkeiten zu einer Gruppe zusammengefasst. Diese Gruppen sind vorher nicht bestimmt worden, sondern generieren sich durch die Ähnlichkeiten der Daten. So lassen sich z. B. aus den Daten der Produktmaße neue unkonventionelle Gruppen bilden. Für dieses Verfahren müssten jedoch alle Warendaten vorliegen und elektronisch gepflegt werden. Dies ist zurzeit nicht der Fall. Die Umsetzung ist wegen der großen Warenanzahl sehr aufwendig und obliegt den Herstellern.

Das Entwerfen der Verpackungskonzepte und die Auswahl der Verpackungsmaterialien erweist sich als schwierig, da weder Angaben zu den Belastungsgrenzen der Güter noch Angaben zu den TUL-Belastungen vorliegen. Diese sind von hoher Bedeutung für die Verpackungsauswahl und -gestaltung. Die Ermittlung dieser Belastungsgrenzen und Belastungen ist jedoch angesichts der Teilevielfalt (ca. 19.000 Artikel), der unterschiedlichsten Transportwege und der relativ geringen Warenwerte nicht wirtschaftlich und liegt zudem in der Verantwortung der Hersteller. Daher basiert die Auswahl der Verpackungsmaterialien auf folgenden Kriterien:

- Gesamtkosten der Verpackung
- Wiederverwendbarkeit und Verwertung
- Handling/Prozessverbesserung (Durchlaufzeit)
- Volumenausnutzung
- Korrosionsschutz
- Erfahrungswerte

Um die Qualität der Waren sicherzustellen, ist zusätzlich zu der Verpackung eine Sensibilisierung der Mitarbeiter in der Warenannahme und dem Lager vorzunehmen. Sie müssen über die Funktionsweise des Korrosionsschutzes, sei es die VCI- oder die Schutzschichtmethode, aufgeklärt werden, um eine unsachgemäße Behandlung der Ware oder Beschädigungen der Verpackung auszuschließen.

Dabei soll insbesondere vermittelt werden, dass

- Ware nicht mit ungeschützten Händen angefasst werden darf,
- der Korrosionsschutz nicht abgewischt werden darf,
- VCI -Folien/ -Beutel nicht beschädigt werden dürfen,
- Oberflächen grundsätzlich vor Beschädigungen zu schützen sind und
- jedes Werkstück verpackt werden muss, auch wenn es aus der QS kommt.

Um dem letzten Punkt gerecht werden zu können, muss zukünftig auch die Versorgung der Warenannahme mit dem Minimum an Verpackungsmaterial, das benötigt wird, um die eigenen Ansprüche an die Verpackung zu verwirklichen, gewährleistet werden.

Durch die Weitergabe der Verpackungsrichtlinie an die Hersteller, kann die Verpackungsvielfalt vereinheitlicht und somit reduziert werden. Das Risiko einer Verpackung, die unter den minimalen Anforderungen liegt, wird ebenso reduziert. Auch die Durchlaufzeit einer Anlieferung vom WE bis ins Lager kann durch die Umsetzung der Verpackungskonzepte verkürzt werden. Sowohl der Hersteller als auch die Universelle Engineering U.N.I. GmbH können durch verkürzte Prozesszeiten ihre Ausgaben reduzieren.

Korrosionsschutz

Zum heutigen Stand untersagt die Werksnorm 6100 den Einsatz von VCI-Korrosionsschutzmitteln. Auf die Anfrage, weshalb die VCI-Methode von der Gefahrstoffkommission in der Werksnorm NK6100 als Korrosionsschutz ausgeschlossen wird, wurde wie folgt geantwortet:

- Die TRGS 615 müssen eingehalten werden,
- die VCI-Methode ist nicht für alle Metalle geeignet,
- bei nichtmetallischen Werkstoffen kann es zu Schäden kommen,
- VCI-Wirkstoffe sind in den meisten Fällen gesundheitlich nicht unbedenklich, sodass zu empfehlen ist, sich vom Hersteller die Ungefährlichkeit bestätigen zu lassen und Verwendungsvorschriften einzuholen.
(vgl. TIS o.J)
- Es wird Bezug zum Artikel „Untersuchungen zu N-Nitrosaminen in Korrosionsschutzfolien und –papieren“ genommen, in dem die Unbedenklichkeit von VCI-Folien mittels Untersuchungen an 40 Proben in Frage gestellt wird.(vgl. Rocker et al. 2003, 187f.)

In Anbetracht der Tatsache, dass der zuletzt genannte Artikel aus dem Jahr 2003 stammt, lohnt ein erneutes Aufgreifen der Thematik.

Die sich ergebenden Vorteile bieten einen Ansatz für weitere Nachforschungen, insbesondere hinsichtlich der Verträglichkeit der Werkstoffe mit den auf dem Markt angebotenen VCI-Schutzmitteln.

Wie in Kapitel 2.6 beschrieben, konzentrieren sich Hersteller von VCI-Schutzlösungen immer weiter auf das Angebot von nitritfreien Schutzmitteln. Dadurch wird die Bildung von Nitrosaminen verhindert. Die Regelungen und Konzentrationen eben dieser Nitrosamine sind in der TRGS 615 festgelegt. Nitritfreie Schutzmittel unterliegen nicht der TRGS 615.

Hersteller wie Ströbel, Ly-tec, Safepack, NorShield und BranoRost bieten mittlerweile VCI-Lösungen an, die TRGS 615 -konform sind und gegebenenfalls die erforderlichen Konzentrationen einhalten und zertifiziert belegen. Dabei gibt es jeweils Lösungen für alle vorab in der Theorie beschriebenen Metalle und Metalllegierungen.

Abfallverwertung

Durch die Reduzierung der Packstoffe der Verpackungsrichtlinie auf Papier/Pappe, PP und PE ist eine stoffliche Trennung ratsam. Im Jahr 2012 sind 37 t Papier/Pappe und 85 t Gewerbeabfall angefallen. Die Verwertung von Papier/Pappe durch ein Recyclingunternehmen bringt zurzeit 25-30 €/t. Einer Schätzung der Abteilung „Einkauf“ nach sind ca. 50 % des Gewerbeabfalls Kunststoffabfälle. Das entspricht 42,5 t/a PP und PE. Der aktuelle Abnahmepreis pro Tonne ließ sich, unter anderem aufgrund mangelnder Informationen bzgl. Menge und Qualität, nicht ermitteln. Es wurde versucht, den Preis durch direkte Anfrage bei Recyclingunternehmen (vier Unternehmen) in Hamburg zu erfragen. Selbst durch die Anmeldung einer Probemitgliedschaft bei EUWID war der Preis nicht zu ermitteln.

Da der Preis zusätzlich starken Schwankungen unterliegt, ist eine Rücksprache mit einem Recyclingunternehmen zu führen. Online-Abfallbörsen zahlen unterschiedliche Preise von 11 €/t bis zu 80 €/t. Außer Zweifel steht, dass PE/PP-Abfälle gewinnbringend zu entsorgen sind. Somit lassen sich die Ausgaben für die Entsorgung von Gewerbemüll reduzieren und Einnahmen durch den Verkauf von Kunststoffabfällen generieren.

Die Möglichkeit, die Verpackungsverordnung zu nutzen, um die Entsorgung der Verpackungsabfälle dem Hersteller der Waren in Verantwortung zu stellen, ist nicht empfehlenswert. Die durch die Rücknahme und Entsorgung entstehenden Kosten für den Hersteller würde dieser mit hoher Wahrscheinlichkeit in seine Preiskalkulation für die Ware aufnehmen.

Verpackung und Schutz vor Beschädigungen

Die Gestaltung der Verpackung und die Auswahl der Verpackungsmaterialien konnte nicht basierend auf den Belastungsgrenzen der Waren durchgeführt werden. Aus diesem Grund tendieren die Verpackungskonzepte zu einer Überverpackung. Wie in Kapitel 2.4 beschrieben, erzeugt eine Überverpackung Mehrkosten durch erhöhten Materialeinsatz und eine Unterverpackung Mehrkosten durch die nötige Schadensregulierung. Zusätzlich zu der Schadensregulierung müssen noch weitere Effekte berücksichtigt werden. Durch Verzögerungen in der Montage kann es zu Verspätungen bei der Auslieferung der Maschinen kommen, wodurch der gute Ruf als führendes Unternehmen der Branche hinsichtlich Qualität und Liefertreue Schaden nehmen kann. Dieser Schaden ist finanziell nicht auszugleichen. Daher empfiehlt es sich den Kurs bei der Verpackungsgestaltung mehr in Richtung der Überverpackung zu setzen.

Insbesondere bei Bauteilen von hohem Wert, die bereits mehrmalig durch Beschädigungen aufgefallen sind, ist über eine Analyse der Belastungsgrenze nachzudenken. Basierend auf der Analyse kann dann eine optimale Verpackung konzipiert werden.

Literaturverzeichnis

- ARNOLD, D., KUHN, A., ISERMANN, H. & TEMPELMEIER, H.** 2004. Handbuch Logistik, 2. Auflage Heidelberg: Springer.
- ARNOLDS, H., HEEGE, F. & TUSSING, W.** 1993. Materialwirtschaft und Einkauf.: Praxisorientiertes Lehrbuch, 8. Auflage Wiesbaden: Gabler.
- BAUER, U.** 1981. Verpackung, 1. Auflage Würzburg: Vogel Verlag Und Druck.
- BLEISCH, G., GOLDHAHN, H., SCHRICKER, G. & VOGT, H.** 2003. Lexikon Verpackungstechnik, 1. Auflage Hamburg: Behr's.
- BLEISCH, G., WEISS, U. & MAJSCHAK, J.-P.** 2011. Verpackungstechnische Prozesse, 1. Auflage Hamburg: Behr's.
- DANTZER, H.** 1995. Techniken der Qualitätssicherung im Lagerwesen und Güterversand, 1. Auflage Renningen: Expert-Verl.
- DETKEN, K.-O.** k.J. *Prozessoptimierung in der Logistik* (Online). k.V. <http://www.decoit.de/cms/upload/pdf/Optimierungspotenziale.pdf> (Zugriff: 21.02.2013).
- ESCHKE, R., MARTENS, J., PETZOLD, D., REIMERS, W. & TIEDEMANN, S.** 2007. Technische Verpackungslogistik: Auslegung von Verpackungen für den globalen Versand, 3. Auflage Renningen: Expert-Verlag GmbH.
- GRÄFEN, H. & CHEMIS, D. G.** 1994. Korrosion verstehen - Korrosionsschäden vermeiden. 2 (1994), 1. Auflage Bonn: Kuron.
- GROßMANN, G. & KABMANN, M.** 2004. Transportsichere Verpackung und Ladungssicherung, 1. Auflage Renningen: expert.
- KAISER, W. D. & SCHÜTZ, A.** 2000. Schäden an Korrosionsschutz-Beschichtungen, 1. Auflage Hannover: Vincentz Network GmbH & C.
- KRAUSE, W.** 2000. Gerätekonstruktion in Feinwerktechnik und Elektronik, 3. Auflage München: Hanser.
- LORENZ, W., KORF, W. & BLEIHAUER, H. J.** 2009. Leitfaden für Spediteure und Logistiker in Ausbildung und Beruf: Band 2 : [Zoll- und Aussenwirtschaft, Steuern, Versicherung, speditionelle Logistik, Gefahrgut, Kosten- und Leistungsrechnung, Informationstechnologie], 17. Auflage Hamburg: Dt. Verkehrs-Verlag.
- PACKREPORT.** 2008. *Millionen Schäden durch fehlerhafte Verpackung* (Online). o.V. <http://www.packreport.de/news/headlines/pages/show.prl?params=&id=3763&currPage=252> (Zugriff: 15.11.2012).
- ROCKER, M., BOVELETH, W., SPIEGELHALDER, I. & BREUER, D.** 2003. *Untersuchungen zu N-Nitrosaminen in Korrosionsschutzfolien und -papieren* (Online). http://www.dguv.de/ifa/de/pub/grl/pdf/023_2003.pdf (Zugriff: 23.11.2012).
- STATISTISCHESBUNDESAMT.** 2013. *Inflationsrate in Deutschland bis 2012* (Online). Statistisches Bundesamt. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1046/umfrage/inflationsrate-veraenderung-des-verbraucherpreisindex-zum-vorjahr/> (Zugriff: 29.11.2012).
- TIS.** o.J. *Unterteilung der Korrosionsschutzmethoden* (Online). TIS-Transport Informations Service. <http://www.tis-gdv.de/tis/verpack/korrosio/schutz/schutz.htm#b> (Zugriff: 04.01.2013).

WAGNER, T. 2011. *Arbeits- und Prozessorganisation* (Online). k.V.
http://www.expire.arbeitswissenschaft.de/website/teaching/sommersemes/arbeits_un_878/de/docs/apo_ss_11_uebung03_svzmtm_2011_05_25.pdf (Zugriff: 22.02.2013).

Anhang

Anhang A

MTM-Methode (Beispiel 1)

Vorbestimmung der benötigten Zeit, die zur Herstellung der Verpackung zu Beispiel 1 benötigt wird.

Bewegungsbeschreibung	Kodierung	Zeitwert [TMU]
Hinlagen zum (VCI-)PE-Beutel	R60C	22,3
Greifen des Beutels	G1B	3,5
Bringen des Beutels in ungefähre Lage	M60B	20,4
Beutel loslassen	RL1	2
nach Beutel langen (links) nach Bauteil langen (rechts)	R20C	11,4
Greifen des Beutels (links) Greifen des Bauteils (rechts)	G1B	3,5
Zusammenführen Beutel/Bauteil	M30A	12,7
Bauteil loslassen	RL1	2
Nach Verschluss langen	R10A	6,1
Verschluss greifen	G1B	3,5
Verschließen	M10A	6
Beutel mit Bauteil bewegen	M30A	12,7
Beutel loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[TMU]		108,1
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[Sek]		3,88
Hinlangen zum Behälter	R60C	22,3
Greifen	G1B	3,5
Bringen des Behälters in ungefähre Lage	M60B	20,4
Behälter loslassen	RL1	2
Nach Beutel mit Bauteil langen	R30A	9,5
Greifen	G1A	2
In Behälter platzieren	M30C	15,1
Beutel loslassen	RL1	2
Nach Verschluss langen	R6A	4,5
Verschluss greifen	G1A	2
Verschließen (Bewegen gegen Anschlag)	M6A	4,1
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Platzieren der Ware im Behälter [TMU]		89,4
Gesamtwert für Platzieren der Ware im Behälter [Sek]		3,29

MTM-Methode (Beispiel 2)

Vorbestimmung der benötigten Zeit, die zur Herstellung der Verpackung zu Beispiel 2 benötigt wird.

Bewegungsbeschreibung	Kodierung	Zeitwert [TMU]
Hinlangen zur Faltschachtel	R80C	27,7
Schachtel Greifen	G4A	7,3
Schachtel in ungefähre Lage bringen	M80B	25,2
Mit zweiter Hand nach Schachtel langen	R30A	9,5
Schachtel Greifen	G1A	2
Aufstellen der Schachtel	M40A	15,8
Abstellen	M30B	13,3
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für das Aufstellen der Schachtel[TMU]		102,8
Gesamtwert für das Aufstellen der Schachtel[Sek]		3,7
Hinlagen zum (VCI-)PE-Beutel	R60C	22,3
Greifen des Beutels	G1B	3,5
Bringen des Beutels in ungefähre Lage	M60B	20,4
Beutel loslassen	RL1	2
nach Beutel langen (links) nach Bauteil langen (rechts)	R20C	11,4
Greifen des Beutels (links) Greifen des Bauteils (rechts)	G1B	3,5
Zusammenführen Beutel/Bauteil	M30A	12,7
Bauteil loslassen	RL1	2
Nach Verschluss langen	R10A	6,1
Verschluss greifen	G1B	3,5
Verschließen	M10A	6
Beutel mit Bauteil bewegen	M30A	12,7
Beutel loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[TMU]		108,1
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[Sek]		3,88

Bewegungsbeschreibung	Kodierung	Zeitwert [TMU]
Nach Schaumstoffpad langen	R60A	14,7
Greifen	G1A	2
Zur anderen Hand führen	M60A	22,1
Abziehfolie greifen	G1B	3,5
Abziehen	M6B	5
Folie loslassen	RL1	2
Übergabegriff	G3	5,6
Einkleben	M30C	15,1
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Schaumstoffpad einkleben[TMU]		72
Gesamtwert für Schaumstoffpad einkleben[Sek]		2,6
Nach Schaumstofffolie langen	R80A	18,2
Greifen	G1A	2
In ungefähre Lage bringen	M80B	25,2
Mit der anderen Hand danach langen	R30A	9,5
Greifen	G1A	2
Auseinanderziehen der Folie	M40B	15,6
Loslassen	RL1	2
Nach Messer langen	R30A	9,5
Messer greifen	G1A	2
Messer zur Folie führen	M30A	12,7
Folie durchtrennen	M40A	15,8
Messer weglegen	M30A	12,7
Messer loslassen	RL1	2
Nach Bauteil langen	R20C	11,4
Greifen	G1A	2
Bauteil auf der Folie platzieren	M20C	11,7
Einwickeln	M70C	30,3
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Einwickeln in Schaumstofffolie[TMU]		186,6
Gesamtwert für Einwickeln in Schaumstofffolie[Sek]		6,71
Hinlangen zur Faltschachtel	R80C	27,7
Schachtel Greifen	G4A	7,3
Schachtel in ungefähre Lage bringen	M80B	25,2
Nach Bauteil in Folie langen	R30A	9,5
Greifen	G1A	2
Bauteil in Schachtel platzieren	M30C	15,1
Bauteil loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Schachteldeckel	R10A	6,1
Verschließen	M6C	5,8
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für das Platzieren der Ware[TMU]		102,7
Gesamtwert für das Platzieren der Ware[Sek]		3,67

MTM-Methode (Beispiel 3)

Vorbestimmung der benötigten Zeit, die zur Herstellung der Verpackung zu Beispiel 3 benötigt wird.

Bewegungsbeschreibung	Kodierung	Zeitwert [TMU]
Hinlagen zum (VCI-)PE-Beutel	R60C	22,3
Greifen des Beutels	G1B	3,5
Bringen des Beutels in ungefähre Lage	M60B	20,4
Beutel loslassen	RL1	2
nach Beutel langen (links) nach Bauteil langen (rechts)	R20C	11,4
Greifen des Beutels (links) Greifen des Bauteils (rechts)	G1B	3,5
Zusammenführen Beutel/Bauteil	M30A	12,7
Bauteil loslassen	RL1	2
Nach Verschluss langen	R10A	6,1
Verschluss greifen	G1B	3,5
Verschließen	M10A	6
Beutel mit Bauteil bewegen	M30A	12,7
Beutel loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[TMU]		108,1
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[Sek]		3,88
Hinlangen zum Drehpack	R80C	27,7
Greifen des Drehpack	G1A	2
Führen zur anderen Hand	M80A	28,3
Dreckel greifen mit zweiter Hand	G1A	2
Drehen (Öffnen Behälter-1080Grad Drehung)	T1080	56,4
Ablegen des Deckels	M30B	13,3
Loslassen Deckel	RL1	2
Hinlangen zum Werkstück	R30A	9,5
Greifen Werkstück	G1A	2
Hinführen an andere Hand	M30C	15,1
Loslassen Werkstück	RL1	2
Hinlangen zum Deckel	M30A	12,7
Greifen Deckel	G1A	2
Hinführen an andere Hand	M30C	15,1
Drehen (Verschließen Behälter-720 Grad Drehung)	T720	37,6
Deckel loslassen	RL1	2
Ablegen des Behälters	M30A	12,7
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Platzieren der Ware [TMU]		244,4
Gesamtwert für Platzieren der Ware [Sek]		8,8

MTM-Methode (Beispiel 4)

Vorbestimmung der benötigten Zeit, die zur Herstellung der Verpackung zu Beispiel 4 benötigt wird.

Bewegungsbeschreibung	Kodierung	Zeitwert [TMU]
Hinlagen zum PE-Beutel/Haube	R60C	22,3
Greifen des Beutels/Haube	G1B	3,5
Bringen des Beutels in ungefähre Lage	M60B	20,4
Beutel loslassen	RL1	2
Nach Bauteil langen (beidhändig)	R20C	11,4
Greifen des Bauteils (beidhändig)	G1B	3,5
Bringen des Bauteils in ungefähre Lage	M30B	13,3
Bauteil loslassen	RL1	2
Nach Beutel langen (beidhändig)	R10A	6,1
Greifen des Beutels (beidhändig)	G1B	3,5
Überstülpen-Bauteil	M30C	15,1
Beutel loslassen	RL1	2
Greifen des Bauteils (beidhändig)	G1B	3,5
Bringen des Bauteils in ungefähre Lage	M30B	13,3
Drehen um 180 Grad	T180	28,2
Bauteil loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[TMU]		152,1
Gesamtwert für Eintüten des Bauteils[Sek]		5,47
Hinlangen zur Schaumstoffplatte	R80A	18,2
Greifen der Schaumstoffplatte	G1A	2
Bringen der Schaumstoffplatte in ungefähre Lage	M80B	25,2
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Messer	R30A	9,5
Greifen Messer	G1A	2
Bringen des Messer in genaue Lage	M30C	15,1
Bringen des Messer in genaue Lage (Für 23 Schnitte)	M6C	5,8
Zuschneiden der Platte (24 Schnitte)	M6C	5,8
Messer weglegen	M30A	12,7
Messer loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Zurechtschneiden-Schaumstoff[TMU]		361,3
Gesamtwert für Zurechtschneiden-Schaumstoff[Sek]		13
Hinlangen zum Schaumstoffzuschnitt	R40A	11,3
Greifen Zuschnitt	G1A	2
Hinlangen zur Schachtel	R40A	11,3
Greifen Schachtel	G1A	2
Bringen der Schachte in ungefähre Position	M30B	13,3
Bringen der Schaumstoffzuschnitte in genaue Position	M40C	18,5
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Einpassen des Zuschnittes[TMU]		60,4
Gesamtwert für Einpassen des Zuschnittes[Sek]		2,1

Anhang

Bewegungsbeschreibung	Codierung	Zeitwert [TMU]
Hinlangen zur Schachtel	R40A	11,3
Greifen Schachtel	G1A	2
Bringen der Schachte in ungefähre Position	M30B	13,3
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Werkstück (Beidhändig)	R40A	11,3
Greifen Werkstück	G1A	2
Bringen des Werkstücks in genaue Lage	M30C	15,1
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Deckel	R6A	4,5
Greifen	G1A	2
Verschließen	M10A	6
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Klebeband	R30A	9,5
Greifen	G1A	2
Bringen in genaue Lage	M30C	15,1
Verschließen	M16B	9,2
Klebeband ablegen	M30B	13,3
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Platzieren der Ware-Schachtel[TMU]		124,6
Gesamtwert für Platzieren der Ware-Schachtel[Sek]		4,48
Hinlangen zur Schachtel	R40A	11,3
Greifen Schachtel	G1A	2
Bringen der Schachte in ungefähre Position	M30B	13,3
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Werkstück (Beidhändig)	R40A	11,3
Greifen Werkstück	G1A	2
Bringen des Werkstücks in genaue Lage	M30C	15,1
Loslassen	RL1	2
Hinlangen zum Deckel	R6A	4,5
Greifen	G1A	2
Schließen Deckel	M10A	6
Loslassen	RL1	2
Hinlangen Verschluss	R2A	2
Greifen	G1A	2
Verschließen	M2A	2
Loslassen	RL1	2
Gesamtwert für Platzieren der Ware-Holzbox[TMU]		81,5
Gesamtwert für Platzieren der Ware-Holzbox[Sek]		2,934

Anhang

Zur Verifizierung der durch die MTM bestimmten Zeiten wurde ein Selbstversuch durchgeführt.

Selbstversuch

Messinstrument:

Digitale Stoppuhr (Zur Zeitaufnahme der Einzelschritte)

Verpackungsmaterialien:

Schaumstoffolie - 1mm (Dicke), 500mm (Breite)

PE-Beutel - 250mm×320mm - 45µ Dicke

PE-Behälter - 160mm×35×110mm

Vollpapprohr - $\varnothing = 45\text{mm}$, $L = 300\text{mm}$

Faltschachtel (Wellpappe) - 180mm×130mm×130mm

Schaumstoffpads - Dargestellt durch Syroporzuschnitte

Stretchfolie - Dicke unbekannt, 300mm (Breite)

PP-Klebeband - Handelsüblich

Beim Versuchsaufbau wurden die angenommenen Entfernungen aus der MTM übernommen. Die Durchschnittlichen Zeiten sind aufgerundet worden.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 1

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Eintüten des Bauteils	5,4 Sek.	6,2 Sek.	5,8 Sek.	6 Sek.
Ware in Box platzieren und verschließen	4,7 Sek.	5,1 Sek.	5,3 Sek.	5 Sek.
Gesamtdauer	10,1 Sek.	11,3 Sek.	11,1	11 Sek.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 2 - Schaumstoffpads:

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Aufstellen der Faltschachtel	7,5 Sek.	7,9 Sek.	8,2 Sek.	8 Sek.
Eintüten des Bauteils	5,4 Sek.	6,2 Sek.	5,8 Sek.	6 Sek.
Einkleben der Schaumpads	12,8 Sek.	11,1 Sek.	11,7 Sek.	12 Sek.
Ware in Box platzieren und verschließen	10,7 Sek.	10,5 Sek.	10,9 Sek.	11 Sek.
Gesamtdauer	36,4 Sek.	35,7 Sek.	36,6 Sek.	37 Sek.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 2 - Schaumstoffolie:

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Aufstellen der Faltschachtel	7,5 Sek.	7,9 Sek.	8,2 Sek.	8 Sek.
Eintüten des Bauteils	5,4 Sek.	6,2 Sek.	5,8 Sek.	6 Sek.
Schneiden und einwickeln in Schaumstoffolie	22,6 Sek.	22,3 Sek.	23,2 Sek.	23 Sek.
Ware in Box platzieren und verschließen	10,7 Sek.	10,5 Sek.	10,9 Sek.	11 Sek.
Gesamtdauer	46,2 Sek.	46,9 Sek.	48,1 Sek.	47 Sek.

Als Ersatz für das Zahnrad in Beispiel 1 und 2 wurde eine Holzscheibe mit einem Durchmesser von 115mm und einer Höhe von 25 mm verpackt.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 3:

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Eintüten des Bauteils	8,4 Sek.	8,7 Sek.	8,1 Sek.	9 Sek.
Ware in Drehpack platzieren und verschließen	8,9 Sek.	8,2 Sek.	8,4 Sek.	9 Sek.
Gesamtdauer	17,3 Sek.	16,9 Sek.	16,5 Sek.	18 Sek.

Als Ersatz für eine Welle in Beispiel 3 wurde ein Metallrohr mit einem Durchmesser von 28mm und einer Länge von 160mm verpackt.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 4

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Platzieren des Werkstücks in Haube oder Beutel	8,1 Sek.	9,3 Sek.	8,6 Sek.	9 Sek.
Zuschneiden und einpassen der Schaumplatten	77,4 Sek.	73,3 Sek.	79,8 Sek.	77 Sek.
Ware in Box platzieren und verschließen	14,3 Sek.	13,7 Sek.	13,7 Sek.	14 Sek.
Gesamtdauer	99,8 Sek.	96,3 Sek.	102,1 Sek.	100 Sek.

Als Ersatz für eine Trommel in Beispiel 4 wurde ein Kunststoffrohr mit einem Durchmesser von 100mm und einer Länge von 160mm verpackt.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel Pendelverpackung

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Platzieren des Werkstücks in Haube oder Beutel	8,1 Sek.	9,3 Sek.	8,6 Sek.	9 Sek.
Auf Maß geschnittene Schaumplatten einsetzen	24,9 Sek.	28,2 Sek.	30,1 Sek.	28 Sek.
Ware in Kiste platzieren und verschließen	4,5 Sek.	4,9 Sek.	5,0 Sek.	5 Sek.
Gesamtdauer	37,5 Sek.	42,4 Sek.	43,7 Sek.	42 Sek.

Mangels Holzkiste wurde diese durch eine Wellpappschachtel ersetzt.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 5

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Platzieren der Sichtscheibe auf der PE-Schaumstoffolie	10,6 Sek.	11,3 Sek.	10,4 Sek.	11 Sek.
Einschlagen in die PE-Schaumstoffolie, verschließen und aufbringen des Etiketts	24,1 Sek.	23,2 Sek.	24,3 Sek.	24 Sek.
Gesamtdauer	34,7 Sek.	34,5 Sek.	34,7 Sek.	35 Sek.

Als Ersatz für eine Sichtscheibe in Beispiel 5 wurde eine Kunststoffplatte mit den Abmaß 310mm*150mm*10mm verpackt.

Messung der benötigten Zeiten zu Beispiel 6

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Platzieren der Folie auf dem Wellpappzuschnitt	4,0 Sek.	4,3 Sek.	3,3 Sek.	4 Sek.
Umwickeln mit Stretchfolie und aufbringen des Etiketts	124,3 Sek.	120,1 Sek.	127,4 Sek.	124 Sek.
Gesamtdauer	128,3 Sek.	124,4 Sek.	130,7 Sek.	128 Sek.

Messungen der benötigten Zeiten zu Tabelle 19

Tätigkeit	Durchlauf 1	Durchlauf 2	Durchlauf 3	Ø
Platzieren in PE-Beutel	12,5 Sek.	11,9 Sek.	12,8 Sek.	13 Sek.
Verschließen des PE-Beutels	5,5 Sek.	5,8 Sek.	5,8 Sek.	6 Sek.
Platzieren in PE-Schlauch	8,0 Sek.	7,4 Sek.	7,8 Sek.	8 Sek.
Verschließen des PE-Schlauchs	13,4 Sek.	13,6 Sek.	13,9 Sek.	14 Sek.
Einschlagen in Schaumstoffolie	45,2 Sek.	49,3 Sek.	46,5 Sek.	47 Sek.
Einwickeln in Stretchfolie	40,2 Sek.	43,1 Sek.	41,6 Sek.	42 Sek.

Anhang B

Grundliegende Werte zu Abbildung 15:

Umläufe	Einwegkiste	Mehrwegkiste	Mehrwegkiste+Lagerkosten	Mehrwegkiste+Lagerkosten/5
0	7,41	46,58	57,58	48,78
1	7,41	46,58	57,58	48,78
2	7,41	23,49	28,99	24,59
3	7,41	15,79	19,45	16,52
4	7,41	11,94	14,69	12,49
5	7,41	9,63	11,83	10,07
6	7,41	8,09	9,92	8,46
7	7,41	6,99	8,56	7,30
8	7,41	6,16	7,54	6,44
9	7,41	5,52	6,74	5,77
10	7,41	5,01	6,11	5,23
11	7,41	4,59	5,59	4,79
12	7,41	4,24	5,16	4,42
13	7,41	3,94	4,79	4,11
14	7,41	3,69	4,48	3,85
15	7,41	3,47	4,20	3,62
16	7,41	3,28	3,96	3,41
17	7,41	3,11	3,75	3,24
18	7,41	2,96	3,57	3,08
19	7,41	2,82	3,40	2,94
20	7,41	2,70	3,25	2,81
21	7,41	2,59	3,11	2,69
22	7,41	2,49	2,99	2,59
23	7,41	2,40	2,88	2,49
24	7,41	2,31	2,77	2,41
25	7,41	2,24	2,68	2,33

Kosten Einwegverpackung	7,41
Kosten Mehrwegkiste	46,19
Kosten PE-Beutel	0,39
Kosten für 1m ² Lagerfläche	11

Die y-Werte errechnen sich nach:

$$y = \left(\frac{\text{Kosten Mehrwegkiste}}{\text{Umlaeufe}} \right) + \text{Kosten PE Beutel} + \left(\frac{\text{Kosten Lagerflaeche}}{\text{Umlaeufe}} \right)$$

Anhang

Grundliegende Werte zu Abbildung 22:

Umläufe	Kosten	Kosten
0	662,92	658,92
1	662,92	658,92
2	331,79	329,79
3	221,41	220,07
4	166,22	165,22
5	133,10	132,30
6	111,03	110,36
7	95,26	94,69
8	83,43	82,93
9	74,24	73,79
10	66,88	66,48
11	60,86	60,49
12	55,84	55,51
13	51,59	51,29
14	47,96	47,67
15	44,80	44,53
16	42,04	41,79
17	39,61	39,37
18	37,44	37,22
19	35,51	35,30
20	33,76	33,56
21	32,19	32,00
22	30,75	30,57
23	29,44	29,27
24	28,24	28,08
25	27,14	26,98
26	26,12	25,97
27	25,18	25,03
28	24,30	24,16
29	23,49	23,35
30	22,73	22,59
31	22,01	21,88
32	21,35	21,22
33	20,72	20,60
34	20,13	20,01
35	19,57	19,46
36	19,05	18,94
37	18,55	18,44
38	18,08	17,97
39	17,63	17,53
40	17,21	17,11
41	16,80	16,71
42	16,42	16,32
43	16,05	15,96
44	15,70	15,61
45	15,37	15,28
46	15,05	14,96
47	14,74	14,66
48	14,45	14,36
49	14,17	14,08
50	13,90	13,82

Anhang

51	13,64	13,56
52	13,39	13,31
53	13,15	13,07
54	12,91	12,84
55	12,69	12,62
56	12,48	12,40
57	12,27	12,20
58	12,07	12,00
59	11,87	11,81
60	11,69	11,62
61	11,51	11,44
62	11,33	11,27
63	11,16	11,10
64	11,00	10,94
65	10,84	10,78
66	10,68	10,62
67	10,53	10,47
68	10,39	10,33
69	10,25	10,19
70	10,11	10,05
71	9,98	9,92
72	9,85	9,79
73	9,72	9,67
74	9,60	9,55
75	9,48	9,43
76	9,36	9,31
77	9,25	9,20
78	9,14	9,09
79	9,03	8,98
80	8,93	8,88
81	8,83	8,78
82	8,73	8,68
83	8,63	8,58
84	8,53	8,49
85	8,44	8,39
86	8,35	8,30
87	8,26	8,22
88	8,18	8,13
89	8,09	8,05
90	8,01	7,96
91	7,93	7,88
92	7,85	7,81
93	7,77	7,73
94	7,70	7,65
95	7,62	7,58
96	7,55	7,51
97	7,48	7,44
98	7,41	7,37
99	7,34	7,30
100	7,27	7,23

Anhang

Kistenpreis [€]	Lagerkosten/m ² [€]	Instandhaltungskosten [€]
658,27	4	0,65

Die y-Werte errechnen sich nach:

$$y_1 = \left(\frac{\text{Kistenpreis}}{\text{Umlaeufe}} \right) + \text{Instandhaltungskosten} + \left(\frac{\text{Lagerkosten}}{\text{Umlaeufe}} \right)$$

$$y_2 = \left(\frac{\text{Kistenpreis}}{\text{Umlaeufe}} \right) + \text{Instandhaltungskosten}$$

Anhang C

Wellpappen der Sorten 1.01 bis 1.03 und 2.02 bis 2.04 sind für Verpackungen im Lagerbereich vorgesehen.

Transportverpackungen entsprechen dem Standard 1.10 bis 1.50 oder ab 2.20.

VDW-Standard entsprechend DIN 55468:

Sorte	Berstfestigkeit (kPA)	Durchstoßarbeit (J)	Kantenstauchwiderstand (kN/m)	Bruttogewicht nach UPS* (kg)
1.01	-	2,5	3	Lagerqualität
1.02	-	3	3,5	Lagerqualität
1.03	-	3,5	4	Lagerqualität
1.10	600	3	3	5
1.20	850	3,5	3,5	9
1.30	1100	4	4	14
1.40	1400	5	5	18
1.50	1700	6	6	23
2.02	-	6	6	Lagerqualität
2.03	-	7	6,5	Lagerqualität
2.04	-	7,5	7,5	Lagerqualität
2.20	850	6,5	6	14
2.30	1100	7,5	6,5	23
2.40	1400	8,5	7,5	27
2.50	1700	9,5	8	32
2.60	2000	10,5	8,5	41
2.70	2300	11,5	9	45
2.90	-	16	13	60
2.91	-	19	15	60
2.92	-	24	18	61
2.95	-	29	21	63
2.96	-	33	24	64

* Die oben genannten Bruttogewichtsangaben basieren auf den langjährigen Labortests und Erfahrungen die UPS Professional Services auf dem Gebiet Verpackungen für den Einzelversand erzielt haben.