
Inhaltsverzeichnis.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Verzeichnis der Bilder	III
Verzeichnis der Tafeln.....	V
Verzeichnis der Formeln	VI
Verzeichnis der Formelzeichen	VII
Verzeichnis verwendeter Abkürzungen	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Hauptzielsetzungen der Fabrikplanung	2
2.2 Materialfluss / Einteilung Fördersysteme.....	3
2.2.1 Allgemeines	3
2.2.2 Aufstellung Fördermittelsysteme Unstetigförderer	6
2.3 Ausprägungen der Nutzwertanalyse (NWA).....	7
2.3.1 Allgemeines	7
2.3.2 Paarweiser Kriterienvergleich	7
2.3.3 Die 100 Prozent Verteilung	8
2.3.4 Die Sensitivitätsanalyse	9
2.4 Belastungsermittlung während des Transportes	10
2.4.1 Allgemeines	10
2.4.2 Die Leitmerkmalmethode	10
2.4.3 Das OWAS – Verfahren.....	11
3 Ist – Stand des Unternehmens	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.1 Darstellung der aktuellen Gegebenheiten.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.2 Körperliche Belastung während des Transportes.....	12
3.2.1 Kraftüberwindung während des Anschubes	12
3.2.2 Leitmerkmalmethode	13
3.2.3 OWAS Methode.....	16

3.3	Anforderungen des Unternehmens	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.3.1	Allgemeine Forderungen der Geschäftsführung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.3.2	Technische Anforderungen Schienensystem / Transportwagen.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4	Stand der Technik.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.1	Darstellung verschiedener Beförderungssysteme	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.1.1	Strothmann Rundschiensystem	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.1.2	System Starachowice	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.1.3	System Logaer	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.1.4	System Plauen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.2	Weitere Einsatzmöglichkeiten der Systeme im Unternehmen.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
5	Konzepterstellung des Systems im Lackierbereich..	Fehler! Textmarke nicht definiert.
5.1	Zukünftige Struktur im Bereich Lackierung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
5.2	Weiterführende Betrachtungen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
6	Ermittlung des Nutzwertes der einzelnen Systeme.....	20
6.1	Durchgeführte Analysen.....	20
6.1.1	Ermittlung des Nutzwertes nach paarweisem Vergleich	20
6.1.2	Ermittlung des Nutzwertes nach 100 Prozent Verteilung.....	25
6.2	Sensitivitätsanalyse.....	34
6.2.1	Allgemeines	34
6.2.2	Ergebnisse Sensitivitätsanalyse	35
7	Zusammenfassung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
8	Quellenverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Verzeichnis der Anlagen	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Verzeichnis der Bilder

<u>Bild</u>	<u>Titel</u>	<u>Seite</u>
Bild 1:	Phasen der Fördermittelauswahl [KETT – 10 S.175]	5
Bild 2:	Einteilung Unstetigförderer [HEIN – 06, S.206]	6
Bild 3:	Montagestruktur Neoplan	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 4:	aktuelle Aufteilung Lackierkabinen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 5:	aktueller Querverschub Lackiererei	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 6:	Bedeutung des Zifferncodes OWAS Methode [BONG – 95, S.132]	16
Bild 7:	Die 84 OWAS Grundhaltungen [BONG – 95, S.133]	17
Bild 8:	Maßnahmeklassen OWAS Aufnahmebogen [BONG – 95, S.135]	18
Bild 9:	Strothmann Rundschiene® 25 mit Laufrolle [STRO - 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 10:	Strothmann Rundschiene® 25 mit Klemmprofilen [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 11:	Kreuzungsbereich mit Drehteller [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 12:	Kreuzfahrwerk [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 13:	Eckpunkt Kreuzungsbereich [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 14:	Transportwagen für Kreuzfahrwerk [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 15:	Kreuzung mit Quadroweiche [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 16:	pneumatisch angetriebene Quadroweiche [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 17:	Wagen mit manueller Quadroweiche mit 4 separaten Hebeln [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 18:	Riemenantrieb mit Zugstange und Mitnehmerhaken [STRO – 12]	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 19:	Führungsprofil Starachowice	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 20:	Laufschiene System Starachowice	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 21:	Einführungsprofil, Rollen Transportwagen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Bild 22:	Auffahrprofil Laufschiene	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Bild 23: Austaktungsmöglichkeit während Banddurchlauf **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 24: Transportwagen - Variante 1 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 25: Transportwagen - Variante 2 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 26: Scherenhubbühne **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 27: hydraulisch versenkbare Schiene [LOGA – 10] **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 28: Mitnehmer an Skid [LOGA - 10] **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 29: Winkelschiene System Plauen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 30: Querverschub System Plauen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 31: Skid Klebezentrum vor Umbau **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 32: Skid Klebezentrum nach Umbau **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 33: Layout Klebezentrum **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 34: Zukünftige Montagestruktur **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 35: Layout zukünftiger Lackierbereich **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 36: Rückführungsvariante Skids **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 37: Visualisierung Sensitivitätstest 35

Verzeichnis der Tafeln

<u>Tafel</u>	<u>Titel</u>	<u>Seite</u>
Tafel 1:	Fünf Ebenen des Materialflusses [KETT - 10 S.158]	3
Tafel 2:	Einteilung Fördersysteme	4
Tafel 3:	Wertetabelle Kraftanalyse	12
Tafel 4:	Wertetabelle Anschubkraftberechnung	12
Tafel 5:	Merkmale nach Leitmerkmalmethode Querverschubbereich	13
Tafel 6:	Risikobereich anhand Leitmerkmalmethode Querverschubbereich	14
Tafel 7:	Merkmale nach Leitmerkmalmethode für Längsverschubbereich	15
Tafel 8:	Risikobereich anhand Leitmerkmalmethode für Längsverschubbereich	15
Tafel 9:	Zusammenfassung wesentliche Merkmale Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Tafel 10:	Zusammenfassung wesentliche Merkmale Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Tafel 11:	Zusammenfassung wesentliche Merkmale Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Tafel 12:	Zusammenfassung wesentliche Merkmale Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Tafel 13:	Beispiel Wartungsplan	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tafel 14:	Entscheidungskriterien paarweiser Vergleich	20
Tafel 15:	Zusammenführung Kriterien	21
Tafel 16:	Spiegelung Bewertungspunkte	22
Tafel 17:	Gewichtungsfaktoren	22
Tafel 18:	Skala Zielerfüllungsfaktoren	23
Tafel 19:	Vorbereitung Teilnutzwerte	24
Tafel 20:	Nutzwerte laut paarweisem Vergleich	24
Tafel 21:	Anforderungsmatrix inklusive Bewertungszahlen	26
Tafel 22:	Instandhaltungsaufwand	28
Tafel 23:	Wartungsbeschreibung	29
Tafel 24:	Anforderungsmatrix inklusive Bewertungszahlen / Wichtungsfaktoren	30
Tafel 25:	Nutzwertermittlung der verschiedenen Systeme	32
Tafel 26:	Aufstellung Nutzwerte durch Sensitivitätsanalyse	35

Verzeichnis der Formeln

<u>Formel</u>	<u>Titel</u>	<u>Seite</u>
1	Rollreibungskraft	14
2	Normalkraft	14
3	Rollwiderstandskoeffizient	15
4	Verschubweg äquivalente Einzelkräfte	15
5	gleichmäßig beschleunigte Bewegung	16
6	Zeitberechnung gleichmäßig beschleunigte Bewegung	16
7	Anschubkraft	17

Verzeichnis der Formelzeichen

<u>Formelzeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
a	m/s^2	Beschleunigung
c_R	/	Rollwiderstandskoeffizient
d	mm	Verschubweg äquivalente Einzelkraft
D	mm	Durchmesser
F	N	Anschubkraft
F_N	N	Normalkraft
F_R	N	Rollreibungskraft
g	m/s^2	Fallbeschleunigung
m	kg	Masse
R	mm	Radius
s	m	Weg
t	s	Zeit
v	km/h	Geschwindigkeit

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

<u>Abkürzung</u>	<u>Beschreibung</u>
AG	Aktiengesellschaft
EP-Primer	Epoxygrundierung
GFK	glasfaserverstärkter Kunststoff
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
KG	Kommanditgesellschaft
MA	Mitarbeiter
MAN	Maschinenfabrik Augsburg- Nürnberg
min.	Minuten
NWA	Nutzwertanalyse
OWAS	OVAKO Working Posture Analysing System
Skids	Transportwagen

1 Einleitung

Im Rahmen der Werksentwicklung der Neoplan Bus GmbH, welche von 2011 bis 2013 durchgeführt wird, entsteht am Standort Plauen eine der modernsten Busproduktionen weltweit. Im Zuge dieses Vorhabens ist die Gestaltung eines Flurfördersystems für selbsttragende Fahrzeugkarossen erforderlich. Dieses ist speziell auf die Beförderung und Weitertaktung der Fahrzeuge im Bereich Lackierung ausgelegt und abgestimmt.

Durch diese Maßnahme soll der Arbeitsablauf im neu entstehenden Lackierbereich verbessert werden. Ein weiterer relevanter Betrachtungsgegenstand für den Einsatz eines neuen Fördersystems ist die Verbesserung der Arbeitsbedingungen nach ergonomischen Gesichtspunkten.

Zusätzlich wird im Verlauf dieser Arbeit auf die Modell- und Variantenvielfalt der Neoplan Bus GmbH eingegangen. Dies ist unerlässlich, da die einzelnen Fahrzeugtypen unterschiedliche Radstände aufweisen. Bei der Gestaltung des Flurfördersystems wird dieser Umstand berücksichtigt, um eine universelle Aufnahme der Karossen durch die Transportvorrichtung zu gewährleisten.

Ziel der Diplomarbeit ist es, ein innerbetriebliches Transportsystem für selbsttragende Fahrzeugkarossen zu konzipieren, um den Bereich Lackierung in der stattfindenden Werksentwicklung zu unterstützen.

Es werden zum einen eine Auswahl von auf dem Markt befindlichen Systemen und zum anderen die vom Unternehmen geforderten Kriterien dargelegt und diskutiert.

Des Weiteren werden mit Hilfe von Fabrikplanungsmethoden logistische Probleme, sowie planungsspezifische Ansätze verfolgt.

Dies sind unter anderem Grundsätze wie:

- planen vom Groben zum Feinen
- berücksichtigen von Variantenvielfalt
- aufstellen von Ist-, Anforderungs- und Nutzwertanalysen.

Nach der Entscheidungsfindung über das am besten geeignetste System wird am Beispiel einer definierten Lackierkabine eine Planung und Auslegung des Schienensystems durchgeführt.

Abschließend werden die Ergebnisse und eine Empfehlung an das Unternehmen ausgegeben.

2 Grundlagen

2.1 Hauptzielsetzungen der Fabrikplanung

Aufgrund der stetig wachsenden Anforderungen an ein Unternehmen wachsen in diesem Zusammenhang auch die Ansprüche an die Fabrikplanung.

Wie in [KOBY – 11, S.4] festgestellt wird, besteht die Hauptaufgabe darin, unter Berücksichtigung zahlreicher Rahmen- und Randbedingungen die Voraussetzungen zur optimalen Gestaltung und rationellen Verwirklichung von Investitionsvorhaben zu schaffen. Dies ist essentiell wichtig für die Erfüllung der betrieblichen Ziele sowie der sozialen und volkswirtschaftlichen Funktionen einer Fabrik. Aus dieser Aufgabe ergeben sich die Hauptzielsetzungen der Fabrikplanung, welche im Folgenden aufgeführt werden:

- „Sicherung des wirtschaftlichen Agierens des Unternehmens
- Realisierung eines technisch einwandfreien, wirtschaftlichen Ablaufs des Produktionsprozesses
- Gewährleistung ergonomischer Arbeitsbedingungen
- Installation einer hohen Flexibilität bezüglich der Änderung von Umfeldbedingungen
- umweltgerechte Gestaltung der Fabrik und ihrer Prozesse.“ [KOBY – 11, S.4]

2.2 Materialfluss / Einteilung Fördersysteme

2.2.1 Allgemeines

In Anlehnung an [KETT - 10 S.158] können fünf wesentliche Bereiche des Materialflusses unterschieden werden. Diese werden in Tafel 1 aufgeführt.

Tafel 1: Fünf Ebenen des Materialflusses [KETT - 10 S.158]

Ebene	Beispiel
• Überregional • Regional	• Verkehrsplanung
• Lokal	• Standortwahl • innerbetrieblich. Transportachsen
• Betriebsintern	• innerbetriebliches Förderwesen • Verkehrswege
• Gebäudeintern	• Layoutbestimmung • Maschinenaufstellung
• Arbeitsplatzbezogen	• Handhabung am Arbeitsplatz

Die Zielstellung der vorliegenden Diplomarbeit kann somit, laut Tafel 1, nicht nur einer Ebene zugeordnet werden. Sie ist hier übergreifend in die Betriebsinterne, sowie die Gebäudeinterne Ebene einzustufen. In der betriebsinternen Ebene wird eine Auswahl über innerbetriebliche Fördersysteme, welche in der Fördertechnik angesiedelt sind, getroffen.

Der Begriff der Fördertechnik lässt sich nach [HOFF – 06, S. 9] folgendermaßen definieren:

„Die Fördertechnik ist Teil der technischen Wissenschaften, welcher sich mit jenen Einrichtungen und Verfahren beschäftigt, die es ermöglichen, Ortsveränderungen von Personen und Gütern, über begrenzte Entfernungen, meist auf festgelegten Wegen durchzuführen.“

Die Fördersysteme können ihrerseits wieder in zwei Bereiche eingeteilt werden, welche in Tafel 2 auf Seite 4 zu sehen sind.

Tafel 2: Einteilung Fördersysteme

Art	Beispiele
Stetigförderer	• Bandförderer • Riemenförderer • Rollbahnen
Unstetigförderer	• Hebezeuge • Flurfördersysteme • Aufzüge

Wird Tafel 2 betrachtet, so ist zu erkennen, dass es auf der einen Seite die sogenannten Stetigförderer gibt, welche ständig in Bewegung sind. Diese sind meist einfach in ihrer Bauart und benötigen in der Regel niemanden, der sie bedient, da sie zum großen Teil automatisiert sind. Ihr Antrieb ist fast ausschließlich für den Dauereinsatz gedacht. Um die relativ hohen Investitions- und Wartungskosten langfristig gesehen einzusparen, sollte Ihr Antrieb einen niedrigen Energieverbrauch aufweisen. Sie eignen sich somit für den An- und Abtransport von Materialien und Erzeugnissen in der Metallindustrie sowie der Automobilindustrie.

Auf der anderen Seite sind die Unstetigförderer aufgeführt, welche nicht kontinuierlich, sondern meist in einzelnen Intervallen, aber oftmals nur dann fördern, wenn Transportgüter befördert werden müssen. Durch den Umstand, dass die Neoplan Bus GmbH Ihre Fahrzeuge mit einer Taktzeit von 4 Stunden fertigt, das Transportgut somit nicht ständig in Bewegung ist, bezieht sich die Betrachtung auf ein Unstetigfördersystem. Unstetigförderer werden meist manuell betrieben und weisen dadurch höhere Betriebskosten als Stetigförderer auf. Ihr Vorteil liegt darin, dass diese, die von ihnen durchgeführten Transportaufgaben und deren Leistungen anpassen können.

Somit sind diese Förderer in Bereichen mit taktweiser Bestückung von Maschinen mit einzelnen Werkzeugen oder auch im Nutzfahrzeugbau zu finden. Laut Aufgabenstellung ist die Konzipierung eines innerbetrieblichen Flurfördersystems durchzuführen, welche demzufolge den Unstetigförderern zuzuordnen ist.

Eine geeignete Fördermittelauswahl kann jedoch erst unter Berücksichtigung und Abarbeitung von verschiedenen Phasen realisiert werden. Diese Phasen sind in Bild 1 dargestellt.

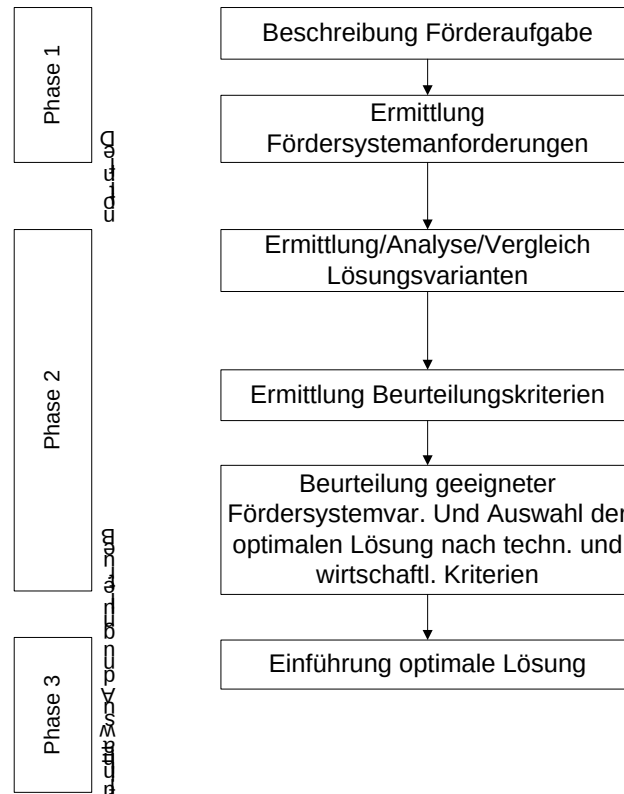


Bild 1: Phasen der Fördermittelauswahl [KETT – 10 S.175]

In Bild 1 lässt sich der Grundsatz: „Vom Groben zum Feinen“, erkennen. Entsprechend wird die Fördermittelaufgabe zunächst allgemein definiert und es werden Anforderungen aus der Definition abgeleitet. Danach werden verschiedene Lösungsvarianten erörtert und Kriterien festgelegt. Abschließend wird die optimale Lösung anhand technischer und wirtschaftlicher Aspekte festgelegt und nach Möglichkeit umgesetzt. Diese Auswahl erfolgt anhand fabrikplanerischer Analysen, wie zum Beispiel der Nutzwertanalyse. Eine Kurzerklärung zur Durchführung einer solchen Analyse geschieht im Punkt 2.3.

2.2.2 Aufstellung Fördermittelsysteme Unstetigförderer

In Bild 2 sind die verschiedenen Arten von Unstetigförderern zu sehen. Ihnen ist zusätzlich eine kleine Auswahl an Beispielen hinzugefügt.

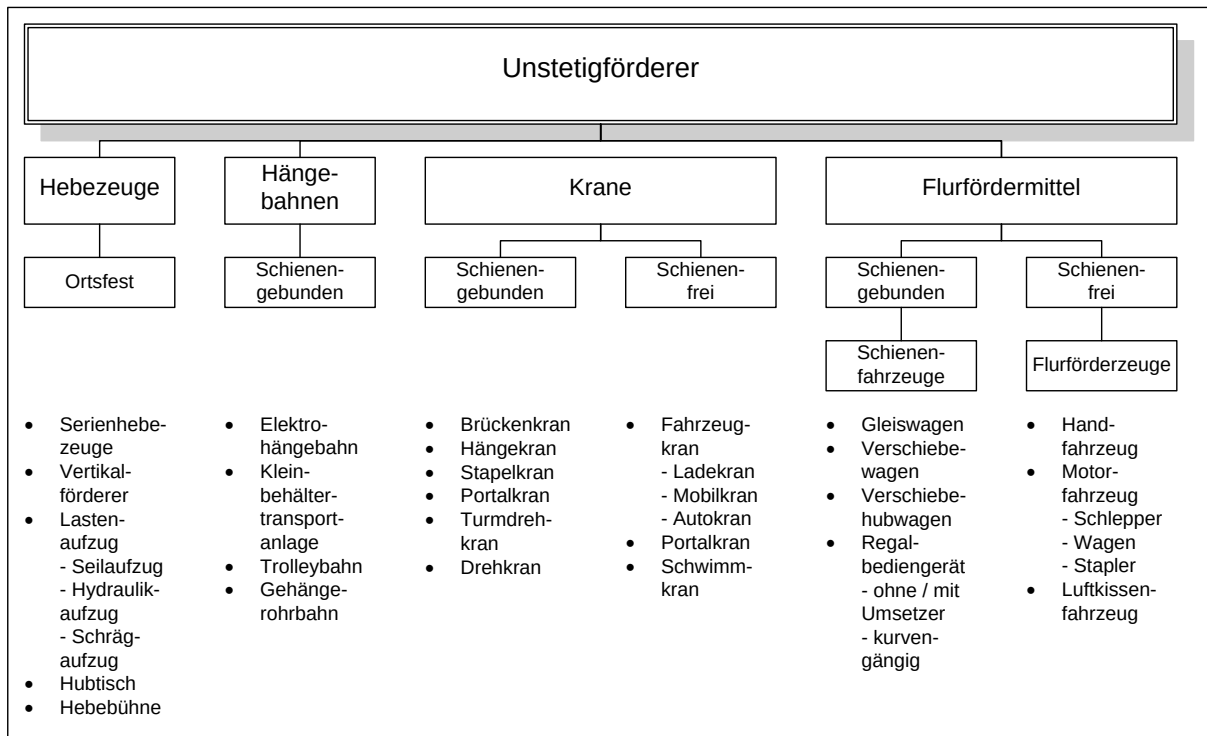


Bild 2: Einteilung Unstetigförderer [HEIN – 06, S.206]

Angeichts der Tatsache, dass es eine Vielzahl von Unstetigfördersystemen gibt, diese aber für die Arbeit nicht relevant sind, werden im Fortgang lediglich schienengebundene Flurfördermittel aufgeführt und erklärt.

2.3 Ausprägungen der Nutzwertanalyse (NWA)

2.3.1 Allgemeines

Die Nutzwertanalyse gehört zu den quantitativen Analysemethoden der Entscheidungstheorie. „Sie erlaubt es, sowohl quantifizierbare, als auch nicht quantifizierbare Faktoren gleichzeitig und ganzheitlich zu bewerten. Dabei können die Präferenzen der / des Entscheidungsträger / s berücksichtigt werden“. [KOBY – 11, S.18]. Allgemein kann eine Nutzwertanalyse nach folgendem Schema durchgeführt werden:

1. Zusammenstellung der Vergleichskriterien
2. Wichtung der Vergleichskriterien (W_{SF})
3. Ermittlung der Bewertungszahl (B_{SF})
4. Ermittlung des Nutzwertes (N_{SF})
5. Sensitivitätsanalyse

In vorliegender Diplomarbeit werden zwei Varianten einer Nutzwertanalyse durchgeführt. Dies ist zum einen der paarweise Kriterienvergleich und zum anderen eine 100 % Verteilung. Die zweite Variante der Nutzwertanalyse wurde von mehreren Personen durchgeführt, um eine objektive Betrachtung ermöglichen zu können und somit das Risiko einer subjektiven Verteilung der Wichtungsfaktoren oder Bewertungszahlen zu vermeiden.

2.3.2 Paarweiser Kriterienvergleich

Beim paarweisen Vergleich werden zunächst alle in Frage kommenden Alternativen aufgezeigt. Ist dies geschehen, werden die zur Beurteilung notwendigen Kriterien zusammengestellt und entsprechend ihrer Wichtung bewertet. Danach werden diese Kriterien in eine Matrix gebracht und nach einem Punktesystem beurteilt. Ist die Bewertung abgeschlossen, werden die resultierenden Punkte aufaddiert und anschließend durch die Gesamtsumme geteilt. Der sich ergebende Zahlenwert ist der Anteil des Kriteriums an der Gesamtentscheidung. Im nächsten Schritt wird eine Skala zur Bewertung der einzelnen Kriterien aufgestellt. Diese Bewertungspunkte werden nun den einzelnen Alternativen mit den dazugehörigen Kriterien zugeordnet. Nachfolgend werden die einzelnen Gewichtungspunkte mit den Bewertungspunkten multipliziert und später aufaddiert. Der sich ergebende Zahlenwert ist letztlich der Nutzwert der Alternative für das Unternehmen.

2.3.3 Die 100 Prozent Verteilung

Zu Beginn werden bei dieser Variante der Nutzwertanalyse die in Frage kommenden Alternativen aufgeführt. Danach werden, wie beim paarweisen Vergleich auch, die einzelnen zur Entscheidung führenden Kriterien aufgestellt. „Bei der Zusammenstellung der Vergleichskriterien ist darauf zu achten, dass diese unabhängig voneinander sind, um eine Merkmalsausprägung nicht mehrmals zu bewerten.“ [KOBY – 11, S.18]

Diesen Kriterien wird ebenso eine Skala mit einzelnen Bewertungspunkten zugeordnet. Es ist hier darauf zu achten, dass die Einteilung der Skala nicht zu grob abgestuft wird, da sonst die einzelnen Kriterien nicht hinreichend bewertet werden können. Im nächsten Schritt werden den einzelnen Schwerpunkten, entsprechend dem Kenntnisstand über die Problematik, die einzelnen Wichtungsfaktoren zugeordnet. Diese Zuordnung ergibt in Summe 100 Prozent. Als nächstes werden den einzelnen Alternativen, entsprechend der bereits aufgestellten Skala, die Bewertungspunkte zugeordnet. Ist dieser Schritt durchgeführt, werden die Wichtungsfaktoren mit den einzelnen Bewertungspunkten multipliziert. Es entstehen die Teilnutzwerte der einzelnen Kriterien. Abschließend werden diese Teilnutzwerte aufaddiert und es ergeben sich somit die Gesamtnutzwerte der einzelnen Alternativen.

2.3.4 Die Sensitivitätsanalyse

Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse können die Veränderungen von Punktwerten, Zielen, oder Gewichten, welche zur Entscheidungsfindung von verschiedenen Lösungsvarianten genutzt werden, aufgezeigt werden. Wird beispielsweise der prozentuale Anteil oder Punktwert, welcher ein Kriterium erhält, verändert so ergeben sich Auswirkungen auf den Gesamtnutzwert. Diese Sensitivitätsanalyse kann verschiedenen Zielen dienen:

- es kann sich herausstellen, dass selbst bei veränderten Bedingungen eine favorisierte Lösung zu Tage tritt
- eine Veranschaulichung wie sich die Rangfolge ändert wenn Merkmale abgeändert werden.

Zusammenfassend können unter anderem als Vorteile der Punktbewertung folgende Merkmale genannt werden:

- sie ermöglicht eine objektivere Bewertung, weil an allen zur Verfügung stehenden Varianten die gleichen Kriterien eingesetzt werden.
- der Entscheider kann den Entscheidungsprozess nachvollziehen
- mit ihrer Hilfe können die Auswirkungen abweichender Wertvorstellungen nachgerechnet werden
- im Fall bewusster Manipulation macht sie deutlich, worauf verzichtet werden muss um ein Wunschergebnis zu erhalten [SCHI – 07, S.171]

2.4 Belastungsermittlung während des Transportes

2.4.1 Allgemeines

Die Belastungsermittlung während des Transportes verschiedener Güter kann mit Hilfe einer Vielzahl an Methoden und Verfahren ermittelt werden. Zu nennen sind hier unter anderem die Leitmerkmalmethode, das Verfahren nach NIOSH, der Ansatz nach Jäger, das OWAS - Verfahren oder auch das Siemens- Burandt- Verfahren. In vorliegender Arbeit wird die Leitmerkmalmethode sowie das OWAS - Verfahren angewendet, da diese, die auf den hier vorliegenden Belastungsfall besten Ansätze zur Belastungsermittlung enthalten.

2.4.2 Die Leitmerkmalmethode

Die Leitmerkmalmethode stellt eine Methode zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung dar und stützt sich auf eine Bewertung der Arbeitsbedingungen bei der manuellen Handhabung von Lasten.

Die Beurteilung stützt sich auf folgende vier Merkmale:

- 1) Höhe des Lastgewichts
- 2) Zeitdauer
- 3) Haltungswichtung
- 4) Ausführungsbedingungen

„Die Bewertung eines manuellen Lastenhandhabungsprozesses erfolgt anhand von Risikobereichen, die die Höhe einer potentiellen Schädigungsgefahr für die Wirbelsäule repräsentieren und gegebenenfalls auf das Erfordernis von Gestaltungsmaßnahmen hinweisen.“ [SCHL – 10, S. 952]

2.4.3 Das OWAS – Verfahren

Die OWAS – Methode (OVAKO Working posture Analysing System) wurde Mitte der 1970 er Jahre in Finnland im Stahlwerk OVAKO entwickelt. Bei der Methodenentwicklung standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie ist eine Klassifizierung von Arbeitshaltungen möglich?
- Beurteilung der Gesundheitsgefährdung der analysierten Haltungen möglich?

Im Vordergrund stand nicht die Grenzlastermittlung, sondern eine Gefährdungsanalyse aufgrund verschiedener Körperhaltungen. Durch diesen Ansatz wurde ein Klassifizierungssystem entwickelt, mit welchem es möglich ist bestimmte Haltungen zu dokumentieren. Davon ausgehend können mit Hilfe von Zifferncodes Aussagen über eine mögliche Gefährdung bei bestimmten Haltungen getroffen werden.

Die OWAS Methode ist in die „Basis-OWAS Methode“ und die „Punktuelle OWAS Methode“ untergliedert. Im Rahmen der Diplomarbeit wird jedoch nur die „Basis-OWAS Methode“ angewendet. Da bei der Basis Methode Haltungen des gesamten menschlichen Körpers analysiert werden können, eignet sie sich daher sehr gut um Aussagen über die körperliche Belastung während der Beförderung der Buskarossen zu treffen.

Zur expliziten Beschreibung einzelner Körperhaltungen werden mit Hilfe der OWAS Methode vier Bereiche des menschlichen Körpers unterschieden:

- 1) Rücken
- 2) obere Gliedmaßen (Hände, Unterarme, Oberarme)
- 3) untere Gliedmaßen (Füße, Unterschenkel, Oberschenkel)
- 4) Kopf

Zur weiteren Belastungsbeschreibung kann, wenn vorhanden, eine äußere Last in die Bewertung eingebracht werden. [BONG – 95, S. 129-130]

2.5 Körperliche Belastung während des Transportes

2.5.1 Kraftüberwindung während des Anschubes

Um Aussagen über die körperliche Belastung treffen zu können, muss zunächst eine Betrachtung der zu überwindenden Kräfte während des Anschubs der Fahrzeugkarossen getroffen werden. Hierzu werden folgende, in Tafel 3 ersichtliche, Berechnungsgrößen benötigt.

Tafel 3: Wertetabelle Kraftanalyse

Bezeichnung	Formelzeichen	Einheit
Kraft	F	N
Masse	m	kg
Beschleunigung	a	m/s ²
Geschwindigkeit	v	m/s
Weg	s	M
Zeit	t	s

Mit Hilfe der unter Tafel 3 ersichtlichen Größen und den Werten aus Tafel 4 kann nun die zu überwindende Kraft beim Anschub aus der Ruhe berechnet werden. Da in vorliegendem Fall lediglich eine geringe Geschwindigkeit erreicht wird, wird die Abbremsung der Fahrzeuge nicht betrachtet. Die Berechnung beruht auf den Gesetzmäßigkeiten einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Tafel 4: Wertetabelle Anschubkraftberechnung

Bezeichnung	Wert	Einheit
Masse der Fahrzeuge	6500	kg
Geschwindigkeit	2	km/h
Weg	3	m

Rechnung Anschubkraft:

Mit Hilfe der Formeln:

$$a = \frac{v}{t} \quad \text{Formel (5)}$$

und: $t = \frac{2 \cdot s}{v} \quad \text{Formel (6)}$

ergibt sich mit den Werten aus Tafel 4 eine erforderliche Zeit von:

$$\underline{t = 10,71 \text{ s}}$$

um eine Beschleunigung von:

$$\underline{a = 0,0523 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

zu erreichen.

Fügt man nun das Ergebnis aus Formel (5) sowie die Masse von 6500 kg in die Formel:

$$F = m * a \quad \text{Formel (7)}$$

ein, so erhält man als Ergebnis für die Anschubkraft folgenden Wert:

$$\underline{F = 339,95 \text{ N}}$$

Somit ist durch die Mitarbeiter eine Kraft F von 339,95 N, aufzubringen um die Karossen in Bewegung zu setzen.

2.5.2 Leitmerkmalmethode

Anhand der Gegebenheit, dass im Unternehmen nur an einem Punkt ein Querverschub vorhanden ist, kann die Beschreibung der aktuellen Belastung während des Transportes nicht allgemeingültig erfasst werden. Hierbei muss eine Unterscheidung zwischen dem Querverschubbereich (siehe Bild 5, Seite 14) und den restlichen Bereichen ohne Schienensystem erfolgen. Diese Belastungsermittlung erfolgt anhand der Leitmerkmalmethode. Die Bewertungspunkte sowie die zugehörigen Erläuterungen können Anlage 3 entnommen werden. Zunächst wird der Querverschubbereich für die Fahrzeuge City- / Starliner und Doppeldeckbus A39 betrachtet. Wird von den, unter Punkt 2.4.2 aufgeführten Merkmalen ausgegangen, so ergeben sich folgende Werte:

Tafel 5: Merkmale nach Leitmerkmalmethode Querverschubbereich

Merkmals	Cityliner	Starliner	A39
Höhe des Lastgewichts	6580 kg	9010 kg	8900kg
Positioniergenauigkeit	2	2	2
Körperhaltung	1	2	2
Ausführungsbedingungen	0	0	0

Werden nun die unter Tafel 5 auf Seite 13 zu sehenden Bewertungspunkte aufaddiert und mit dem Zeitwichtungsfaktor (siehe Anlage 3) multipliziert, so ergibt sich der entsprechende Risikobereich mit zugehörigem Punktwert. Dies wird in Tafel 6 dargestellt.

Tafel 6: Risikobereich anhand Leitmerkmalmethode Querverschubbereich

Merkmal	Cityliner	Starliner	A39
Höhe des Lastgewichts	6	6	6
Positioniergenauigkeit	+ 2	+ 2	+ 2
Körperhaltung	+ 1	+ 2	+ 2
Ausführungsbedingungen	+ 0	+ 0	+ 0
Zwischensumme	<u>= 9</u>	<u>=10</u>	<u>= 10</u>
Zeitwichtungsfaktor	* 1	* 1	+ 1
Zuschlag für weibl. Beschäftigte	* 1,3	* 1,3	+ 1,3
Bewertungspunkte	<u>= 11,7</u>	<u>= 13</u>	<u>= 13</u>

Wird nun Tafel 6 betrachtet, so ist bei den Fahrzeugen unter Höhe des Lastgewichts eine frei gewählte Zahl eingetragen, da in Bezug auf [BAUA – 02] dieser Bereich grundsätzlich vermieden werden soll. Dies beruht darauf, dass die erforderlichen Aktionskräfte leicht die maximalen Körperkräfte übersteigen können. Die Bewertungspunkte und somit der Risikobereich bewegen sich hier zwischen 11 und 13 Punkten. Folglich ist nach [BAUA – 02] hier eine erhöhte Belastung vorhanden. Es kann demnach bei vermindert belastbaren Personen zu einer körperlichen Überbeanspruchung kommen.

„Vermindert belastbare Personen sind in diesem Zusammenhang Mitarbeiter, die älter als 40 Jahre oder jünger als 21 Jahre alt, Neulinge im Beruf oder durch Erkrankungen leistungsgemindert sind. Aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen sind die Grenzen der einzelnen Risikobereiche fließend. Dementsprechend dient die Einstufung der Bereiche lediglich als Orientierungshilfe. Es ist jedoch grundsätzlich davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten auch die Belastung des Muskel – Skelett – Systems zunimmt.“ [BAUA – 02]

Nachfolgend werden nun die Längsverschubbereiche der aktuellen Lackierung betrachtet. In diesen Bereichen werden die Fahrzeuge führungsfrei verfahren. Somit ergeben sich in Bezug auf die Leitmerkmalmethode andere Werte für die körperliche Belastung. Diese sind in Tafel 7 und Tafel 8 zu sehen.

Tafel 7: Merkmale nach Leitmerkmalmethode für Längsverschubbereich

Merkmale	Cityliner	Starliner	A39
Höhe des Lastgewichts	6580 kg	9010 kg	8900kg
Positioniergenauigkeit	2	2	2
Körperhaltung	2	4	4
Ausführungsbedingungen	0	0	0

Nun werden auch hier die Bewertungspunkte für den Längsverschubbereich aufaddiert und mit dem Zeitwichtungsfaktor multipliziert. Hieraus ergibt sich wieder der entsprechende Risikobereich, welcher in Tafel 8 zu sehen ist.

Tafel 8: Risikobereich anhand Leitmerkmalmethode für Längsverschubbereich

Merkmale	Cityliner	Starliner	A39
Höhe des Lastgewichts	6	6	6
Positioniergenauigkeit	+ 2	+ 2	+ 2
Haltungswichtung	+ 2	+ 4	+ 4
Ausführungsbedingungen	+ 0	+ 0	+ 0
Zwischensumme	<u>= 10</u>	<u>= 12</u>	<u>= 12</u>
Zeitwichtungsfaktor	* 1	* 1	+ 1
Zuschlag für weibl. Beschäftigte	* 1,3	* 1,3	+ 1,3
Bewertungspunkte	<u>= 13</u>	<u>= 15,6</u>	<u>= 15,6</u>

Aus Tafel 8 ist ersichtlich, dass der Risikobereich zwischen 13 und 16 Punkten im Längsverschubbereich liegt. Somit ist auch hier, in Anlehnung an [BAUA – 02], eine erhöhte Belastung in den Bereichen ohne Schienenführung vorhanden. Aus dieser Tatsache kann auch hier eine körperliche Überbeanspruchung bei vermindert belastbaren Personen auftreten.

2.5.3 OWAS Methode

Um die körperliche Überbelastung während des Transportes der Fahrzeugkarossen zu untermauern, wird hier auf ein zweites Verfahren zurückgegriffen:

Die OWAS Methode.

Die einzelnen körperlichen Haltungen werden bei dieser Methode mit Hilfe von vierstelligen Zifferncodes klassifiziert (siehe Bild 6).

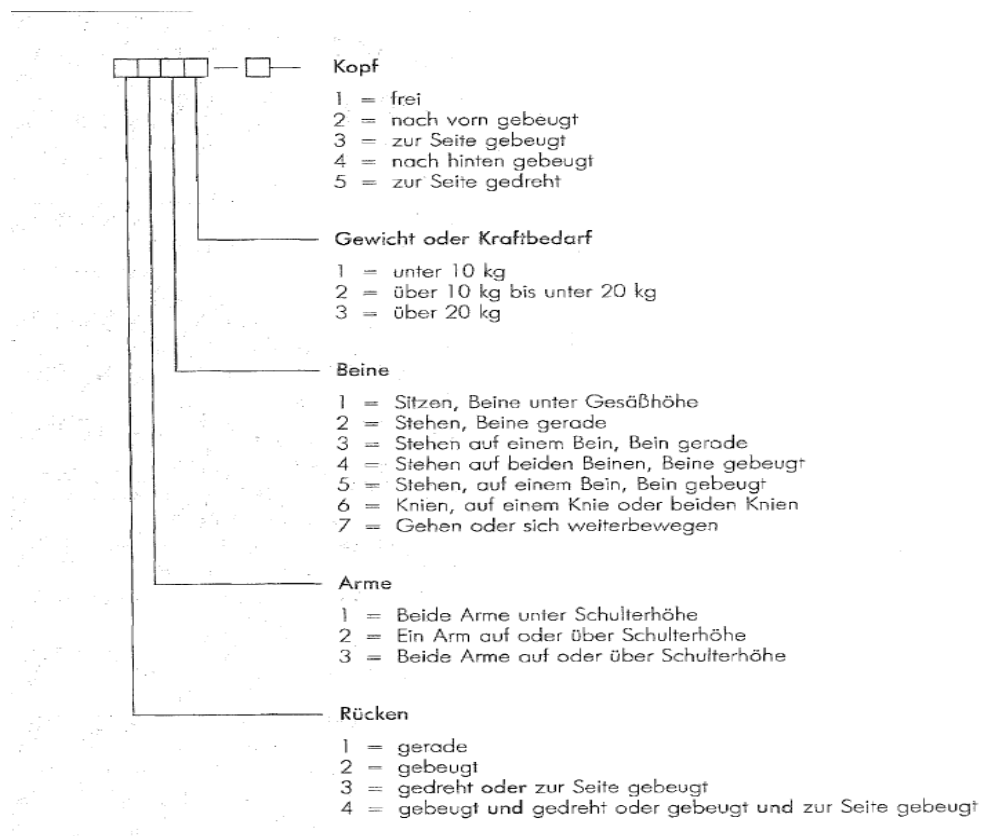


Bild 3: Bedeutung des Zifferncodes OWAS Methode [BONG – 95, S.132]

In Bild 6 sind die möglichen zu vergebenden Zahlen des Zifferncodes zu sehen. Die erste Ziffer kann vier verschiedene Haltungen des Rückens in Zahlen ausdrücken. Mit Hilfe der zweiten Ziffer kann die Haltung der Arme in drei verschiedenen Ziffern ausgedrückt werden. Die Stellung der Beine (Ziffer 3) kann anhand von 7 unterschiedlichen Positionen dargestellt werden. Die letzte Ziffer kann entweder durch eine vorhandene äußere Last in drei verschiedene Bereiche geteilt werden, oder es kann die Stellung des Kopfes ausgedrückt werden. Es wird hier eine Unterscheidung nach Grund- und Zusatzhaltungen vorgenommen. Die 84 Grundhaltungen ergeben sich aus der Haltung des Rückens sowie der oberen und unteren Gliedmaßen ($4 \text{ Positionen} \times 3 \text{ Positionen} \times 7 \text{ Positionen} = 84$). Die einzelnen Haltungen sind in Bild 7 auf Seite 17 zu sehen.

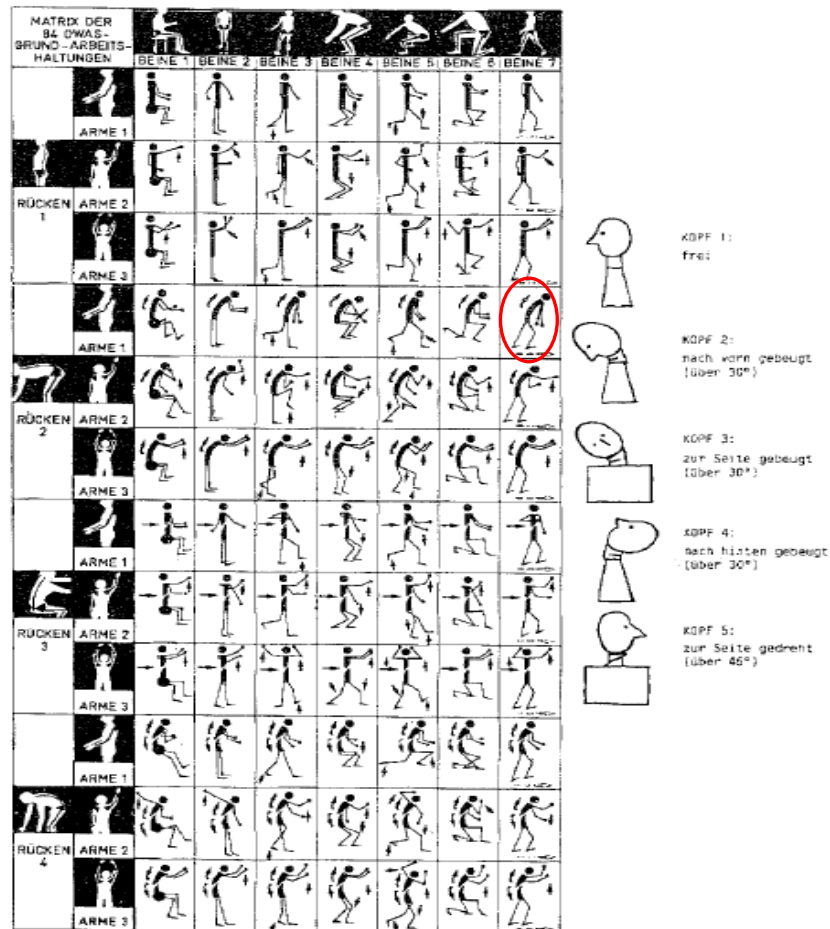


Bild 4: Die 84 OWAS Grundhaltungen [BONG – 95, S.133]

Werden nun zusätzlich die einwirkenden äußeren Lasten in die Grundhaltungen einbezogen, so erhöht sich die Anzahl der möglichen Kombinationen auf 252 (3 Positionen * 84 Positionen). Des Weiteren können bei der OWAS Methode noch drei zusätzliche Beinhaltungen aufgenommen werden. Diese sind für die Belastungsermittlung jedoch nicht relevant und werden daher auch nicht weiter betrachtet. Anhand von Bild 6 Seite 16 und Bild 7 kann nun eine Aussage über die Haltung während der Beförderung der Fahrzeuge durch den Lackierbereich getroffen werden. Für die Haltung des Rückens ergibt sich hier die zwei. Da sich die Arme unterhalb der Schultern befinden, ergibt sich hiermit eine eins. Durch die gehende Bewegung während des Transports ergibt sich für die Beinstellung eine sieben. Für das Gewicht oder die äußere Last resultiert aus der Masse der Fahrzeuge, welche deutlich über 20 kg liegt, die Ziffer drei. Somit ergibt sich die in Bild 7 rot eingekreiste Körperhaltung.

Die Auswertung der OWAS Methode erfolgt in der Regel in zwei Schritten. Für die Auswertung stehen zwei separate Bogentypen zur Verfügung. Der erste wird für die Bestimmung der zu analysierenden Tätigkeit verwendet. In dem hier vorliegenden Fall ist dies die Beförderung von Fahrzeugkarossen durch den Lackierbereich mit Hilfe von Transportwagen. Der zweite zur Verfügung stehende Bogen zeichnet die Häufigkeit bestimmter Haltungen als eine Strichliste auf. Hierbei werden zu definierten Untersuchungszeitpunkten Momentaufnahmen durchgeführt und festgehalten. Im ersten Schritt der Auswertung werden die Häufigkeiten der Haltungen bestimmt. Hier wird die zu untersuchende Haltung zweimal pro Tag durchgeführt, da bei Neoplan eine Taktzeit von 4 Stunden vorliegt. Die vorher ermittelten Haltungen werden im zweiten Schritt in einen anderen Bogen (Bild 8) übertragen.

The image shows the OWAS frequency recording form (BONG – 95, S.135). It includes three illustrations of work postures with their corresponding codes:

- 1231 oder 123:** Standing posture with one arm raised.
- 2152:** Bending posture, reaching down to a box labeled '11 kg'.
- 3111 oder 311:** Seated posture on an office chair.

The main part of the form is a grid for recording frequency. The grid has columns for 'KOPF' (HEAD) and 'RÜCKEN' (BACK) with sub-columns for 'FREI' (FREE), 'NACH VORN' (FORWARD), 'ZUR SEITE' (TO THE SIDE), 'NACH HINTEN' (BACKWARD), 'GEBÜGT' (BENT), and 'NICHT BEOBSACHTET' (NOT OBSERVED). The rows are labeled with 'RÜCKEN' and 'KOPF' and are divided into 'BEINE + GEWICHT ODER KRAFT' (LEGS + WEIGHT OR FORCE) and 'ÜBRIGE STELLUNGEN' (OTHER POSITIONS). A red circle highlights a specific cell in the grid.

At the bottom, there are sections for 'ANDERE BEOBSACHT.' (OTHER OBSERVATIONS) and 'Maschine' (Machine) with checkboxes for 'Arbeiter' (Worker), 'In Gang' (In operation), 'Wartet' (Waiting), 'In Reparatur' (In repair), and 'nicht benutzt' (Not used).

Bild 5: Maßnahmeklassen OWAS Aufnahmebogen [BONG – 95, S.135]

Die in Bild 8 auf Seite 18 zu sehenden Felder des Bogens stellen unterschiedliche Maßnahmeklassen dar, welche im Folgenden kurz erläutert werden:

- Klasse 1 (schwarze Felder)
 - o Körperhaltung ist normal, Arbeitsgestaltungsmaßnahmen sind nicht erforderlich
- Klasse 2 (marmorierte Felder)
 - o Körperhaltung ist belastend
 - o Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitshaltung sind durchzuführen
- Klasse 3 (gepunktete Felder)
 - o Körperhaltung ist deutlich belastend
 - o Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitshaltung sind so schnell wie möglich durchzuführen
- Klasse 4 (weiße Felder)
 - o Körperhaltung ist deutlich schwer belastend
 - o Maßnahmen zur besseren Arbeitshaltung müssen unverzüglich durchgeführt werden [BONG – 95, S.134, S.136]

Anhand des ermittelten Zifferncodes (2173) kann nun die Belastung für die Mitarbeiter während des Transportes der Karossen aufgezeigt werden (roter Kreis Bild 8, Seite 18).

Es handelt sich hierbei um ein marmoriertes Feld. Laut obiger Beschreibung der einzelnen Maßnahmeklassen ist die Körperhaltung somit belastend. Es wird angeraten, Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitshaltung durchzuführen.

3 Ermittlung des Nutzwertes der einzelnen Systeme

3.1 Durchgeführte Analysen

3.1.1 Ermittlung des Nutzwertes nach paarweisem Vergleich

Bei einem paarweisen Kriterienvergleich ist es zunächst notwendig die realistisch in Frage kommenden Alternativen vollständig, welche zur Entscheidungsfindung vorliegen, zu benennen. Im vorliegenden Fall sind dies die Systeme Strothmann, Starachowice, Logaer, Plauen sowie der IST-Stand. Da eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen mit Hilfe des Flurfördersystems erreicht werden soll, wird der IST-Stand zwar mit betrachtet, jedoch bei der Ergebnisinterpretation außer Acht gelassen. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass es sich um echte Alternativen zueinander handelt, da die Mischung von Zielen nicht anhand der Nutzwerte gemessen werden kann.

Im nächsten Schritt werden die Bewertungskriterien festgelegt, welche zur Beurteilung herangezogen werden sollen. Hierbei geht es nur um die wichtigsten Kriterien, die schließlich zur Entscheidung führen sollen. In dem hier betrachteten Fall wurden folgende, in Tafel 14 zu sehende Kriterien, aufgestellt.

Tafel 9: Entscheidungskriterien paarweiser Vergleich

Kriterium	Wichtigkeit
1) Preis	sehr hoch
2) Positioniergenauigkeit	hoch
3) Laufruhe / Rollwiderstand	hoch
4) Wartung / Inspektion	hoch
5) Unfall-, Stolpergefahr	sehr hoch
6) Anforderungen an den Boden	mittel
7) Universalität Skids	hoch

Bei der Auswahl der Kriterien gilt: „Weniger ist mehr“. Es ist sinnvoll, sich auf wenige prägnante Punkte zu konzentrieren, da sich der Vergleich der einzelnen Kriterien so besser gestalten lässt. Die Spalte „Wichtigkeit“ aus Tafel 14 kann als Hilfe zur Kriterienauswahl herangezogen werden. Hier wird eingetragen wie wichtig es für die Fördermittelauswahl ist, dass das Kriterium optimal erfüllt wird.

Somit entfallen Kriterien, welche eine Wichtigkeit von „mittel“ oder „niedrig“ erhalten. Durch diesen Umstand vereinfacht sich auch der Arbeitsaufwand. Demnach entfällt in vorliegender Problemstellung das Kriterium der Bodenanforderungen.

Als nächstes werden die Kriterien in Bezug zueinander gesetzt, um ihre Wichtung in Zahlen ausdrücken zu können. Dies geschieht anhand einer Tabelle, in der die Kriterien senkrecht und waagerecht eingetragen werden. Die Diagonale der Tabelle bleibt leer (siehe Tafel 15).

Tafel 10: Zusammenführung Kriterien

Kriterien	1	2	3	4	5	6	Gewicht	Faktor
1) Preis		2	2	2	1	1		
2) Positioniergenauigkeit			1	1	0	0		
3) Laufruhe/Rollwiderstand				2	0	0		
4) Wartung/Instandhaltung					0	0		
5) Unfall-, Stolpergefahr						2		
6) Universalität Skids								

Beginnend in Zeile eins werden nun die Kriterien miteinander verglichen.

Der erste Vergleich lautet somit:

„Ist der Preis wichtiger als die Positioniergenauigkeit?“

- ein **Nein** erhält den Punktwert **0**
- ein **gleichwichtig** erhält den Punktwert **1**
- ein **Ja** erhält den Punktwert **2**

Anschließend werden die Zahlen rechts der Diagonalen eingetragen (blaue Zahlen Tafel 15). Werden nun alle Kriterien entsprechend oben genanntem Beispiel miteinander verglichen, erhält man Tafel 15.

Nachdem alle Vergleiche durchgeführt worden sind, werden die resultierenden Zahlen spiegelbildlich links der Diagonalen eingetragen (grüne Zahlen Tafel 16 auf Seite 22). Sind nun alle Felder ausgefüllt, werden die einzelnen Punktwerte der Kriterien aufaddiert und deren Summen anschließend in Spalte „Gewicht“ eingetragen (Tafel 16, Seite 22).

Tafel 11: Spiegelung Bewertungspunkte

Kriterien	1	2	3	4	5	6	Gewicht	Faktor
1) Preis		2	2	2	1	1	8	
2) Positioniergenauigkeit	0		1	1	0	0	2	
3) Laufruhe/Rollwiderstand	0	1		2	0	0	3	
4) Wartung/Instandhaltung	0	1	0		0	0	1	
5) Unfall-, Stolpergefahr	1	2	2	2		2	9	
6) Universalität Skids	1	2	2	2	0		7	
Summe							30	

Betrachtet man nun Tafel 16, so ist zu erkennen, dass Kriterium **5** das wichtigste Kriterium zu sein scheint, gefolgt von Kriterium **1** und **6**. Diesen Sachverhalt kann man mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren noch genauer ausdrücken. Hierbei werden die Einzelsummen der Kriterien durch die Gesamtsumme geteilt. Somit ergibt sich für jedes Kriterium ein individueller Gewichtungsfaktor. Letztlich ergibt die Summe der einzelnen Gewichtungsfaktoren wieder **1**. Diese Faktoren werden in Tafel 17 (rote Zahlen) dargestellt.

Tafel 12: Gewichtungsfaktoren

Kriterien	1	2	3	4	5	6	Gewicht	Faktor
1) Preis		2	2	2	1	1	8	0,27
2) Positioniergenauigkeit	0		1	1	0	0	2	0,07
3) Laufruhe/Rollwiderstand	0	1		2	0	0	3	0,1
4) Wartung/Instandhaltung	0	1	0		0	0	1	0,03
5) Unfall-, Stolpergefahr	1	2	2	2		2	9	0,3
6) Universalität Skids	1	2	2	2	0		7	0,23
Summe							30	1

Die in Tafel 17 zu sehenden Gewichtungsfaktoren spiegeln den einzelnen Anteil wieder, welchen das Kriterium an der Gesamtentscheidung haben wird. Die Faktoren werden zur Berechnung der tatsächlichen Nutzwerte verwendet. Entsprechend führt ein niedriger Zahlenfaktor zu einer schlechteren Note in der Gesamtbewertung als ein hoher. Auf diese Weise wird die wahre Bedeutung der Kriterien wesentlich differenzierter dargestellt.

Im nächsten Schritt wird eine Skala erstellt, um die Erfüllung der gestellten Ansprüche für jede Alternative zu bewerten. Diese Skala ergibt die zweite Komponente für die Ermittlung des Nutzwertes. Es ist hier sehr darauf zu achten, dass die Skala die einzelnen Kriterien sehr gut abbildet. Es ist weiterhin wichtig, dass ein feines Zahlensystem gewählt wird, um auch feine Nuancen zwischen den einzelnen Systemen abbilden zu können. In dem hier vorliegenden Fall wurde die Skala, wie in Tafel 18 zu sehen ist, aufgestellt.

Tafel 13: Skala Zielerfüllungsfaktoren

Kriterium \ Skala	0 bis 2	3 bis 5	6 bis 8
	"schlecht"	"mittel"	"gut"
1) Preis	Preis / Leistung schlecht	Preis / Leistung annehmbar	Preis / Leistung sehr gut
2) Positioniergenauigkeit	keine Führung	teilweise geführt	an allen relevanten Punkten geführt
3) Laufruhe / Rollwiderstand	sehr holprig, hoher Kraftaufwand	mittelmäßiger Kraftaufwand	geringster Kraftaufwand, beste Laufruhe
4) Wartung / Instandhaltung	Dreck- und Schmutzfänger	mäßig instandhaltbar	Wartungs- und Instandhaltungsplan
5) Unfall-, Stolpergefahr	nicht flureben	teilweise flureben	flureben
6) Universalität Skids	für jedes Fzg. anderer Skid	Großteil der Fzg. abgedeckt	ein Skid für alle Fzg.

In Tafel 18 ist eine 3-stufige Skala mit je einer Bandbreite von drei Punkten zur Beurteilung der einzelnen Kriterien zu erkennen. Weiterhin sind der Skala Aufschlüsselungen zu den einzelnen Kriterien beigelegt. Dies ist notwendig, um im nachfolgenden Schritt die Vergabe der einzelnen Punkte besser durchführen zu können.

Nun werden die ermittelten Gewichtungsfaktoren (rote Zahlen, Tafel 17 auf Seite 22) mit den aufgestellten Zahlenwerten laut Skala kombiniert. Es wird also für jedes zu Verfügung stehende System beurteilt welchen Wert dieses erreicht, beziehungsweise wie gut die geforderten Kriterien erfüllt werden (siehe Tafel 19)

Tafel 14: Vorbereitung Teilnutzwerte

Kriterien	Faktor	System Strothmann		System Starachowice		System Plauen		System Logaer		IST-Stand Plauen	
		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktoren		Zielerfüllungsfaktor	
1) Preis	0,27	5		4		7		5		5	
2) Positioniergenauigkeit	0,07	8		6		3		5		3	
3) Laufruhe / Rollwiderstand	0,1	8		4		2		5		2	
4) Wartung / Instandhaltung	0,03	4		2		3		4		5	
5) Unfall-, Stolpergefahr	0,3	6		2		3		4		5	
6) Universalität Skids	0,23	4		3		3		3		6	

Wie in Tafel 19 zu sehen ist, sind die Zielerfüllungsfaktoren für jede Alternative ausgefüllt. Als nächstes werden die Zielerfüllungsfaktoren mit den einzelnen Gewichtungsfaktoren multipliziert und in die nebenstehende Spalte eingetragen (orange Zahlen Tafel 20). Abschließend werden die ermittelten Teilnutzwerte aufaddiert. Diese Summen (gelb hinterlegte Zahlen Tafel 20) stellen demnach den Gesamtnutzwert der einzelnen Alternativen für das Unternehmen dar.

Tafel 15: Nutzwerte laut paarweisem Vergleich

Kriterien	Faktor	System Strothmann		System Starachowice		System Plauen		System Logaer		IST-Stand Plauen	
		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktor		Zielerfüllungsfaktoren		Zielerfüllungsfaktoren	
1) Preis	0,27	5	1,35	4	1,08	7	1,89	5	1,35	5	1,35
2) Positioniergenauigkeit	0,07	8	0,56	6	0,42	3	0,21	5	0,35	3	0,21
3) Laufruhe / Rollwiderstand	0,1	8	0,8	4	0,4	2	0,2	5	0,5	2	0,2
4) Wartung / Instandhaltung	0,03	4	0,12	2	0,06	3	0,09	4	0,12	5	0,15
5) Unfall-, Stolpergefahr	0,3	6	1,8	2	0,6	3	0,9	4	1,2	5	1,5
6) Universalität Skids	0,23	4	0,92	3	0,69	3	0,69	3	0,69	6	1,38
Summe			5,55		3,25		3,98		4,21		4,79

Wird nun Tafel 20, Seite 24 betrachtet, so kann festgestellt werden, dass das System Strothmann das für das Unternehmen am besten geeignetste System zu sein scheint. Werden nun die einzelnen Faktoren der Kriterien genauer betrachtet, so stellt sich heraus, dass **Kriterium 5** einen höheren Faktor als **Kriterium 1** besitzt. Somit kann die Aussage getroffen werden, dass der durchgeführte paarweise Kriterienvergleich in Bezug auf Objektivität und Wichtung der Kriterien am Gesamtnutzwert kein zufriedenstellendes Resultat liefern kann.

3.1.2 Ermittlung des Nutzwertes nach 100 Prozent Verteilung

Infolge der Erkenntnis, dass der paarweise Kriterienvergleich kein zufriedenstellendes Ergebnis liefern konnte, wurde ein weiterer Ansatz verfolgt, um den Nutzwert der vorgestellten Alternativen zu bestimmen. Dieser Ansatzweg wird als 100 Prozent Verteilung zur Bestimmung des Nutzwertes benannt. Auch bei dieser Art der Nutzwertanalyse sind im Vorfeld der Betrachtungen die relevanten Alternativen für die Problemstellung auszuwählen. Anhand dieser wurden im weiteren Verlauf die Kriterien aufgestellt, nach welchen die Alternativen bewertet werden sollten. Auch hier wird der IST - Stand bei der Ergebnisinterpretation außer Acht gelassen. Anders als beim paarweisen Vergleich ist es hier nicht notwendig, den Kriterien eine Wichtigkeit zuzuordnen. Um ein aussagefähiges Ergebnis der Analyse zu erhalten, wurden den bereits bekannten Kriterien aus 6.1.1 noch zwei weitere Kriterien zugeordnet. Die verwendeten Kriterien sind nachfolgend dargestellt:

1. Kosten (einmalig, Investition)
2. Kosten (laufend, Wartung / Instandhaltung)
3. Spurtreue
4. Laufruhe / Rollwiderstand (auf Durchschnittsmensch bezogen)
5. Unfall-, Stolpergefahr
6. Intelligente Querverschublösung
7. Universalität Skids
8. System erweiterbar

Nachdem nun die zu betrachtenden Kriterien ausgewählt worden sind, werden diese in Matrixform gebracht und mit einer Skala versehen, um einzelne Abstufungen durchführen zu können. Diese Abstufung ist notwendig, um die einzelnen Anforderungen nach ihrem Grad der Erfüllung besser unterscheiden zu können. Diese Matrix ist in Tafel 21 auf Seite 26 zu sehen.

Tafel 16: Anforderungsmatrix inklusive Bewertungszahlen

Kriterium \ Skala	0	1	2	3	4	5	6
1) Kosten (einmalig, Investition)	Preis / Leistung über 200000 €	Preis / Leistung 200000 €	Preis / Leistung zw. 140000 € - 200000€	Preis / Leistung ca. 100000 €	Preis / Leistung ca. 70000 €	Preis / Leistung ca. 10000 €	Preis / Leistung ca. 1000 €
2) Kosten (laufend, Wartung / Instandhaltung)	Preis / Leistung über dem Budget	Preis / Leistung an Obergrenze des Budgets	Preis / Leistung im oberen Drittel des Budgets	Preis / Leistung in Budgetmitte	Preis / Leistung im unteren Drittel des Budgets	Preis / Leistung an unterer Budgetgrenze	Preis / Leistung unter dem Budget
3) Spurtreue	keine Führung der Fzg.	Fzg. an kritischen Punkten geführt	Fzg. nur im Längsverschub geführt	Fzg. nur im Querverschub geführt	Fzg. im Quer- verschub und in kritischen Ber. geführt	Fzg. im Längs- und Querverschub geführt	in allen Bereichen des Systems geführt
4) Laufruhe/Rollwiderstand (auf Durchschnittsmensch bezogen)	Schieben mit Einsatz von, Schulter, Oberkörper, Beinen	Schieben mit Oberkörper und Beinen (6 MA)	Schieben nur mit Händen und Oberkörper (6 MA)	Schieben nur mit Händen (6 MA)	Schieben nur mit Händen (5 MA)	Schieben nur mit Händen (4 MA)	geringster Kraftaufwand, beste Laufruhe
5) Unfall-, Stolpergefahr	nicht flureben, Quetschgefahr, erhöhte Stolpergefahr	nicht flureben, Quetschgefahr im Längsversch. Stolpergefahr	nicht flureben, Quetschgefahr im Querversch. Stolpergefahr	nicht flureben, keine Quetschgefahr, Stolpergefahr	flureben, Quetschgefahr im Quer/ Längsverschub	flureben, Quetschgefahr im Längsverschub	flureben, keine Quetschgefahr
6) intelligente Querverschublösung	keine Führung der Fzg.	1 Achse bei einem Skid geführt (1Schiene)	1 Skid komplett geführt (2 Schienen)	bei einem Skid manuelle Drehung der Rollen	bei einem Skid autom. Drehung der Rollen	bei beiden Skids manuelle Drehung der Rollen	bei beiden Skids autom. Drehung der Rollen
7) Universalität Skids	für jedes Fzg. anderer Skid	seperater Skid für P05, sonst alle abgedeckt	seperater Skid für A39, sonst alle abgedeckt	seperater Skid für Jetliner, sonst alle abgedeckt	Skid für P12 - P16 abgedeckt	seperater Skid für A20, sonst alle abgedeckt	ein Skid für alle Fzg.
8) System erweiterbar	System nicht erweiterbar	System nur bei Skids erweiterbar	System nur bei Schiene erweiterbar	System bei Schiene und Skid bedingt erweiterbar	System bedingt im Kreuzungsbereich erweiterbar	System bei Schiene/ Kreuzungsber. voll umrüstbar	System überall erweiterbar

Bezogen auf die Informationen in Tafel 21 auf Seite 26 ist im Vergleich zu Tafel 18 auf Seite 23 eine erheblich detailliertere Untergliederung der einzelnen Merkmale zu erkennen. Dies liegt darin begründet, dass mit Hilfe dieser zweiten Variante der Nutzwertanalyse ein aussagekräftigeres Ergebnis erhalten werden soll. Zunächst werden im weiteren Fortgang die Kriterien drei bis acht erläutert, da die Punkte eins und zwei einer näheren Betrachtung unterzogen werden müssen. Demnach ist unter der Spurtreue die gleichmäßige Führung der Transportwagen beim Durchlauf durch den Lackierbereich zu verstehen. Mit Hilfe einer geeigneten Führung der Skids werden so Beschädigungen vermieden. Unter Laufruhe ist die Bewegung der Skids unter geringem Kraftaufwand zu verstehen. Unter Punkt 5 ist die Unfallbeziehungsweise Stolpergefahr genannt. Dieses Kriterium bezieht sich auf die Flurebenheit der Schienen. Diesbezüglich bedeutet eine flureben verbaute Schiene die geringste Unfallgefahr, woraus auch die geringste Stolpergefahr resultiert. Der Punkt der intelligenten Querverschublösung ist von großer Wichtigkeit, da durch ihn die Belastungen / Anstrengungen der Mitarbeiter beim Richtungswechsel vom Längs- zum Querverschub definiert werden. Folglich ist es für die Mitarbeiter einfacher den Richtungswechsel mit einer im Vorder- und Hinterachsbereich vollständig geführten Karosse zu bewältigen als mit einer nur teilweise oder gar nicht geführten Karosse. Die Universalität der Skids (Kriterium 7) stellt eine große Kostenersparnis für das Unternehmen dar, da bei variablen Aufnahmepunkten an den Skids mehrere Fahrzeugtypen mit einem Skid abgedeckt werden können. Logischerweise müssen weniger verschiedene Skids konstruiert und gefertigt werden. Unter Erweiterbarkeit des Systems ist die Ergänzung der Alternative in noch nicht betrachteten oder realisierten Ausbaustufen (Produktionserweiterung o.ä.) zu verstehen. An dieser Stelle wird eine, wie bereits oben angedeutet, genauere Betrachtung der Kriterien eins und zwei vorgenommen. Es ist notwendig, die Anmerkung zu treffen, dass die Zahlenwerte bei den einmaligen Kosten (Anforderung 1) Annahmen sind, welche unter Berücksichtigung des momentanen Wissensstandes zu Tage getreten sind. Diese Zahlenbeispiele beruhen auf Recherchen, welche im Vorfeld getätigt worden sind, um Informationen über die verschiedenen Systeme einzuholen. Des Weiteren sind bei den Instandhaltungskosten (Kriterium 2) keine Zahlenwerte aufgeführt, da diese nicht problemlos dargestellt werden können. Hierfür ist eine separate Betrachtung über die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen notwendig (siehe Tafel 22, Seite 28).

Tafel 17: Instandhaltungsaufwand

System Arbeitsgang	System Strothmann	System Starachowice	System Plauen	System Logaer	IST-Stand Plauen
Sichtkontrolle Schienen	30 min.	30 min.	30 min.	60 min.	5 min.
Reinigung Schienen	240 min.	320 min.	240 min.	600 min.	300 min.
Sichtprüfung Richtungswechsellpunkt	30 min.	/	/	90 min.	/
Sichtprüfung Aufnahmepunkte Skids	30 min.	30 min.	30 min.	30 min.	30 min.
Funktionsprüfung Skids	240 min.	240 min.	240 min.	240 min.	240 min.
Austausch Rollen an Skids	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Reinigung Skids	1000 min.	1000 min.	1000 min.	1000 min.	1000 min.
Summe	<u>1570 min.</u>	<u>1620 min.</u>	<u>1540 min.</u>	<u>2020 min.</u>	<u>1575 min.</u>

Die aufgewendeten Zeiten in Tafel 22 beziehen sich jeweils auf einen Zeitraum von einem Monat. Unabhängig von den aufgeführten Systemen kann der Austausch der Rollen an den Skids nicht betrachtet werden, da diese Maßnahme als variable Größe angesehen werden muss. Der Wechsel ist in erster Linie abhängig vom Verschleiß der Rollen. Zusätzlich ist jedoch für die benötigte Wechselzeit die Art der Befestigung an den Skids wichtig. Je nach Gestaltung kann der Wechsel einfach und schnell in seiner Durchführung geschehen. Ist diese jedoch recht komplex, ist der Wechsel zeitintensiver.

Bei näherer Betrachtung ist ersichtlich, dass das System Logaer die meiste Instandhaltungszeit benötigt. Dies liegt in der Komplexität des Transportsystems begründet, da hier, wie in 4.1.3 beschrieben, die Schienen hydraulisch ein- und ausfahren. Alle anderen Alternativen bewegen sich in einem Bereich von 1500 Minuten – 1650 Minuten. Infolge dieser hohen Zeitaufwände pro Monat ist der Aspekt der laufenden Kosten nicht zu unterschätzen. An dieser Stelle muss erörtert werden, ob die Instandhaltungsmaßnahmen von hauseigenen Mitarbeitern oder von externen Dienstleistern durchgeführt werden sollen. Dies ist jedoch nicht Bestandteil der hier vorliegenden Arbeit. Zum besseren Verständnis der in Tafel 22 aufgeführten Arbeitsgänge, werden diese in Tafel 23 auf Seite 29 kurz erläutert.

Tafel 18: Wartungsbeschreibung

Arbeitsgang	Beschreibung
Sichtkontrolle Schienen	- visuelle Prüfung der Schienen auf Beschädigungen (Ausbrüche, Kerben, Kratzer)
Reinigung Schienen	- entfernen von Verunreinigungen (Dreck, Dichtmittel, Hohlraumkonservierung etc.)
Sichtprüfung Richtungswechsellpunkt	- visuelle Begutachtung auf Beschädigungen
Sichtprüfung Aufnahmepunkte Skids	- visuelle Aufnahme von Verschmutzung, Kratzern, Aufwerfungen, Druckstellen
Funktionsprüfung Skids	- Freigängigkeit der Rollen in Bezug auf Drehbarkeit und Fahrverhalten prüfen
Austausch Rollen an Skids	- Austausch der Rollen bei erhöhtem Verschleiß (variabler Aufwand)
Reinigung Skids	- entfernen und Neuauftrag des Abziehlacks - schmieren der Rollen und Drehgelenke

Nachdem derzeit alle dringenden Erklärungen zu Tafel 21 und Tafel 23 getroffen worden sind, werden die weiteren durchgeführten Schritte des 100 Prozent Vergleiches erläutert. Im Anschluss an die Erstellung der Anforderungsmatrix (Tafel 21, Seite 26) werden den einzelnen Kriterien prozentuale Anteile (Wichtung W_{SF}) an der Gesamtentscheidung nach bestem Wissen und Verständnis zugeordnet. Die Summe dieser Anteile muss letztlich wieder 100 Prozent ergeben. Der hier auftretende Nachteil der Subjektivität wird zu einem späteren Zeitpunkt mittels eines Sensitivitätstests widerlegt. Anschließend werden den einzelnen Alternativen die in Tafel 21 auf Seite 26 aufgeführten Bewertungspunkte (B_{SF}) (orange Zahlen Tafel 24) zugeordnet. Diese neu entstehende Matrix ist in Tafel 24 auf Seite 30 zu sehen

Tafel 19: Anforderungsmatrix inklusive Bewertungszahlen / Wichtungsfaktoren

System Kriterium	Faktor in % (W_{SF})	System Strothmann		System Starachowice		System Plauen		System Logaer		IST-Stand Plauen	
		B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}
1) Kosten (einmalig, Investition)	50	0		4		5		0		5	
2) Kosten (laufend, Wartung / Instandhaltung)	5	4		5		5		5		4	
3) Spurtreue	10	6		2		4		5		0	
4) Laufruhe / Rollwiderstand (auf Durchschnittsmensch bezogen)	5	6		2		1		6		1	
5) Unfall-, Stolpergefahr	5	5		1		3		5		4	
6) intelligente Querverschublösung	10	6		0		4		6		2	
7) Universalität Skids	10	4		4		5		4		5	
8) System erweiterbar	5	6		3		3		3		6	

In Bezug auf die in Tafel 24 (Seite 30) zu sehenden Informationen lässt sich die Aussage treffen, dass der Faktor, der einmaligen Kosten den höchsten Prozentsatz einnimmt. Dies liegt darin begründet, dass diese Investitionskosten sich erst im Laufe der Zeit amortisieren und somit einen sehr hohen Aufwand darstellen. Es ist weiterhin ersichtlich, dass die Punkte der Spurtreue, der intelligenten Querverschublösung und der Universalität der Skids den gleichen Wichtungsbetrag einnehmen. Dies liegt darin begründet, dass diese Anforderungen, nach den Investitionskosten, den höchsten Stellenwert bei der Entscheidungsfindung einnehmen. Die Punkte zwei, vier, fünf und acht besitzen ebenfalls gleich hohe Anteile. Dieser prozentuale Anteil stellt gleichzeitig den niedrigsten Wert dar, da diese Kriterien in gewissen Anteilen durch die Mitarbeiter beeinflusst werden können. Wird der Blick jetzt auf die einzelnen vergebenen Bewertungszahlen gelegt, so lässt sich noch keine eindeutige Aussage treffen, welches System am besten geeignet wäre. Derzeitig kann lediglich die Aussage getroffen werden, dass die Systeme Strothmann und Logaer aus technischer Sicht die Anforderungen am besten erfüllen. Jedoch besitzen sie auch die höchsten Investitionskosten aller hier vorgestellten Alternativen. Somit werden in diesem Bereich bei diesen Anlagen auch null Punkte vergeben. Die Systeme Starachowice, Plauen und der aktuelle IST – Stand in Plauen liegen augenscheinlich recht nah beieinander. Um nun den endgültigen Nutzwert zu bestimmen, werden die einzelnen Bewertungspunkte mit den unterschiedlichen prozentualen Anteilen der Anforderungen multipliziert. Die resultierenden Werte (N_{SF}) (grüne Zahlen, Tafel 25 auf Seite 32) werden addiert und es ergibt sich der Nutzwert der einzelnen Systeme. Anhand dieser entstehenden Zahlen kann eine Aussage über das für das Unternehmen am besten geeignetste System getroffen werden. Diese weiteren Schritte sind in Tafel 25 auf Seite 32 zu sehen.

Tafel 20: Nutzwertermittlung der verschiedenen Systeme

System Kriterium	Faktor in % (W_{SF})	System Strothmann		System Starachowice		System Plauen		System Logaer		IST-Stand Plauen	
		B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}	B_{SF}	N_{SF}
1) Kosten (einmalig, Investition)	50	0	0	4	200	5	250	0	0	5	250
2) Kosten (laufend, Wartung / Instandhaltung)	5	4	20	5	25	5	25	5	25	4	20
3) Spurtreue	10	6	60	2	20	4	10	5	50	0	0
4) Laufruhe / Rollwiderstand (auf Durchschnittsmensch bezogen)	5	6	30	2	10	1	5	6	30	1	5
5) Unfall-, Stolpergefahr	5	5	25	1	5	3	15	5	25	4	20
6) intelligente Querverschub-lösung	10	6	60	0	0	4	40	6	60	2	20
7) Universalität Skids	10	4	40	4	40	5	50	4	40	5	50
8) System erweiterbar	5	6	30	3	15	3	15	3	15	6	30
SUMME	100		265		315		440		245		395

Bezüglich der in Tafel 25 (Seite 32) zu erkennenden Informationen lässt sich nun eine konkrete Aussage über die einzelnen Nutzwerte der Systeme treffen. Anhand dieser Nutzwerte kann letztlich auch ein Entscheidungsvorschlag für das am besten geeignetste System für das Unternehmen getroffen werden. Bei Betrachtung der einzelnen vergebenen Bewertungspunkte schneiden System Strothmann und Logaer, wie bereits erwähnt, in Bezug auf Erfüllung der technischen Merkmale am besten ab. Leider sind deren Investitionskosten, wie in Tafel 21 (Seite 26) ersichtlich, so hoch, dass sie über dem Preis / Leistungsverhältnis liegen. Somit erhalten Sie hier null Punkte und das Merkmal mit dem höchsten prozentualen Anteil fällt hier nicht ins Gewicht. Bei abschließender Betrachtung der Nutzwerte liegen die beiden Alternativen nah beieinander. System Strothmann hat letztlich einen Nutzwert von **265 Punkten** erreicht und System Logaer einen Nutzwert von **245 Punkten**.

Im Mittelfeld der fünf betrachteten Systeme liegt System Starachowice. Diese Alternative kann mit den Investitions- sowie den laufenden Kosten punkten. Dies liegt dahingehend begründet, dass hier die verwendeten Skids eine geringere konstruktionstechnische Komplexität aufweisen. Des Weiteren ist die Montage der Schienen weniger aufwendig als bei den beiden vorher genannten Systemen. Bei weiterer Betrachtung der zu erfüllenden Kriterien befindet sich dieses Modell im unteren Drittel der zu erreichenden Bewertungspunkte. Erklärt wird dies durch die bereits genannte Einfachheit der Konstruktion. In punkto Universalität der Skids liegt System Starachowice jedoch annähernd auf gleicher Höhe wie die anderen Systeme. In Summe erhält dieses Modell somit einen Gesamtnutzwert von **315 Punkten**.

Bei abschließender Untersuchung des Systems Plauen und des IST – Standes in Plauen sind die Investitionskosten am geringsten und es werden somit die höchsten Bewertungspunkte vergeben. Bezugnehmend auf Erfüllung der technischen Merkmale schneiden beide Varianten gut ab und verzeichnen relativ hohe Bewertungspunkte. Demnach erreicht der IST – Stand in Plauen einen Gesamtnutzwert von **395 Punkten**. Dessen ungeachtet soll bei der Werksentwicklung eine Verbesserung der Verhältnisse im Bereich Lackierung durchgeführt werden. Somit kann System Plauen mit einem Gesamtnutzwert von **440 Punkten** als das für das Unternehmen am besten geeignetste System angesehen werden.

3.2 Sensitivitätsanalyse

3.2.1 Allgemeines

Da das Ergebnis einer Nutzwertanalyse durch die Ermittlung der Wichtungsfaktoren und Bewertungszahlen ein sehr subjektives Ergebnis zu Tage fördert, muss die Nutzwertanalyse einem Sensitivitätstest unterzogen werden. Respektive muss geklärt werden, wie sich die Teilnutzwerte der einzelnen Alternativen ändern, wenn der prozentuale Anteil der Kriterien oder die Bewertungszahlen selbst anders vergeben werden. [KOBY – 11, S.20]

Aus dieser Begebenheit heraus wurde im Rahmen der Diplomarbeit ein solcher Sensitivitätstest durchgeführt. Die einzelnen Alternativen, welche für den Bereich Lackierung aufgezeigt worden sind, wurden hierbei durch weitere, im Projekt Werksentwicklung involvierte, Personen bewertet. Diese Personen waren:

- Dr. Florian Aull, Projektleiter im Projekt Werksentwicklung
- Jörg Trinkaus, Teilprojektleiter im Bereich Lackieranlagen
- Dipl.- Ing. (FH) Mike Böttcher, Mitarbeiter Arbeitsvorbereitung

Durch diese drei Personen wurde oben genannter Sensitivitätstest durchgeführt. Die Auswahl der oben genannten Personen wird nachfolgend kurz erläutert.

Dr. Florian Aull wurde einbezogen, da er in alle Bereiche des Projektes Werksentwicklung durch seine Stellung als Projektleiter involviert ist. Dies sind zum einen technische (Schienensystem, Lackieranlagen, zukünftige Montagestruktur etc.) und zum anderen kaufmännische (Kostenverteilung, Budgetverwaltung) Felder. Aufgrund dieser Tatsache konnte er die ausgewählten Kriterien der Nutzwertanalyse nach bestem Kenntnisstand bewerten.

Außerdem führte Jörg Trinkaus, Segmentleiter im Bereich Grundierung und Seitenwandverblechnung im Modul 1 (Bild 3, Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) die Nutzwertanalyse durch. Des Weiteren ist Herr Trinkaus Teilprojektleiter im Bereich Lackieranlagen. Aufgrund seiner Stellung im Projekt Werksentwicklung weiß er, welche wichtigen Kriterien bei der Konzipierung des Schienensystems zu beachten sind und konnte diese aussagekräftig bewerten.

Um die Objektivität der Sensitivitätsanalyse gewährleisten zu können, war es wichtig, die NWA durch eine nicht direkt involvierte Person durchführen zu lassen. Somit wurde diese abschließend durch Dipl.- Ing. (FH) Mike Böttcher durchgeführt. Herr Böttcher ist Mitarbeiter in der Arbeitsvorbereitung sowie Projektleiter in einem gesonderten Projekt. Außer einer kurzen Erläuterung um welches Vorhaben es sich handelt, hat Herr Böttcher keine tiefgreifenden Einblicke in die Problematik des zu konzipierenden Systems. Somit ist sein Ergebnis bei der NWA, allein aus seinem technischen Verständnis für Anlagen beziehungsweise Transportabläufe zurückzuführen.

3.2.2 Ergebnisse Sensitivitätsanalyse

Tafel 21: Aufstellung Nutzwerte durch Sensitivitätsanalyse

System Person	System Strothmann	System Starachowice	System Plauen	System Logaer	IST-Stand Plauen
Dr. F. Aull	295	215	165	235	550
J. Trinkaus	265	120	180	225	355
M. Böttcher	350	310	360	295	355

Aus Tafel 25 auf Seite 32 und Tafel 26 wurde zur besseren Veranschaulichung nachfolgendes Diagramm erstellt.

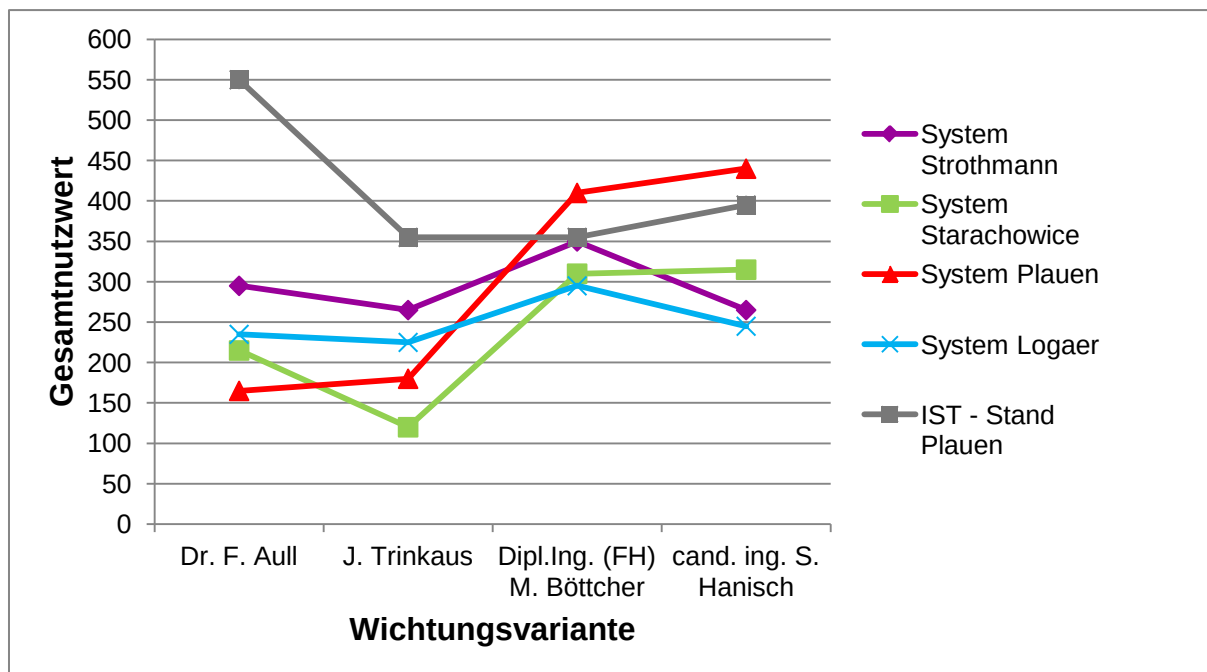


Bild 6: Visualisierung Sensitivitätstest

Die in Tafel 26 auf Seite 35 zu sehenden Werte sind die, durch die ausgewählten Personen ermittelten Nutzwerte der verschiedenen Alternativen (siehe Anlage 5). Es ist zu erkennen, dass der IST-Stand am Standort Plauen sehr hohe Werte bei allen NWA erreicht. Dies liegt darin begründet, dass mit dieser Variante die geringsten Kosten verursacht werden würden. Da beim Projekt Werksentwicklung jedoch eine Verbesserung der Rahmenbedingungen erreicht werden soll, kann diese Variante an sich außer Acht gelassen werden. In Folge dieser Annahme erreicht System Strothmann bei Dr. Florian Aull den höchsten Punktwert mit **295 Punkten**.

Bei Herrn Jörg Trinkaus erreicht ebenfalls System Strothmann mit einem Wert von **265** die höchste Punktzahl.

Abschließend führte Herr Mike Böttcher die NWA durch. Als Ergebnis seiner Analyse tritt System Plauen mit einem Wert von **360 Punkten** an oberste Stelle.

Infolge der durchgeführten NWA ist eine klare Aussage, welches System für das Unternehmen am besten geeignet ist nicht ohne weiteres möglich. Unter oben getroffener Annahme, dass der IST-Stand in Plauen vernachlässigt wird, ist bei zwei der realisierten NWA das System Strothmann mit den höchsten Punkten als favorisierte Alternative zu Tage getreten. Bei den anderen beiden NWA hat das System Plauen die höchsten Punktwerte erreicht.

Bei den beiden zuerst genannten Entscheidungen kann anhand von Anlage 5 die Aussage getroffen werden, dass hierbei die Punkteerreicherung einzig durch die Erfüllung der technischen Kriterien zustande kommt. Es muss jedoch weiterhin gesagt werden, dass gerade diese innovative Technik auch ihren Preis hat und somit dieses Kriterium keine Bewertungspunkte erzielen konnte.

Die letzte durchgeführte NWA im Rahmen des Sensitivitätstest ergab, dass System Plauen den besten Nutzwert für das Unternehmen darstellen würde. Dieses Ergebnis lässt sich durch die ausgewogene Verteilung der prozentualen Anteile der einzelnen Kriterien erklären. Somit erreicht eine Vergabe von relativ niedrigen Bewertungspunkten trotzdem einen guten Teilnutzwert.

Abschließend wird aus den abgehandelten Lösungsansätzen und Methoden folgende Handlungsempfehlung ausgesprochen:

Bezugnehmend auf Anlage 5 sowie Bild 37 (Seite 35) ist das System Plauen die für das Unternehmen am besten geeignetste Alternative, da hier sowohl die kaufmännischen als auch die technischen Anforderungen am besten erfüllt werden.